



AGRON FOOD
ACADEMY

VOLUME 4

CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

PESQUISAS E AVANÇOS

ORGANIZADORES

ELLEN GODINHO PINTO

MIRIAN CRISTINA FEITEN

WIASLAN FIGUEIREDO MARTINS

JACKSON ANDSON DE MEDEIROS

KATARYNE ÁRABE RIMÁ DE OLIVEIRA



AGRON FOOD
ACADEMY

VOLUME 4

CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

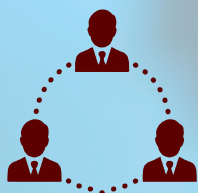
PESQUISAS E AVANÇOS



Venda proibida



Open access



Revisado por pares

EDITORA-CHEFE

Jackson Andson de Medeiros

CORPO EDITORIAL

Ellen Godinho Pinto

Mirian Cristina Feiten

Wiaslan Figueiredo Martins

Jackson Andson de Medeiros

Kataryne Árabe Rimá de Oliveira

REVISÃO FINAL

Jackson Andson de Medeiros

CAPA

Jackson Andson de Medeiros

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Ciência e tecnologia de alimentos [livro eletrônico] : pesquisas e avanços : volume 4 / organização Ellen Godinho Pinto...[et al.]. -- 4. ed. -- Jardim do Seridó, RN : Agron Food Academy, 2023.
PDF

Outros organizadores: Mirian Cristina Feiten, Wiaslan Figueiredo Martins, Jackson Andson de Medeiros, Kataryne Árabe Rimá de Oliveira.
Bibliografia.
ISBN 978-65-85062-06-0

1. Alimentos 2. Alimentos - Produção
3. Tecnologia de alimentos I. Pinto, Ellen Godinho. II. Feiten, Mirian Cristina. III. Martins, Wiaslan Figueiredo. IV. Medeiros, Jackson Andson de. V. Oliveira, Kataryne Árabe Rimá de.

23-153619

CDD-664

Índices para catálogo sistemático:

1. Tecnologia de alimentos 664

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129



doi.org/10.53934/9786585062060

Todas as opiniões e textos presentes neste livro são de inteira responsabilidade de seus autores e coautores.

**Agron Food Academy
agronfoodacademy.com**

Apresentação

Com o projeto do e-book “Ciência e Tecnologia de Alimentos: Pesquisas e Avanços”, volume 4, pretende-se divulgar os mais recentes estudos da área, visando ajudar estudantes, pesquisadores e profissionais a terem novas perspectivas sobre as temáticas trabalhadas.

Nesse contexto, o e-book trabalhou dentro dos eixos temáticos: Análises físico-químicas de alimentos, Biotecnologia de alimentos, Ciência sensorial e estudos de consumo, Pesquisa e desenvolvimento em alimentos, Química e bioquímica de alimentos, Segurança de alimentos e Toxicologia dos alimentos

Comissão avaliadora

**Ma. Ellen Godinho Pinto
Dr^a. Mirian Cristina Feiten
Dr. Wiaslan Figueiredo Martins
Me. Jackson Andson de Medeiros
Dr^a. Kataryne Árabe Rimã de Oliveira**

Sumário

Capítulo 01	
Doi.org/10.53934/9786585062060-01	7
PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE UM SECADOR SOLAR DE ALIMENTOS COM PLACAS FOTOVOLTAICAS	7
Capítulo 02	
Doi.org/10.53934/9786585062060-02	14
ESTABILIDADE DE TOCOFERÓIS E FITOSTERÓIS EM MANTEIGAS DE ORIGEM VEGETAL SOB ESTOCAGEM EM ESTUFA	14
Capítulo 03	
Doi.org/10.53934/9786585062060-03	23
ELABORAÇÃO DE BARRA DE CEREAL A BASE DE OKARA COM EXTRATO DE CHÁ VERDE	23
Capítulo 04	
Doi.org/10.53934/9786585062060-04	31
IMPACTO DE PRÉ-TRATAMENTOS COM ETANOL E CONGELAMENTO NA SECAGEM DE FATIAS DE MAMÃO: DESEMPENHO DE SECAGEM	31
Capítulo 05	
Doi.org/10.53934/9786585062060-05	43
FARINHA DE ARROZ VERMELHO: INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE SECAGEM NO ACOMPANHAMENTO CINÉTICO E NA QUALIDADE BIOATIVA	43
Capítulo 6	
Doi.org/10.53934/9786585062060-06	56
PROPRIEDADES FUNCIONAIS, MORFOLÓGICAS E TÉRMICAS DE AMIDO DE ARROZ JAPONICA MODIFICADO COM ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA	56
Capítulo 7	
Doi.org/10.53934/9786585062060-07	67
INFLUÊNCIA DOS PRÉ-TRATAMENTOS HIDROTÉRMICOS E DA TEMPERATURA DE SECAGEM NO RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO, COR, VISCOSIDADE APARENTE E PROPRIEDADES TÉRMICAS DO AMIDO DE FEIJÃO VERMELHO	67
Capítulo 8	
Doi.org/10.53934/9786585062060-08	80
AMIDO DE ARROZ VERMELHO MODIFICADO POR CAMPO ELÉTRICO PULSADO: DIFRAÇÃO DE RAIOS-X, MORFOLOGIA E PROPRIEDADES DE COLAGEM	80

Capítulo 9	
Doi.org/10.53934/9786585062060-09	91
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS ÓLEOS BRUTO E	
COMERCIAL DE GIRASSOL (<i>Helianthus annuus</i> L.).....	91
Capítulo 10	
Doi.org/10.53934/9786585062060-10.....	103
TÉCNICAS DE SÍNTESE DE LIPOSSOMAS APLICADOS À	
BACTERIOCINAS	103
Capítulo 11	
Doi.org/10.53934/9786585062060-11.....	116
PERCEPÇÕES DOS CONSUMIDORES SOBRE O USO DE SUBPRODUTOS	
DE FRUTAS E HORTALIÇAS NA ELABORAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS	
ALIMENTÍCIOS.....	116
Capítulo 12	
Doi.org/10.53934/9786585062060-12.....	124
INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CULTIVO DE DIFERENTES REGIÕES	
BRASILEIRAS NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE FILÉS DE	
GAROUPA-VERDADEIRA (<i>Epinephelus Marginatus</i>).....	124
Capítulo 13	
Doi.org/10.53934/9786585062060-13.....	135
IDENTIFICAÇÃO DO USO DE CANUDOS PLÁSTICOS E A TENDÊNCIA	
DE UTILIZAÇÃO DE CANUDOS BIODEGRADÁVEIS NO ALTO OESTE	
POTIGUAR.....	135
Capítulo 14	
Doi.org/10.53934/9786585062060-14.....	151
DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE BEBIDA LÁCTEA	
FERMENTADA COM POLPA DE PITAYA VERMELHA (<i>Hylocereus</i>	
<i>costarricensis</i>) E MORANGO (<i>Fragaria X ananassa</i> Duch.)	151
Capítulo 15	
Doi.org/10.53934/9786585062060-15.....	168
PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS: ABORDAGEM.....	168
NOS COMPOSTOS BIOTIVOS E SEGURANÇA ALIMENTAR, UMA	
REVISÃO DE LITERATURA.....	168
Capítulo 16	
Doi.org/10.53934/9786585062060-16.....	180
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE	
GELEIA DE GUAPEVA COMUM E EXTRA	180
Capítulo 17	
Doi.org/10.53934/9786585062060-17.....	185
UTILIZAÇÃO DE CERA DE ABELHA EM REVESTIMENTOS	
COMESTÍVEIS APLICADOS EM FRUTOS.....	185

Capítulo 18	
Doi.org/10.53934/9786585062060-18.....	193
KOMBUCHA: MATÉRIAS-PRIMAS, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADES BIOLÓGICAS	193
Capítulo 19	
Doi.org/10.53934/9786585062060-19.....	203
APLICAÇÃO DE SORO DO LEITE NA PRODUÇÃO DE FILMES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS PARA PROLONGAR A VIDA ÚTIL DOS ALIMENTOS	203
Capítulo 20	
Doi.org/10.53934/9786585062060-20.....	214
HIDROMEL COM FRUTAS E ESPECIARIAS:.....	214
Possibilidades de elaboração e desafios do mercado	214
Capítulo 21	
Doi.org/10.53934/9786585062060-21.....	225
ASTAXANTINA: EXTRAÇÃO, BIODISPONIBILIDADE, POTENCIAL BIOATIVO E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS.....	225
Capítulo 22	
Doi.org/10.53934/9786585062060-22.....	236
COMPOSTOS BIOATIVOS E DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA.....	236
Capítulo 23	
Doi.org/10.53934/9786585062060-23.....	246
AN REVIEW ‘DE RUSSAS’ ORANGE: CHARACTERISTICS, PROPAGATION AND PRODUCTION	246
Capítulo 24	
Doi.org/10.53934/9786585062060-24.....	267
DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO ÓPTICA E FÍSICO-QUÍMICA DE FILME BIODEGRADÁVEL E COMESTÍVEL UTILIZANDO CASCA DE ARROZ (<i>Oriza sativa L.</i>) E FALHA DE PINHÃO (<i>Araucaria angustifolia</i>)	267
Capítulo 25	
Doi.org/10.53934/9786585062060-25.....	276
AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE VIDA ÚTIL, FÍSICA E MICROBIOLÓGICA DE JABUTICABAS (<i>Plinia cauliflora</i>) ATRAVÉS DE COBERTURAS COMESTÍVEIS	276
Capítulo 26	
Doi.org/10.53934/9786585062060-26.....	290
VINAGRE DE FRUTAS: PRODUÇÃO, ATIVIDADES BIOLÓGICAS E DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS.....	290

Capítulo 27	
Doi.org/10.53934/9786585062060-27	301
RESÍDUOS DE MANDIOCA PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA VINHAÇA	301
Capítulo 28	
Doi.org/10.53934/9786585062060-28	310
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E POTENCIAL DE AGROINDUSTRIALIZAÇÃO DO LEITE DE JUMENTA: UMA REVISÃO	310
Capítulo 29	
Doi.org/10.53934/9786585062060-29	326
QUALIDADE E SEGURANÇA DO PESCADO: REVISÃO	326
Capítulo 30	
Doi.org/10.53934/9786585062060-30	339
FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE SALSICHA: Relato de Caso	339
Capítulo 31	
Doi.org/10.53934/9786585062060-31	353
MODELAGEM MATEMÁTICA DO CRESCIMENTO DE <i>PSEUDOMONAS</i> SPP. EM CARNE SUÍNA	353
Capítulo 32	
Doi.org/10.53934/9786585062060-32	360
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE NASCENTES UTILIZADA POR COMUNIDADES RURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO BARTOLOMEU - MG NO PREPARO DE ALIMENTOS. 360	
Capítulo 33	
Doi.org/10.53934/9786585062060-33	369
COMÉRCIO AMBULANTE DE ALIMENTOS: CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS NOS PONTOS DE VENDAS EM INHUMAS-GO	369
Capítulo 34	
Doi.org/10.53934/9786585062060-34	381
AVALIAÇÃO DA ROTULAGEM DE OVOS CONVENCIONAIS, CAIPIRAS E ESPECIAIS NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS – MA	381
Capítulo 35	
Doi.org/10.53934/9786585062060-35	392
RISCO POTENCIAL ASSOCIADO A OCORRÊNCIA DE AFLATOXINA M₁ EM LEITE CRU REFRIGERADO	392

Capítulo 36

Doi.org/10.53934/9786585062060-36..... 404

**AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE COMO INDICADOR DA
QUALIDADE DO ADUBO ORGÂNICO GERADO NO PROCESSO DE
VERMICOMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS. 404**

A female scientist in a laboratory setting, wearing a white lab coat, a blue hairnet, safety glasses, and a white face mask. She is using a pipette in her right hand and holding a flask with orange liquid in her left hand. The background shows laboratory shelves with various equipment.

ANÁLISES FÍSICO- QUÍMICAS DE ALIMENTOS

PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE UM SECADOR SOLAR DE ALIMENTOS COM PLACAS FOTOVOLTAICAS

Jomar Berton Junior*^{ID}; Sharise Beatriz Roberto Berton^{ID}; Danielle Cristina Barreto Honorato^{ID}; Nataly Mayara Ferreira^{ID}; Milena do Prado Ferreira^{ID}

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: jomar.junior@ifpr.edu.br

RESUMO

O desperdício de alimentos é considerado um grave problema enfrentado em todo mundo. Desta forma, a desidratação, isto é, a perda de água, é uma maneira de preservação e redução do desperdício dos alimentos que, além disso, não requerem o uso de conservantes para o seu aumento de tempo de vida útil. Sendo assim, este estudo se refere à descrição do projeto de um secador solar para a desidratação de alimentos, usando para isso o calor fornecido pela radiação solar, pois o Brasil é um dos países mais privilegiados em relação a incidência solar. O equipamento conta com placas fotovoltaicas para a conversão da energia solar em energia elétrica, sendo que esta movimenta ventiladores instalados na lateral do mesmo para melhor circulação do ar dentro do secador. Esta circulação do ar permite a retirada da umidade dentro do equipamento. A energia gerada com a ajuda das placas fotovoltaicas poderá ainda ser armazenada em uma bateria para o uso de acionamento de resistência, que estará instalada dentro do secador, para ser utilizada em dias com pouca incidência solar. Portanto, a sugestão de construção de um secador solar para a desidratação de alimentos é extremamente interessante, pois possibilita o aumento do tempo de vida útil dos alimentos. Este é de fácil montagem, utiliza fonte de energia renovável e devido a proposta de inserção de uma bateria para armazenar a energia extra para usos futuros, minimiza os problemas associados ao clima. Este utensílio pode ser considerado viável para ser utilizado por pequenos e médios agricultores.

Palavras-chaves: desperdício de alimentos; placas fotovoltaicas; radiação solar

INTRODUÇÃO

Pesquisas indicam que no geral, o desperdício doméstico é um dos responsáveis pela perda dos alimentos (1). Porém, sabe-se que a vida útil do alimento in-natura é geralmente muito baixa, sendo um dos motivos de desperdício doméstico. Na maioria dos países em desenvolvimento há falta de instalações para compostagem; sendo, assim cerca de 70% do desperdício de alimentos acaba em aterros sanitários (2). Este é um dado extremamente importante, visto que famílias de baixa renda, não possuem nem ao menos a necessidade básica que é a alimentação.

A desidratação de alimentos é uma das técnicas mais antigas de preservação, podendo ser utilizada para evitar o desperdício dos mesmos. Esta técnica envolve a evaporação de água que está na fase líquida, para a fase gasosa, por meio da aplicação de calor adicional (3). O Brasil é um dos países com maiores incidências de raios solares, por isso, o uso desta fonte renovável como calor adicional para a desidratação de alimentos é uma realidade (4).

Existem outros meios de desidratação de alimentos, como a estufa convencional, liofilização, secadores de bandejas, utilizando assim energia elétrica, ou até mesmo por queima de combustíveis fósseis, entre outros meios de desidratação.

Porém, pensando no pequeno e médio agricultor, estas técnicas citadas anteriormente, possuem alto custo, pois o preço da energia elétrica permanece em ascensão. Outros inconvenientes percebidos nestas técnicas citadas, estão na queima de combustíveis fósseis que colaboram para o efeito estufa devido à emissão de CO₂ (dióxido de carbono). Além disso, estes meios de desidratação como as estufas, dependendo do seu tamanho, são estruturas estáticas, as quais o seu transporte torna-se inviável (5).

Outra maneira de desidratação dos alimentos é a secagem tradicional diretamente ao ar livre, porém, é necessário um longo tempo e dificilmente se atinge índices baixos de umidade. Por este motivo, o uso de secadores solares é viável, pois o alimento não fica exposto diretamente ao sol, devido ao vidro protetor contido no mesmo, e o tempo de secagem torna-se menor.

Neste sentido, o presente estudo relata o projeto de construção de um secador solar para alimentos por meio da investigação científica, utilizando materiais de fácil acesso, destinado a pequenos e médios agricultores.

MATERIAL E MÉTODOS

O método escolhido é o da secagem por exposição direta ao sol, utilizando um secador solar proposto. Esta proposta é uma adaptação do invento sugerido por Ndukwu et al. (2022) (6). O secador solar proposto deve conter placas fotovoltaicas para a captação da energia solar e conversão em energia elétrica. Sugere-se que o equipamento seja fabricado utilizando uma caixa de madeira pintada na cor preta, com paredes revestidas de fibras de cerâmica para isolamento térmico, e revestida por tijolo refratário, onde será possível manter a temperatura interna por determinado período de tempo.

As placas fotovoltaicas devem ser situadas nas laterais externas do secador, conforme a indicação dos itens 1 e 2 na Figura 1, conectadas a uma bateria (item 7, Figura 1).

Os ventiladores posicionados na lateral do secador, devem ser alternados, para entrada de ar na parte inferior e saída na parte superior, itens 4 e 5 respectivamente. Estes deverão estar ligados à uma bateria carregada (item 7, Figura 1) pelas placas fotovoltaicas.

O secador deve conter ainda uma chapa de aço inoxidável (item 3, Figura 1), para a deposição do alimento, e ser coberto com vidro transparente temperado (item 6), facilitando a entrada da radiação solar.

Na Figura 2, se encontra a parte lateral do secador solar, mostrando assim as ventoinhas (ventiladores) e seus respectivos detalhes, estas deverão conter uma tela também de aço inoxidável para evitar a entrada de interferentes que possam contaminar o alimento presente dentro da caixa.

O item 8, Figura 2, está representando a resistência elétrica de um dos ventiladores, esta servirá para aumentar a temperatura interna do secador ajudando assim a desidratação dos alimentos a serem desidratados.

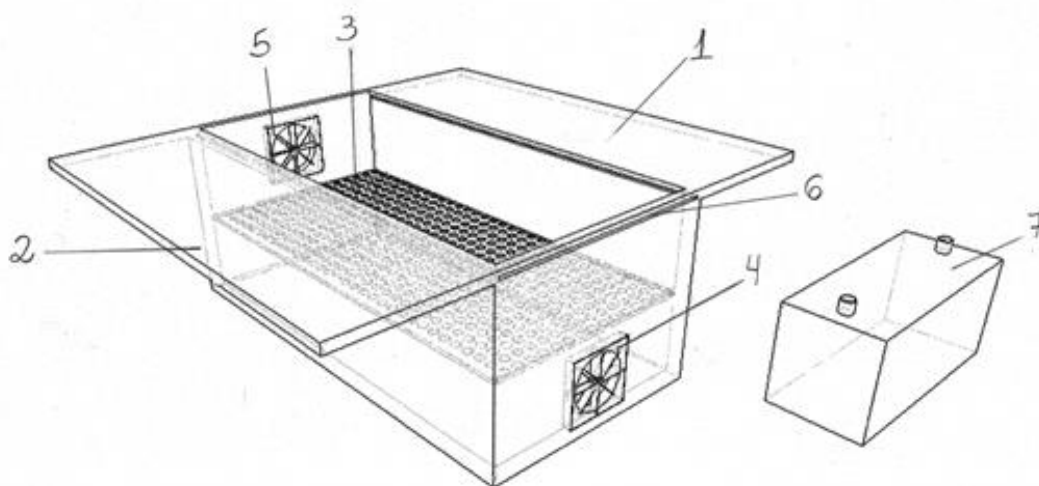


Figura 1 – Secador solar de alimentos
Fonte: Autoria própria

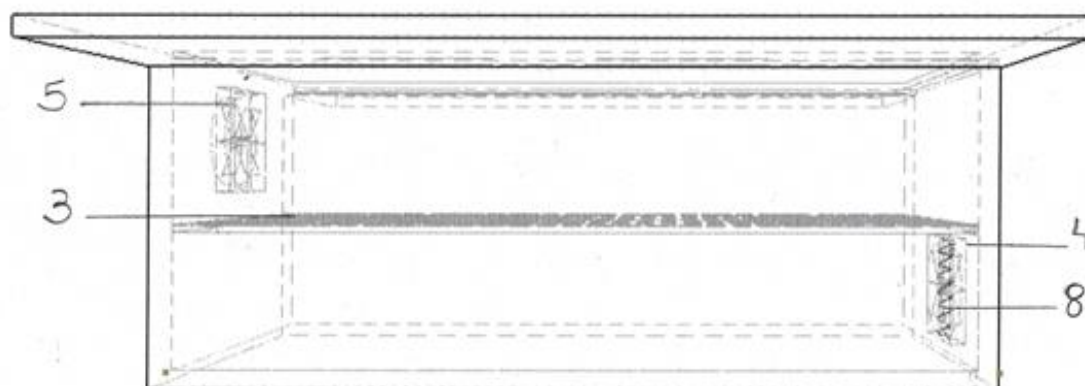


Figura 2 – Lateral do secador solar de alimentos
Fonte: Autoria própria

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Brasil é composto por alta incidência solar e com vasto campo de floresta tropical. Devido a isso, as populações são predominantemente agrárias, e muitas famílias dependem do setor primário, isto é, da agricultura para sobreviver (7).

A agricultura pode ser definida como uma atividade econômica que engloba técnicas para o cultivo de plantas, para a obtenção principalmente de alimentos (6,7).

Sendo assim, pesquisas indicam que o agricultor familiar possui uma relação muito íntima com a terra, pois retiram o alimento de cada dia, e isso faz com que busquem novas formas de produção para alcançarem os seus objetivos (7,8).

No entanto, métodos utilizando a secagem diretamente ao sol aberto, método esse muito utilizado por pequenos agricultores, apresentam desvantagens, pois dificilmente irão perder uma quantidade significativa de umidade, além do alimento permanecer exposto a diversas contaminações externas, o que pode levar à perda de qualidade desse alimento.

Neste sentido, um diferente design de secador solar foi proposto no presente estudo, contendo vidro transparente temperado em sua parte superior, para evitar tais contaminações. Além disso, o uso de energia renovável é preferível ao invés do uso de combustíveis fósseis ou por eletricidade, que possui alto custo (6).

Com o uso de placas fotovoltaicas, também proposto no presente trabalho, a energia extra pode ser armazenada em uma bateria e a mesma utilizada em dias com pouca incidência de radiação solar.

Pesquisas indicam o uso de secadores solares para pequenos e médios agricultores, com o objetivo de reduzir substancialmente a perda e o desperdício de alimentos pelos consumidores, além de aumentar a fonte de renda destes agricultores (8).

Autores relatam, via experimentos realizados utilizando secadores solares, que estes podem atingir temperaturas em torno de 40 °C, sendo este um comportamento muito

importante, pois a temperatura afeta diretamente o processo de secagem. Além disso, puderam observar também, que utilizando secadores solares, a secagem pode preservar a qualidade nutricional do alimento (9).

Outros diferentes testes demonstraram, que os secadores solares são apropriados para a produção de frutas desidratadas e de qualidade. Em todos os casos, o uso de energia solar utilizando secadores levou a uma redução considerável do tempo de secagem e da umidade do alimento, em comparação com a secagem diretamente ao sol (8).

Pesquisas indicam que com o uso de secadores solares, é requerido um envolvimento mínimo durante a secagem, como por exemplo virar o alimento para que o mesmo seja desidratado por igual, sendo que o uso de grades vazadas de aço inoxidável (como sugerido no presente trabalho), evitam este tipo de transtorno, pois garantem uma secagem homogênea (10).

Além disso, utensílios de secagem solar geralmente requerem pouca manutenção, e podem ser utilizados para desidratar diversos tipos de frutas como damascos, cocos, tâmaras, figos, goiabas e ameixas, pois são frutas que secam facilmente, enquanto abacates, bananas e uvas são mais difíceis de desidratar (11,12). As frutas são boas opções para preservação utilizando a secagem, visto que elas são ricas em açúcares que agem preservando as frutas secas, além de realçar o seu sabor (10,13).

CONCLUSÕES

Portanto, o presente estudo relatou o projeto de construção de um secador solar destinado à desidratação de alimentos, com o objetivo de ser utilizado por pequenos e médios agricultores, para reduzir desperdícios e aumentar a sua fonte de renda. Pode-se afirmar que a facilidade de construção e de operacionalização, torna-se o projeto viável para desidratação, principalmente de frutas.

Com o objetivo de aumentar a temperatura interna do secador, e diminuir a umidade do alimento, foi proposta a inserção de ventiladores (exaustores) nas laterais do equipamento, pois estes exaustores removerão com maior facilidade a umidade do alimento a ser desidratado, e como este deverá ser fechado por uma tela, dificultará a entrada de insetos e poeira. Estes ventiladores serão movimentados também pela energia solar que será convertida em térmica, com o uso de placas fotovoltaicas, instaladas nas laterais do secador. A energia extra gerada, será armazenada em uma bateria, e poderá ser utilizada quando a incidência solar não estiver intensa. Com o uso de tijolos refratários, a temperatura interna do secador permanecerá maior e por muito mais tempo.

Portanto, para garantir a sustentabilidade ambiental, evitando o desperdício de alimentos, sugere-se aplicar este projeto e testar a desidratação de frutas, para que sua eficiência seja comprovada experimentalmente. Embora a presente pesquisa tenha sido um propósito, ou seja, um projeto de secador solar, foi possível criar propósito indicativo, criando as melhores condições de operações e avaliando via pesquisa científica, o seu potencial e eficiência.

REFERÊNCIAS

1. Nguyen TT, Malek L, Umberger WJ, Connor PJO. Household food waste disposal behaviour is driven by perceived personal benefits, recycling habits and ability to compost. *J. Clean.* 2022;379:1–10.
2. Pinto RB, Oduro-Kwarteng S, Hamidu JA, Essandoh HMK. Sensitivity of nutritional and microbial content of food waste to drying Technologies. *Sci. African.* 2022;16:1–13.
3. Iranshahi K, Onwude DT, Martynenko A, Defraeye T. Dehydration mechanisms in electrohydrodynamic drying of plant-based foods. *Food Bioprod Process.* 2022;131:202–216.
4. Madhlopa A, Jones AS, Saka JDK. A solar air heater with composite-absorber systems for food dehydration. *Renewable Energy.* 2002;27:27–37.
5. López-Vidaña EC, César-Munguía AL, García-Valladares O, Pilatowsky FI, Brito OR. Thermal performance of a passive, mixed-type solar dryer for tomato slices (*Solanum lycopersicum*). *Ren Energ.* 2020;147:845–855.
6. Ndukwu MC, Ibeh MI, Etim P, Augustine CU, Ekop IE, Leonard A, Oriaku L, Abam F, Lamrani B, Simo-Tagne M, Bennamoun L. Assessment of eco-thermal sustainability potential of a cluster of low-cost solar dryer designs based on exergo-thermo-sustainability indicators and earned carbon credit. *Clea Ener Sys.* 2022;3:1–10
7. Lima AF, Silva EGA, Iwata BF. Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. *Rev Retratar Assent.* 2019;22:50–68.
8. Messina S, González F, Saldaña C, Peña-Sandoval GR, Tadeo H, Juárez-Rosete CR, Nair PK. Solar powered dryers in agricultural produce processing for sustainable rural development worldwide: A case study from Nayarit-Mexico. *Clea Circ Bioec.* 2022;3:1–15.
9. Krabch H, Tadili R, Idrissi A. Design, realization and comparison of three passive solar dryers. Orange drying application for the Rabat site (Morocco). *Res. Eng.* 2022;15:1–11.
10. Green MG, Schwarz D. Solar drying technology for food preservation. *Infogate.* 2001;1–9.
11. Islam M, Islam MI, Tusar M, Limon AH. Effect of cover design on moisture removal rate of a cabinet type solar dryer for food drying application. *Ener Proc.* 2019;160:769–776.
12. Belessiotis V, Delyannis E. Solar dring. *Solar Energy.* 2011;85:1665–1691
13. Psiloglou BE, Kambezidis HD, Kaskaoutis DG, Karagiannis D, Polo JM. Comparison between MRM simulations, CAMS and PVGIS databases with

measured solar radiation components at the Methoni station, Greece. Ren Energ. 2020;146:1372–1391.

Capítulo 02**Doi.org/10.53934/9786585062060-02****ESTABILIDADE DE TOCOFERÓIS E FITOSTERÓIS EM
MANTEIGAS DE ORIGEM VEGETAL SOB ESTOCAGEM EM
ESTUFA****Marcelo Vieira de Oliveira¹ ; Carolina Médici Veronezi^{2*} ; Neuza Jorge³ **

¹Docente/pesquisador do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA; E-mail: marceloliveira@ifma.edu.br

²Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP; E-mail: cveronezi@hotmail.com

³Docente/pesquisadora do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP; E-mail: neuza.jorge@unesp.br

*Autor correspondente (Corresponding author) - Email: cveronezi@hotmail.com

Resumo: Existem diversas espécies frutíferas na região Amazônica consideradas fontes potenciais para produção de óleos e manteigas. Esses frutos têm sido bastante explorados por conterem mais de 60% de micronutrientes bioativos. Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a estabilidade dos tocoferóis e fitosteróis de manteigas comerciais obtidas a partir do bacuri (*Platonia insignis* Mart.), cacau (*Theobroma cacao* L.), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* L.), murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.), tucumã (*Astrocaryum tucumã* Mart.) e ucuuba (*Virola sebifera* Aubl.), sob teste acelerado em estufa (60°C/20 dias). As manteigas foram estocadas a 60°C em estufa com circulação de ar, retiradas após 0, 10 e 20 dias e analisadas quanto aos teores de tocoferóis e fitosteróis por cromatografia líquida e gasosa, respectivamente. Somente as manteigas de bacuri e ucuuba apresentaram tocoferóis totais ao longo da estocagem, com destaque para a manteiga de ucuuba, que mostrou maior quantidade de α -tocoferol (791,4-320,6 mg/kg). Em relação aos fitosteróis totais, a manteiga de cupuaçu se sobressaiu com maiores teores durante o tempo de estocagem (125,4-89,9 mg/kg). Porém, em 20 dias, a retenção foi de apenas 71,7%, enquanto que as manteigas de bacuri, murumuru, tucumã e ucuuba apresentaram retenções de fitosteróis totais acima de 80%. As manteigas podem ser utilizadas como matéria-prima nas indústrias alimentícias, cosmética e farmacêutica, porém, as de bacuri e ucuuba obtiveram maiores quantidades de fitoquímicos bioativos e foram mais estáveis perante a estocagem acelerada em estufa a 60°C.

Palavras-chave: fitoquímicos bioativos; frutos amazônicos; teste acelerado

INTRODUÇÃO

O bioma Amazônia é um dos mais importantes do mundo, graças a sua valiosa biodiversidade e importância ambiental. Essa região possui, em média, 44% das espécies vegetais nativas (1). A maioria dos frutos nativos da região amazônica é utilizada para

consumo nos mercados locais, sendo pouco explorados, embora seja considerada uma fonte potencial de óleos e manteigas vegetais, por apresentarem elevado conteúdo lipídico. Estima-se que 60 a 80% dos componentes presentes nas frações insaponificáveis dos óleos e manteigas de frutos provenientes de palmeiras amazônicas são compostos bioativos como fenólicos, fitosteróis, tocoferóis, dentre outros (2).

Entre as oleaginosas amazônicas, destacam-se bacuri, cacau, cupuaçu, murumuru, tucumã e ucuuba, pois possuem participação ativa e importância no ciclo econômico dos estados da Amazônia Legal, por apresentarem composições lipídicas singulares que remetem às diversas aplicações nas indústrias farmacêutica, cosmética, bioenergética e alimentar (3). Estudos sugerem que, devido ao conteúdo de fitoquímicos bioativos, essas oleaginosas apresentam efeitos antioxidante, antimicrobiano, anticancerígeno, hipocolesterolêmico, anti-inflamatório, cito e neuroprotetor, etc. (4-7).

Entre os produtos originários das oleaginosas amazônicas, destacam-se as manteigas vegetais, que são os principais veículos de vitaminas lipossolúveis (A, D, E, K) e possuem emoliência natural derivada dos ácidos graxos. A manteiga de bacuri é rica em ácidos oleico e palmítico, sendo este na forma de tripalmitina; a de cacau é composta de aproximadamente 36% de ácido palmítico; a de cupuaçu apresenta elevada concentração de ácido oleico; as de murumuru e tucumã são compostas por elevada quantidade de ácido láurico, 62 e 51%, respectivamente; e a de ucuuba tem grande quantidade de ácido mirístico (71%) (8-11).

Além dos ácidos graxos, essas manteigas possuem compostos bioativos, como os tocoferóis e fitosteróis. Os tocoferóis são substâncias que têm poder antioxidante 250 vezes maior que o antioxidante sintético butil hidroxitolueno (BHT), agindo a níveis inferiores a 2.000 mg/kg, porém, em elevadas concentrações e na presença de traços de ferro e de sais de cobre podem agir como pró-oxidantes (12). Além disso, os tocoferóis aumentam a estabilidade oxidativa de óleos vegetais e reduzem a peroxidação de ácidos graxos poli-insaturados (13). Os fitosteróis são os principais constituintes da matéria insaponificável e exercem uma grande influência nutricional embora não contribuam com propriedades químicas ou físicas importantes (14).

Os produtos lipídicos são susceptíveis a processos de degradação e, como consequência, sua aplicação é limitada. A degradação dos óleos pode ser hidrolítica, catalisada por enzimas ou pela presença de umidade, ou oxidativa (15). Além da qualidade sensorial, as qualidades nutricionais e funcionais são afetadas durante a autoxidação, pela formação de substâncias tóxicas e, principalmente, pela perda de ácidos graxos essenciais, carotenoides, tocoferóis e fitosteróis (16). Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar a estabilidade dos tocoferóis e fitosteróis de manteigas comerciais obtidas de bacuri (*Platonia insignis* Mart.), cacau (*Theobroma cacao* L.), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* L.), murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.), tucumã (*Astrocaryum tucumã* Mart.) e ucuuba (*Virola sebifera* Aubl.), sob teste acelerado em estufa (60°C/20 dias).

MATERIAL E MÉTODOS

Manteiga

As manteigas vegetais provenientes do bacuri (*Platonia insignis* Mart.), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* L.) e murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.) foram obtidas de uma empresa situada em Belém-PA (latitude 01°21'56"S e longitude 48°22'20"W). As manteigas de cacau (*Theobroma cacao* L.), tucumã (*Astrocaryum tucumã* Mart.) e ucuuba (*Virola sebifera* Aubl.) foram adquiridas de uma empresa fornecedora localizada em Catanduva-SP. Os lotes de cada manteiga, pesando entre 800-1.000 g, foram homogeneizados em recipiente de plástico, inertizados com nitrogênio gasoso e armazenados a -18°C até o momento das análises.

Estocagem em estufa

O teste acelerado em estufa a 60°C foi realizado empregando 30 mL de cada manteiga em béqueres com superfície/volume de 0,4/cm. As amostras, nos intervalos de tempo 0, 10 e 20 dias, foram recolhidas, inertizadas e armazenadas à temperatura de -18°C até o momento das análises.

Teores de tocoferóis

Os teores de tocoferóis foram determinados utilizando o método da Ce 8-89 da AOCS (2009) (17) em cromatógrafo líquido de alta eficiência (Modelo 210-263 Varian Inc., Walnut Creek, EUA), com detector de fluorescência, coluna de aço inox empacotada com sílica (100 Si, Microsorb, Varian Inc., Walnut Creek, EUA) de 250 x 4,6 mm com poro de 0,5 µm e comprimentos de onda de excitação e emissão de 290 e 330 nm, respectivamente. A quantificação de cada isômero foi realizada por padronização externa com base nas áreas dos picos, utilizando padrões de α -, β -, γ - e δ -tocoferol (marca Supelco) com graus de pureza de 99,9, 98,0, 99,4 e 99,6%, respectivamente. Os teores de tocoferóis foram expressos em mg/kg.

Teores de fitosteróis

A composição de fitosteróis foi conduzida por cromatografia gasosa da matéria insaponificável. A saponificação foi realizada conforme a metodologia de Duchateau et al. (2002) (18). Para a determinação dos teores de fitosteróis foi utilizado um cromatógrafo a gás (Modelo Plus-2010, Shimadzu, Chiyoda-ku, Tóquio, Japão), com detector de ionização de chama, injetor split e coluna capilar de sílica fundida (Restek RTX 5, Shimadzu, Chiyoda-ku, Tóquio, Japão) de 30 m de comprimento, com diâmetro interno de 0,25 mm e espessura do filme de 0,25 µm. A temperatura do forno foi iniciada a 100°C por 2 min, aquecida a 15°C/min até 260°C e mantida isotérmica por 35 min. As temperaturas que foram utilizadas no injetor e no detector foram 280 e 320°C, respectivamente. O hidrogênio foi usado como gás de arraste com velocidade linear de 40 mL/min. Os fitosteróis foram identificados de acordo com seus tempos de retenção, comparando-os com padrões de pureza de 95-98% (Supelco, Bellefonte, EUA) analisados nas mesmas condições que as amostras. A quantificação de cada isômero foi realizada

por padronização interna (5α -cholestan- 3β -ol), com base nas áreas dos picos, e expressa em mg/kg.

Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial. Os resultados obtidos nas determinações analíticas foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias foram testadas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, utilizando o programa ESTAT, versão 2.0 (19).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tocoferóis fazem parte da fração insaponificável de produtos lipídicos. Podem ser potencialmente utilizados para identificar e caracterizar os produtos, visto que são compostos bioativos presentes em diferentes concentrações dependendo da espécie vegetal, das condições climáticas, estágio de maturação do vegetal, presença de ácidos graxos insaturados, etc. (20). Além disso, sua presença é importante por conferir valor nutricional e estabilidade oxidativa, em especial para evitar a oxidação de ácidos graxos insaturados (21-22). Os isômeros α -, γ - e δ -tocoferol foram identificados nas manteigas submetidas às condições de estocagem em estufa (Tabela 1).

Inicialmente, a manteiga de ucuuba apresentou maior quantidade de α -tocoferol (791,4 mg/kg). Por outro lado, na manteiga de cupuaçu não foi detectado esse isômero ao longo do tempo de estocagem. Com 10 e 20 dias de estocagem, somente as manteigas de bacuri e ucuuba apresentaram α -tocoferol, destacando-se a de bacuri com retenção aproximada de 61% de α -tocoferol em 20 dias de estocagem.

No início da estocagem, o γ -tocoferol foi detectado somente nas manteigas de cacau, cupuaçu e murumuru, sendo que a de murumuru mostrou menor quantidade, 6,2 mg/kg. Essa escassa presença de γ -tocoferol pode estar relacionada com a elevada quantidade de ácidos graxos saturados nas manteigas (23). Jorge, Oliveira e Luzia (2021) (8) analisando a manteiga de murumuru encontraram 84,09% de ácidos graxos saturados. Com 10 e 20 dias de estocagem não foi detectado o isômero γ -tocoferol em nenhuma das manteigas estudadas.

Apenas as manteigas de cacau, murumuru e ucuuba apresentaram o isômero δ -tocoferol. Porém, nas manteigas de cacau e murumuru não foi detectado o δ -tocoferol em 10 e 20 dias de estocagem. Dentre as manteigas citadas, a de ucuuba se sobressaiu com maior valor no início da estocagem (206,1 mg/kg). Ao longo da estocagem houve redução da quantidade deste isômero, apresentando significativa retenção de 58% em 20 dias.

Dentre as manteigas estudadas, inicialmente, a de ucuuba se destacou com maior teor de tocoferóis totais, ou seja, 997,5 mg/kg, devido a sua elevada quantidade de α -tocoferol. Contudo, com o decorrer da estocagem, só as manteigas de bacuri e ucuuba mostraram quantidades relevantes de tocoferóis totais, sobressaindo, aos 20 dias, a ucuuba (441,0 mg/kg), com retenção de 44% e de bacuri (204,3 mg/kg), com retenção de 61%.

Tabela 1. Teores de tocoferóis (mg/kg) nas manteigas submetidas à estocagem em estufa.

Tocoferóis/ Manteigas	Tempos (dias)		
	0	10	20
α-tocoferol			
Bacuri	334,2 ± 0,1 ^{aB}	284,4 ± 0,2 ^{bB}	204,3 ± 0,2 ^{cB}
Cacau	5,6 ± 0,6 ^E	nd	nd
Cupuaçu	nd	nd	nd
Murumuru	9,4 ± 0,1 ^D	nd	nd
Tucumã	16,4 ± 0,3 ^C	nd	nd
Ucuuba	791,4 ± 0,4 ^{aA}	530,3 ± 0,2 ^{bA}	320,6 ± 0,1 ^{cA}
γ-tocoferol			
Bacuri	nd	nd	nd
Cacau	56,9 ± 1,1 ^A	nd	nd
Cupuaçu	10,0 ± 0,1 ^B	nd	nd
Murumuru	6,2 ± 0,1 ^C	nd	nd
Tucumã	nd	nd	nd
Ucuuba	nd	nd	nd
δ-tocoferol			
Bacuri	nd	nd	nd
Cacau	8,4 ± 0,4 ^C	nd	nd
Cupuaçu	nd	nd	nd
Murumuru	10,2 ± 0,1 ^B	nd	nd
Tucumã	nd	nd	nd
Ucuuba	206,1 ± 0,3 ^{aA}	170,8 ± 0,8 ^b	120,4 ± 0,3 ^c
Totais			
Bacuri	334,2 ± 0,1 ^{aB}	284,4 ± 0,2 ^{bB}	204,3 ± 0,2 ^{cB}
Cacau	70,8 ± 2,1 ^C	nd	nd
Cupuaçu	10,0 ± 0,1 ^F	nd	nd
Murumuru	25,7 ± 0,28 ^D	nd	nd
Tucumã	16,4 ± 0,3 ^E	nd	nd
Ucuuba	997,5 ± 0,7 ^{aA}	701,0 ± 0,6 ^{bA}	441,0 ± 0,4 ^{cA}

nd: não detectado ($\alpha \leq 3,15$ mg/kg, $\gamma \leq 8,65$ mg/kg e $\delta \leq 2,30$ mg/kg).

Médias ± desvios padrões seguidas de mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os fitosteróis são constituintes que estão presentes em menor quantidade na fração insaponificável da matéria vegetal. No organismo, os fitosteróis, dos quais os mais comuns são campesterol, estigmasterol e β -sitosterol, atuam na diminuição da absorção de colesterol no intestino delgado por um mecanismo de competição. Esta competição ocorre porque a estrutura química dos fitosteróis é semelhante à do colesterol, diferindo no tamanho da cadeia (24). Conforme Tabela 2, foi detectada a presença de quatro fitosteróis, sendo encontrados o estigmasterol e o Δ^7 -avenasterol em todas as manteigas.

Tabela 2. Teores de fitosteróis (mg/kg) nas manteiga submetidas à estocagem em estufa.

Fitosteróis/ Manteigas	Tempos (dias)		
	0	10	20

Campesterol	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	%
Bacuri	26,3 ± 0,1 ^{aA}	100	24,5 ± 0,1 ^{abA}	93,2	22,7 ± 2,6 ^{bA}	86,3
Cacau	26,5 ± 0,6 ^{aA}	100	19,7 ± 0,2 ^{bB}	74,3	17,8 ± 0,2 ^{bB}	67,2
Cupuaçu	nd	-	nd	-	nd	-
Murumuru	nd	-	nd	-	nd	-
Tucumã	nd	-	nd	-	nd	-
Ucuuba	nd	-	nd	-	nd	-
Estigmasterol						
Bacuri	20,5 ± 0,03 ^{aF}	100	16,4 ± 0,2 ^{bF}	80,0	15,9 ± 0,5 ^{bF}	77,6
Cacau	77,0 ± 0,04 ^{aA}	100	57,5 ± 0,2 ^{bB}	74,7	51,4 ± 0,2 ^{cA}	66,8
Cupuaçu	72,1 ± 0,1 ^{aB}	100	67,3 ± 0,2 ^{bA}	93,3	43,4 ± 0,2 ^{cB}	60,2
Murumuru	24,7 ± 0,2 ^{aD}	100	23,5 ± 0,2 ^{bD}	95,1	22,6 ± 0,2 ^{cD}	91,5
Tucumã	27,3 ± 0,04 ^{aC}	100	26,6 ± 0,1 ^{bC}	97,4	24,2 ± 0,2 ^{cC}	88,6
Ucuuba	21,8 ± 0,3 ^{aE}	100	21,1 ± 0,2 ^{bE}	96,8	19,2 ± 0,2 ^{cE}	88,1
β-sitosterol						
Bacuri	nd	-	nd	-	nd	-
Cacau	nd	-	nd	-	nd	-
Cupuaçu	24,7 ± 0,1 ^{aB}	100	23,0 ± 0,1 ^{bB}	93,1	22,2 ± 0,04 ^{cB}	89,9
Murumuru	11,2 ± 0,1 ^{aC}	100	9,8 ± 0,2 ^{bC}	87,5	8,1 ± 0,04 ^{cC}	72,3
Tucumã	36,8 ± 0,2 ^{aA}	100	32,9 ± 0,2 ^{bA}	89,4	31,9 ± 0,2 ^{cA}	86,7
Ucuuba	nd	-	nd	-	nd	-
Δ⁷-avenasterol						
Bacuri	9,4 ± 0,5 ^{aF}	100	8,4 ± 0,04 ^{bE}	89,4	8,4 ± 0,04 ^{bE}	89,4
Cacau	11,2 ± 0,2 ^{aE}	100	10,5 ± 0,2 ^{bD}	93,8	10,5 ± 0,2 ^{bD}	93,8
Cupuaçu	28,6 ± 0,2 ^{aB}	100	24,2 ± 0,2 ^{bA}	84,6	24,2 ± 0,2 ^{bA}	84,6
Murumuru	30,2 ± 0,01 ^{aA}	100	20,2 ± 0,2 ^{bB}	66,9	20,2 ± 0,2 ^{bB}	66,9
Tucumã	23,7 ± 0,03 ^{aC}	100	15,3 ± 0,1 ^{bC}	64,6	15,3 ± 0,1 ^{bC}	64,6
Ucuuba	18,4 ± 0,2 ^{aD}	100	15,6 ± 0,4 ^{bC}	84,8	15,6 ± 0,4 ^{bC}	84,8
Totais						
Bacuri	56,3 ± 0,5 ^{aE}	100	49,3 ± 0,1 ^{bE}	87,6	47,0 ± 3,1 ^{cE}	83,5
Cacau	114,7 ± 0,4 ^{aB}	100	87,6 ± 0,3 ^{bB}	76,4	79,6 ± 0,1 ^{cB}	69,4
Cupuaçu	125,4 ± 0,4 ^{aA}	100	114,5 ± 0,2 ^{bA}	91,3	89,9 ± 0,1 ^{cA}	71,7
Murumuru	63,5 ± 0,1 ^{aD}	100	56,2 ± 0,7 ^{bD}	88,5	50,9 ± 0,01 ^{cD}	80,2
Tucumã	87,8 ± 0,3 ^{aC}	100	74,9 ± 0,04 ^{bC}	85,3	71,4 ± 0,3 ^{cC}	81,3
Ucuuba	40,1 ± 0,4 ^{aF}	100	36,7 ± 0,3 ^{bF}	91,5	34,8 ± 0,2 ^{bF}	86,8

nd: não detectado.

Médias ± desvios padrões seguidas de mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O campesterol foi detectado apenas nas manteigas de bacuri e cacau, sendo que, inicialmente, não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$). Estudos comprovam que os fitosteróis são susceptíveis à autooxidação, que pode ocorrer no organismo humano, e também nos alimentos por meio do processamento e armazenamento. Sabe-se que a tendência de degradação ocorre na sequência campesterol > β-sitosterol > estigmasterol (25-26). Assim, com o tempo de estocagem houve uma redução de campesterol em ambas as amostras, porém em 10 e 20 dias, a manteiga de bacuri se destacou com maiores retenções, 93,2 e 86,3%, respectivamente.

O estigmasterol foi detectado em todas as manteigas estudadas, contudo, inicialmente e com 20 dias de estocagem, a de cacau apresentou maiores quantidades, 77 e 51,4 mg/kg, respectivamente. Em contrapartida, a manteiga de murumuru, com o decorrer da estocagem mostrou ser mais estável, com retenção de 91,5% de estigmasterol, em 20 dias. Embora o β -sitosterol, seja, normalmente, encontrado em elevada quantidade em diversos tipos de óleos vegetais, nas manteigas de bacuri, cacau e ucuuba esse fitosterol não foi detectado. Além disso, inicialmente, foi constatada maior quantidade na manteiga de tucumã (36,8 mg/kg), porém, com o decorrer da estocagem, a manteiga de cupuaçu mostrou ser mais estável, visto que em 20 dias apresentou retenção de 89,9% de β -sitosterol.

Todas as manteigas apresentaram Δ^7 -avenasterol, sobressaindo a de murumuru com 30,2 mg/kg no início da estocagem. Em contrapartida, a manteiga de cacau que, inicialmente, mostrou baixa quantidade de Δ^7 -avenasterol, 11,2 mg/kg, foi a que durante a estocagem se manteve mais estável, com 93,8% de retenção deste fitosterol, em 10 e 20 dias. A manteiga de cupuaçu apresentou maiores quantidades de fitosteróis totais ao longo do tempo de estocagem (125,4-89,9 mg/kg), atribuídas pela presença de estigmasterol, β -sitosterol e Δ^7 -avenasterol. Porém, a perda durante o processo de estocagem foi maior na manteiga de cupuaçu do que nas de bacuri, murumuru, tucumã e ucuuba.

CONCLUSÕES

A utilização das manteigas estudadas são alternativas viáveis para conservação de espécies vegetais nativas da região amazônica, porém, as de bacuri e ucuuba apresentam maiores quantidades de fitoquímicos bioativos, como tocoferóis e fitosteróis, além de serem mais estáveis perante a estocagem acelerada em estufa a 60°C. Ainda é necessário aprofundar mais sobre o conhecimento acerca das atividades biológicas e ensaios de toxicidade dessas manteigas voltadas à aplicação dentro das áreas farmacêutica, cosmética, alimentícia, bioenergética, entre outras,

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro e bolsa de doutorado; à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP); ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Neves LC, Tosin JM, Benedette RM, Cisneros-Zevallos L. Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. *Food Chem.* 2015; 174:188-96.
2. Rufino MDSM, Alves RE, Brito ES, Perez-Jimenez J, Saura-Calixto F, Mancini-Filho, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. *Food Chem.* 2010; 121:996-1002.

3. Ramos YJ, Dourado D, Oliveira-Souza L, Carvalho LS, Oliveira GC, Costa-Oliveira C, et al. Manteigas da Amazônia e os seus frutos: conhecimento popular, composição química, propriedades físico-químicas e aplicação farmacêutica. In: Faria AM. Princípios físico-químicos em farmácia. Ponta Grossa: Atena; 2019. p. 95-110.
4. Araújo NMP, Arruda HS, Marques DRP, Oliveira WQ, Pereira GA, Pastore GA. Functional and nutritional properties of selected Amazon fruits: a review. Food Res Int. 2021; 147:1-19.
5. Tauchen J, Bortl L, Huml L, Miksatkova P, Doskocil I, Marsik P, et al. Phenolic composition, antioxidant and anti-proliferative activities of edible and medicinal plants from the Peruvian Amazon. Rev Bras Farmacogn. 2016; 26:728-37.
6. Nascimento RP, Reguengo LM, Machado APF, Marostica Junior MR. The preventive and therapeutic potential of native Brazilian fruits on colorectal cancer. Food Biosc. 2022; 46:1-18.
7. Avila-Sosa R, Montero-Rodriguez AF, Aguilar-Alonso P, Vera-López O, Lazcano-Hernandez M, Morales-Medina JC, et al. Antioxidant properties of amazonian fruits: a mini review of *in vivo* and *in vitro* studies. Oxid Med Cell Longev. 2019; 1:1-12.
8. Jorge N, Oliveira MV, Luzia DMM. Caracterização físico-química de manteigas de frutos amazônicos. ForScience. 2021; 9:1-15.
9. Silva JPP, Oliveira PD, Rodrigues AMC, Silva LHM. Caracterização física e química de lipídios estruturados obtidos a partir da interesterificação química da mistura de Murumuru e óleo de buriti. In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química [Internet]; 2014. Out 19-22; Florianópolis, SC. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Química; 2014. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east1.amazonaws.com/chemicalengineering/Proceedings/cobeq2014/0318-26027-155237.pdf>
10. Pardaul JJR, Molfetta FA, Braga M, De Souza LKC, Filho GNR, Zamian JR, et al. Characterization, thermal properties and phase transition of amazonian vegetable oils. J Therm Anal Calorim. 2017; 127:1221-29.
11. Machado APF, Nascimento RP, Alves MR, Reguengo LM, Marostica Junior MR. Brazilian tucumã-do-Amazonas (*Astrocaryum aculeatum*) and tucumã-do-Pará (*Astrocaryum vulgare*) fruits: bioactive composition, health benefits, and technological potential. Food Res Int. 2022; 151:1-19.
12. Jung MY, Min DB. Effects of α -, γ - and δ -tocopherols on oxidative stability of soybean oil. J Food Sci. 1990; 55:1464-65.
13. Clarkson PM, Thompson HS. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? Am J Clinical Nut. 2000; 72:637-46.
14. Marangoni F, Poli A. Phytosterols and cardiovascular health. Pharm Res. 2010; 61:193-99.
15. Hernandez EM, Kamal-Eldin A. Processing and nutrition of fats and oils. John Wiley & Sons; 2013.
16. McClements DJ, Decker, EA. Lipídeos. In: Damodaran S, Parkin KL, organizadores. Química de Alimentos. Porto Alegre: Artmed; 2019. p. 175-238.
17. American Oil Chemists' Society. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. AOCS; 2009.
18. Duchateau GSMJE, Bauer-Plank CG, Louter AJH, Van Der Ham M, Boerma JA, Van Rooijen JJM, et al. Fast and accurate method for total 4-desmethyl sterol(s) content in spreads, fat-blends and raw material. J Am Oil Chem Soc. 2002; 79:273-78.

19. Banzatto DA, Kronka SN. Experimentação agrícola. 4. ed. Funep; 2006.
20. Shen MY, Zhao SS, Zhang F, Huang MQ, Xie JH. Characterization and authentication of olive, camellia and other vegetable oils by combination of chromatographic and chemometric techniques: role of fatty acids, tocopherols, sterols and squalene. *Eur Food Res Technol.* 2020; 247:411-26.
21. Faria-Machado AF, Antoniassi R, Guedes AMM, Wihelm AE. Método de análise de tocoferóis em azeite de oliva por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa. Embrapa; 2018.
22. Wu L, Zhao J, Wu L, Zhang Y, Li J. Simultaneous determination of squalene, tocopherols and phytosterols in edible vegetable oil by SPE combined with saponification and GC-MS. *LWT-Food Sci Technol.* 2022; 169:1-10.
23. Masson L, Camilo C, Torija ME. Caracterización del aceite de coquito de palma chilena (*Jubaea chilensis*). *Grasas y Aceites.* 2008; 59:33-8.
24. Rodrigues JN, Mancini Filho J, Torres RP, Gioielli LA. Caracterização físico-química de creme vegetal enriquecido com ésteres de fitoesteróis. *Rev. Bras Cienc Farm.* 2004; 40:505-20.
25. Scholz B, Guth S, Engel KH, Steinberg P. Phytosterol oxidation products in enriched foods: occurrence, exposure, and biological effects. *Mol Nutr Food Res.* 2015; 59, 1339-52.
26. Leal-Castañeda EJ, Inchingolo R, Cardenia V, Hernandez-Becerra JA, Romani S, Rodríguez-Estrada MT, et al. Effect of microwave heating on phytosterol oxidation. *J Agric Food Chem.* 2015; 63:5539-47.

Capítulo 03

Doi.org/10.53934/9786585062060-03

ELABORAÇÃO DE BARRA DE CEREAL A BASE DE OKARA COM EXTRATO DE CHÁ VERDE

Lívia Cirino de Carvalho *; Marsilvio Lima de Moraes Filho ; Denise Silva de Aquino ; Ana Paula Stafussa 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: liviaacirino@gmail.com

Resumo: As barras de cereais são produtos multicomponentes constituído de cereais, frutas secas e xarope ligante ou aglutinantes, podendo-se adicionar subprodutos de vegetais que possuam alto valor nutritivo, diminuindo assim o desperdício de alimentos e agregando valor ao produto. Diante desse contexto esse trabalho teve como objetivo desenvolver uma nova barra de cereal utilizando o resíduo do processamento da soja, okara, como fonte de proteína e o chá verde pela sua ação antioxidante, alto teor de vitaminas, além de ser uma fonte energética, uma vez que possui cafeína na sua composição. Foi realizada uma formulação de barra de cereal pelo método de mistura, deposição e laminação e posteriormente avaliada quanto à composição química, características físicas. As análises físico-químicas realizadas foram sobre a umidade, cinzas, proteína, lipídios, carboidratos, fibras, pH e acidez, sendo que a maioria encontrou-se dentro do encontrado pela literatura, também realizou-se a análise colorimétrica das barras de cereais. Diante dos resultados obtidos podemos concluir que o uso da okara na elaboração da barra de cereal é uma excelente alternativa já que agrega valor ao subproduto obtido do processamento da soja

Palavras-chave: barra de cereal; chá verde; okara

INTRODUÇÃO

As barras de cereais foram introduzidas na alimentação humana em meados da década de 80, e hoje em dia seu consumo vem aumentando cada vez mais, pois se trata de um alimento prático e de boa qualidade (1). Acredita-se que a maior razão para o consumo desse alimento é a alternativa de se ter um produto com foco em conveniência e saúde, pois sabe-se que a cada dia que passa maior é a preocupação das pessoas por uma alimentação saudável, e isso faz com que os consumidores passem a incluir na sua lista de preferências alimentos funcionais que tragam benefícios a saúde além de somente alimentar (2). Esses alimentos funcionais são aqueles que através de seus nutrientes desempenham efeitos fisiológicos ou metabólicos, auxiliam na manutenção da função do organismo humano (3) e podem ser dos mais variados tipos, como enriquecidos, convencionais com componentes bioativos, como antioxidantes, fibras alimentares e vitaminas (4). Vários ingredientes, como murici (5), sementes de melão, abóbora e melancia (6), e resíduos de abacaxi e caju (7), podem ser introduzidos nas barras de cereais para aumentar seu valor nutritivo e funcional.

Existem no mercado barras de cereais de diversos tipos, com diferentes funções e até barras para segmentos específicos como, barras que contém vitaminas e minerais especificamente para mulheres, barras com fórmulas que atuam na saúde da próstata do homem e até barras para diabéticos em que estabilizam o nível de açúcar no sangue (8;9).

Segundo a Anvisa RDC N° 60, de 5 de setembro de 2007. “Cereais Matinais, incluem todos os produtos à base de cereais que sejam extrusados, expandidos, inflados, amassados, laminados, cilindrados ou em filamentos prontos para consumo utilizados normalmente no café da manhã, lanches, ou outras refeições, frios ou quentes. Exemplos destes produtos são cereais como a granola, a farinha de aveia instantânea, flocos de milho, trigo ou arroz inflado, cereais mistos, cereais elaborados com soja ou farelo, produtos de cereais extrudados elaborados com farinha ou grãos de cereais moídos e barras de cereais (10).

Cereais em barras são multicomponentes e muito complexos em sua formulação, por essa razão deve-se ter muito cuidado ao combinar os vários ingredientes, afim de garantir que eles se complementem nas características de textura, sabor e propriedades físicas como no ponto de equilíbrio da umidade relativa (11).

Uma tendência atualmente é o desenvolvimento produtos novos sem a presença do glúten, o que atenderia a população hipersensível ao consumo de glúten, entre os quais os celíacos e até pessoas que evitam consumir alimentos com glúten (9). A indústria tem interesses nas necessidades da população, e os alimentos funcionais se destacam pela saudabilidade. Combinar outras tendências como a conveniência e praticidade, obtendo novos produtos e novos sabores (8).

Segundo a Resolução RDC N° 75 de 2020, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados, ou seja, para uma barra de cereal, ela é considerada “fonte de fibras” se apresentar no mínimo 10% do valor diário recomendado que é, no mínimo, 2,5 gramas de fibras por porção de 100g. No entanto para que uma barra de cereais seja classificada como tendo “alto teor de fibras” deve apresentar 5 gramas de fibras alimentares por porção de 100g (12; 13). Já as barras de cereais proteicas também devem apresentar no mínimo 10% do valor diário recomendado, elas apresentam menor teor de lipídios e maior teor de proteínas e carboidratos, com quantidade mínima de 6 gramas de proteína por porção de 100g. As barras de cereais proteicas geralmente são consumidas por pessoas praticantes de atividade física que tem como objetivo o ganho de massa muscular (12).

A soja é rica em isoflavonas, fibras, saponinas, fitatos, inibidores de protease, fitosteróis, peptídeos com baixo peso molecular, oligossacarídeos e ácidos graxos poliinsaturados, esses compostos em conjunto auxiliam na diminuição do colesterol total, o LDL e os triglicerídeos, prevenindo o surgimento de doenças cardiovasculares, como AVC, aterosclerose e a hipertensão arterial (14). As isoflavonas têm também capacidade de normalizar os níveis de estrógenos circulantes, quer estejam altos ou baixos. Além de constituir uma boa fonte de minerais como ferro, potássio, magnésio, zinco, cobre fósforo, manganês e vitaminas do complexo B (15). As sementes de soja são usadas principalmente para leite de soja e tofu, no entanto, o leite de soja está se tornando cada vez mais popular pelos consumidores, embora seja mais consumido por intolerantes à lactose (16). O leite de soja é um produto obtido a partir da lavagem, maceração e aquecimento de grãos de soja. Os grãos lavados e macerados são moídos e aquecidos para, então, passarem por um processo de filtração que separa o extrato aquoso de seu subproduto, a okara (17). Estima-se que para cada 1000L de leite de soja produzido são gerados de 250 kg a 398 kg de okara (18). Da desidratação de 1 kg deste subproduto, são obtidos aproximadamente 250 g de okara seco, no caso, a farinha (17).

A Okara possui em sua composição um alto teor de fibras e proteínas gerando em torno de 60% em fibras, 29% em proteínas, 11% de lipídeos e sua composição depende do processo de elaboração do leite de soja, principalmente na etapa de moagem, e da qualidade

da matéria prima (19). O conteúdo proteico presente nesse subproduto é de alta qualidade já que há presença de aminoácidos essenciais (20). Portanto, a okara pode ser convertida em um valioso ponto de partida para produção comercial de alimentos para o consumo humano já que normalmente acaba sendo utilizada apenas na fabricação de ração animal (21).

Devido ao seu baixo valor comercial e alta qualidade dos nutrientes a okara se torna uma boa alternativa na aplicação em alimentos visando a melhoria nesses produtos alimentícios além de agregar valor aos produtos à base de soja e minimizar a geração de resíduos industriais (22).

As plantas que dão origem ao chá verde são da espécie *Camellia sinensis* que são utilizadas para produção do chá verde, essas plantas são conhecidas por proporcionar diversos benefícios à saúde, pois são ricas em vitamina K e compostos polifenólicos como as catequinas, epicatequinas, galocatequinas, epigalocatequinas e epicatequinas galato que são flavonóides responsáveis por controlar a pressão arterial, prevenir doenças como diabetes mellitus, cardiopatias, infecções virais, inflamações e até em doenças degenerativas, como o câncer e o envelhecimento além de ajudar na perda de peso (23).

Dessa forma, se torna interessante a elaboração de alimentos utilizando a okara e o extrato de chá verde, com o objetivo de produzir uma nova barra de cereal com alto teor proteico e energético e avaliar as características físico-químicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Formulação da barra de cereal

As proporções dos ingredientes da formulação da barra de cereal apresentadas na Tabela 1, distribuídos em 65% para a fase sólida e 35% para a fase ligante.

Tabela 1: Ingredientes utilizados na formulação da barra de cereal

Ingredientes	Quantidade (%)
Fase sólida	
Farelo de aveia	15
Mix de castanhas	10
Cranberry	4
Chocolate 70%	7
Floco de arroz	16
Uva passa	4
Okara	7,5
Chá verde	1,5
Fase ligante	
Xarope de glicose	25
Pasta de amendoim	10

2.2. Obtenção da okara de soja

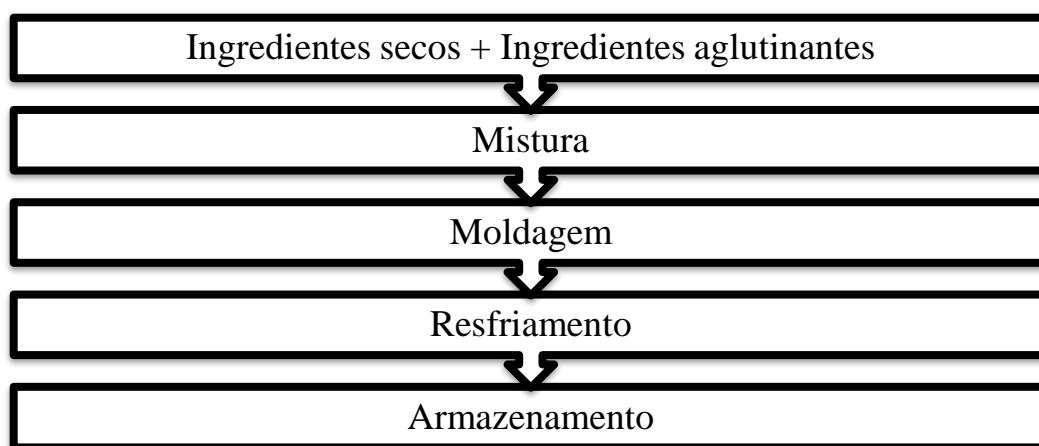
Para o preparo da farinha de okara foram utilizados 350 gramas de grãos de soja e 4,5 litros de água. Os grãos foram fervidos em água (1,5 L) por cinco minutos, escoando-se em seguida a água do pré-cozimento. Posteriormente, os grãos foram lavados cuidadosamente em água corrente e colocados no restante da água em ebulição (3,0 L). Foram, então, submetidos a cozimento por 5 minutos. A mistura, após cozimento, foi deixada em repouso até atingir 45°C e triturada em liquidificador doméstico por 3 minutos. A soja triturada foi cozida, em panela aberta, por 10 minutos sob constante homogeneização. A massa obtida foi recuperada por filtração em pano de algodão, seca em estufa a 180 °C e triturada em liquidificador doméstico na velocidade máxima por 5 minutos e peneirada novamente em granulometria de 850µm, mesh 26 segundo a metodologia de Pereira e Seibel (2020).

2.3. Obtenção da pasta de amendoim

Para obtenção da pasta de amendoim, adicionou-se o amendoim sem casca em um processador e foi triturado por cerca de 30 minutos até obter uma pasta homogênea. A pasta de amendoim foi armazenada sob refrigeração em geladeira doméstica a 5°C.

2.4. Produção da barra de cereal

Para produção da barra de cereal foi realizada a mistura dos ingredientes aglutinantes e dos ingredientes secos sob o fogo a aproximadamente 100°C, após a mistura a massa foi moldada, e por fim foi levada sob refrigeração a 5°C para resfriar, conforme demonstrado na Fluxograma 1.



Fluxograma 1: Etapas do processamento da barra de cereal

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-Químicas da Universidade Estadual de Maringá, Campus Regional de Umuarama-PR. Todas as análises foram feitas em duplicata de acordo com as metodologias recomendadas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.5. Análises físico-químicas

A caracterização físico-química do produto final, realizada em duplicata, consistiu na determinação do teor de umidade, cinzas, lipídios totais, proteínas, acidez, fibras de acordo com os métodos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (24).

O conteúdo de carboidratos, em base úmida, foi estimado por diferença, diminuindo de 100 o somatório dos teores de proteínas, cinzas, lipídios e umidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A barra de cereal exibiu uma boa aparência e odor agradável. A composição físico-química da barra está apresentada na tabela 2:

Tabela 2: Composição centesimal da barra de cereal

Parametros (%)	Média ± desvio padrão
Umidade	12,20 ± 0,38
Cinzas	1,98 ± 0,42
Proteínas	10,81 ± 0,63
Lipídeos	15,91 ± 1,24
Fibras	21,85 ± 9,15
Carboidratos	37,25 ± 0,05
pH	5,73 ± 0,02
Acidez	0,077±0,009

De acordo com os resultados obtidos para umidade é possível afirmar que a barra de cereal produzida apresenta um teor de umidade dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, já que segundo a Resolução N° 263 da ANVISA de 2017, o teor de água das barras de cereais deve ser no máximo 15%. A umidade está diretamente ligada ao tempo de conservação do alimento, pois produtos com menor teor de água são microbiologicamente mais estáveis. Além disso umidades elevadas diminuem a crocância, atributo sensorial muito importante nas barras de cereais, já que a crocância é sinônimo de qualidade do produto e quando há perda desse atributo que é caracterizada pelo amolecimento, pode haver rejeição da parte do consumidor (25).

O teor de cinzas encontrado para barra de cereal foi de 1,98 comparando a estudos realizados por (26) que apresentaram valores de 1,89% para seu estudo de barra de cereal enriquecida com proteína, podemos dizer que os valores estão de acordo.

Para os teores de proteínas e fibras obteve-se valores de 10,81% e 21,85% respectivamente, resultados satisfatórios de acordo com a legislação, pois a Resolução RDC N° 75 da ANVISA de 2020 (12), diz que para que uma barra de cereal seja classificada como tendo “alto teor de fibras” deve apresentar no mínimo 5 gramas de fibras alimentares por porção de 100g, já no caso da proteína para que uma barra seja considerada proteica ela deve apresentar no mínimo 6 gramas de proteína por porção de 100g. Esses valores obtidos mostram que a utilização da okara foi eficiente para elevar os conteúdos de proteínas e fibras na barra de cereal. Comparando com o estudo de (21) em que as barras de cereais contendo 17% de okara apresentaram teor de proteínas igual a 34,59 e as barras contendo 25% de okara apresentaram teor igual a 35,86. Essa diferença pode ser explicada pela menor quantidade de okara utilizada na barra de cereal deste estudo, já que na formulação foram utilizados apenas 7,5% de okara. Em outra pesquisa feita por (20) onde fizeram barras de cereais contendo farinha de okara nas proporções de 10%, 20% e 30%, apresentaram teores de proteínas de 8,92%, 12,16%, 13,41% respectivamente. De acordo com a formulação

utilizando 10% de okara podemos dizer que o teor de proteína está bem próximo ao deste estudo.

Em relação ao teor de lipídeos obteve-se um valor igual a 15,91 %, apresentando resultados similares ao estudo de Vieira et al. (7), em que desenvolveram três formulações de barras de cereais utilizando resíduos secos de abacaxi e caju e obtiveram teores de lipídeos igual a 11,41, 10,15 e 10,04%. O teor de lipídeos é o constituinte que apresenta maior quantidade de calorias (9 kcal/g), o resultado encontrado no presente trabalho se deve a utilização de castanhas, que possuem em sua composição teor lipídeo acima de 60% (27).

Os carboidratos representaram o maior constituinte da barra de cereal, (37,25%), uma vez que os ingredientes em maior proporção na formulação da barra de cereal foram o floco de arroz e farelo de aveia. Na aveia, assim como no floco de arroz, o carboidrato é o componente químico presente em maior quantidade, sendo em torno de 52% e 82%, respectivamente (28; 29).

O pH encontrado para a barra de cereal foi 5,73, Souiy et al. (9) em barras de cereais sem açúcar enriquecida com espirulina e aromatizada com óleo essencial, obtiveram uma variação de pH entre 6,56 e 6,97 para cada formulação. O pH influencia na capacidade de crescimento microbiano, já que alimentos de baixa acidez são os mais propícios à multiplicação microbiana e, portanto, à deterioração (30), a barra de cereal apresentou a acidez igual 0,077, indicando ser um produto de baixa acidez, sendo considerado um produto microbiologicamente estável.

De acordo com os dados encontrados, a umidade, o pH e a acidez asseguram a estabilidade do produto, pois são fatores que controlam a atividade microbológica e enzimática dos alimentos.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos podemos concluir que o uso da okara na elaboração da barra de cereal é uma excelente alternativa já que agrega valor ao subproduto obtido do processamento da soja, minimiza a geração de resíduos agroindustriais além de enriquecer as propriedades nutricionais do alimento.

Em relação as análises físico-químicas as barras de cereal apresentaram resultados satisfatórios, pois condizem com resultados obtidos em outros estudos além de estarem dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.





REFERÊNCIAS

1. Ferreira PM, Roberto BS, Camisa, J. Caracterização e Aceitabilidade de Barras de Cereais Enriquecidas com Colágeno Hidrolisado. Rev. Virtual Quim., 2018, 10 (1), 155-171.
2. Freitas DGC; Moretti RH. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico. Food Science and Technology.2006, 26, (2), 318-324.
3. Vidal AM; Dias DO.; Martins, ESM.; Oliveira, RS.; Nascimento, RMS.; Correia, MGS. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. Ciência Biológicas e da Saúde. 2012, 1 (15), 43-52.

4. Salgado J. Alimentos Funcionais. 1ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 256 p.
5. Guimarães MM.; Silva MS. Qualidade nutricional e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de frutos de murici-passa. Rev Inst Adolfo Lutz. 2009, 68(3), 426-33, 2009.
6. Becker TS, Krüger RL. Elaboração de barras de cereais com ingredientes alternativos e regionais do oeste do Paraná. Arq. Ciênc. Saúde. 2010, 14 (3) 217-214.
7. Vieira, D et al. Elaboração de barra de cereal com resíduos secos de abacaxi e caju. II Congresso paraibano de agroecologia. Lagoa seca, Paraíba. Outubro de 2019.
8. Barbosa E, Coelho NRA. Elaboração e avaliação sensorial de barra de cereais de linhaça. Revista Processos Químicos. 2008, 2(4), 62-67.
9. Souiy, Z. et al. Nutritional, physical, microbial, and sensory characteristics of gluten- and sugar-free cereal bar enriched with spirulina and flavored with neroli essential oil. LWT – Food Science and Technology 2022, 169.
10. Brasil. RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos.
11. Matsuura FCAU. Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barra de cereais. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). 2005.
12. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada nº 75, 9 de outubro de 2020. Regulamento técnico sobre Informação nutricional complementar. Diário oficial da União, 2012.
13. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Portaria nº 29 de 13 e janeiro de 1998 a (Versão Republicada 30/03/1998). Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais. Diário Oficial da União, 1998.
14. Peron AP, Santos JF, Mantovani D, Vicentini VEP. Utilização das isoflavonas presentes na soja (*Glycine max (L) Merrill*) na prevenção e tratamento de doenças crônicas – uma breve revisão. Arq Mudi. 2008; 12(2.3):51-57.
15. Penha LAO et al. A soja como alimento: valor nutricional, benefícios para a saúde e cultivo orgânico. Embrapa Soja-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E), 2014.
16. Eze O, Chatzifragkou A, Charalampopoulos D. Properties of protein isolates extracted by ultrasonication from soybean residue (okara). Food Chemistry. 2002, 368.
17. Bowles S, Demiate IM. Caracterização físico-química de okara e aplicação em pães do tipo francês. Food Science and Technology. 2006, 6, 652-659.
18. Gavin M, Wettstein A. Soymilk and other Soya products from the traditional method of Production to the new manufacturing processes. Buhler Ltd. Uzwil, Switzerland, 1990.
19. Wachiraphansakul S, Devahastin S. Drying kinetics and quality of okara dried in a jet spouted bed of solvent particles. LWT – Food Science and Technology. 2007, 40, 207-219.
20. Cunha M. et al. Barras alimentícias formuladas com resíduo de soja. Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos. 2010, 1(2), p.89-96.
21. Curti J. Barras de cereais contendo Okara nas formulações. Trabalho de conclusão de curso. Londrina, 2015.
22. Madrona GS, Almeida AM. Elaboração de biscoitos tipo cookie à base de okara e aveia. Revista Tecnológica. 2008, 17 (1), 61-72.
23. Manfredini V, Martins VD, Benfato MS. Chá verde: Benefícios para a saúde humana. Infarma-Ciências Farmacêuticas. 2013, 16 (10), 68-70.

24. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008.
25. Oliveira V. et al. Barra de cereais com alto valor energético- caracterização físico-química, microbiológica e sensorial. Livro: Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos - Volume 1. Outubro 2020.
26. Boleira CP, Alves JS, Silva AFC, Rosa CF. Características físico-químicas de barra de cereal enriquecida com proteína. XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos: Alimentação a árvore que sustenta a vida e VI International Technical Symposium Food: the tree that sustains life. 2016.
27. Silva BPPC, Pinheiro VJF, Barbosa ICC, Cardoso DFSR, Santos LP, Rosa RMMS. Avaliação das características físico-químicas da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) e da castanha portuguesa (*Castanea sativa* mill.). R. bras. Technol. Agroindustr. 2021, 15 (2), 3700-3723.
28. Gonçalves MFB, Silva DTS, Sá ASC, Pessoa LAL, Batista AKS, Sousa FRO, Silva DJS, Moreira-Araújo RSR. Comparação entre a composição centesimal dos flocões de milho e arroz e os rótulos contidos nas embalagens. 11º Encontro Nacional de Tecnologia Química. Teresina/PI, 2019.
29. Pedó I, Sgarbieri VC. Caracterização química de cultivares de aveia (*Avena sativa* L). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas. 1997, 17 (2), 78-83.
30. Franco B, Dora GM e Landgraf Mariza. Microbiologia dos alimentos. . São Paulo: Atheneu. Acesso em: 27 fev. 2023, 1996

IMPACTO DE PRÉ-TRATAMENTOS COM ETANOL E CONGELAMENTO NA SECAGEM DE FATIAS DE MAMÃO: DESEMPENHO DE SECAGEM

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva *; **Raphael Lucas Jacinto Almeida **;
Newton Carlos Santos ; **Victor Herbert de Alcântara Ribeiro **;
Raniza de Oliveira Carvalho ; **Soraya Alves de Moraes **

* *Email:virginia.m.alcantara@gmail.com*

Resumo: A secagem é a técnica mais antiga, mais eficaz e mais amplamente utilizada para reduzir o teor de água de materiais biológicos. No entanto, abordagens de secagem inovadoras que possam reduzir o tempo de processo e melhorar a eficiência geral da secagem e a qualidade dos materiais biológicos são necessárias. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi analisar a influência do etanol (ET) e do congelamento (C) como pré-tratamentos de secagem em fatias de mamão. Fatias de mamão (5 mm de espessuras) com e sem pré-tratamento foram submetidas a secagem convectiva a 60 °C e 1.5 m s⁻¹. Com os dados obtidos experimentalmente foi possível calcular a taxa de secagem e ajustar modelos difusivos com duas condições de contorno diferente (tipo 1 e tipo 3). O método combinado ET+C foi mais eficiente na redução do tempo de secagem das fatias de mamão (48%) e o modelo simulando a condição de contorno do terceiro tipo apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais. A difusividade efetiva e coeficiente convectivo foram maiores para ET+C. Portanto, foi confirmado nos resultados apresentados que o pré-tratamento combinado ET+C é o mais viável para secagem de fatias de mamão.

Palavras-chave: condição de contorno; difusão; Page; taxa de secagem; tecnologia verde

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta tropical apreciada mundialmente e uma cultura economicamente importante em muitos países devido à sua quantidade de antioxidantes e nutrientes (1). É um fruto climatérico com processo de maturação após a colheita caracterizado por uma série de processos metabólicos, causando alterações físicas e químicas (2). Como fruto climatérico, o mamão libera altas doses de etileno para estimular o processo de amadurecimento, quando não é armazenado adequadamente devido à sua alta taxa de respiração, sua qualidade é deteriorada significativamente, sendo percebida principalmente pelos consumidores devido ao amolecimento da polpa e alteração da cor da casca (3).

A remoção de água até níveis seguros é um dos métodos de processamento mais eficazes para prolongar a vida útil das frutas e vegetais. Para este fim, a secagem convectiva é o processo mais utilizado (4). Apesar de ser um processo antigo, ainda há muitos aspectos a serem melhorados. Por exemplo, há uma demanda contínua por reduzir

o tempo de processamento, o consumo de energia e os custos, além de aumentar a qualidade do produto. Uma forma de melhorar esse processo é realizar pré-tratamentos que alteram a estrutura ou composição dos alimentos, facilitando o escoamento da água durante a secagem (5).

O etanol é um pré-tratamento simples cujo interesse vem crescendo recentemente (5). Alguns possíveis efeitos e mecanismos de como o etanol melhora a secagem de alimentos são modificações na estrutura (em especial nas paredes celulares), mudanças na pressão de vapor e o efeito Marangoni, que é importante considerando o fluxo de capilaridade (6). No entanto, o efeito do etanol pode ser intensificado usando outras tecnologias em conjunto (7), por exemplo o congelamento.

O congelamento rompe gradualmente a estrutura celular alterando o movimento da água; então as células apresentam forma irregular devido à perda de turgor, permanecendo regiões vazias (poros) no interior do tecido devido à nucleação de gelo e crescimento de cristais. Portanto, a ruptura celular, associada ao congelamento, aumenta a porosidade da amostra, o que facilita a remoção de água durante a secagem (8).

Alguns estudos com aplicação de pré-tratamentos aos processos de secagem convectiva de mamão estão disponíveis na literatura, como: secagem a vácuo a baixa temperatura (9), ultrassom e vácuo combinados (10), desidratação osmótica (11) e revestimento probiótico (12), no entanto, nenhum estudo relatando a secagem convectiva do mamão com aplicação de pré-tratamentos baseados em congelamento e aplicação de etanol é encontrado na literatura. Até o momento, um estudo aplicou os pré-tratamentos de congelamento e imersão em etanol em Cambuci (13). Isso demonstra a necessidade de estudos de secagem com novas matrizes alimentares. Portanto, o presente trabalho analisou a influência do etanol e do congelamento como pré-tratamentos de secagem na cinética de secagem de fatias de mamão.

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima e preparação de amostras

Os frutos maduros de mamão (*Carica papaya* L.) foram fornecidos pela Central de Abastecimento e Serviços Agropecuários (CEASA). Inicialmente, os frutos do mamão foram higienizados com solução de hipoclorito de sódio (200 mg L⁻¹ de cloro livre) por 15 min e enxaguados com água corrente. Elas foram lavadas e cortadas em fatias de 5 mm (casca e sementes foram descartadas).

Em triplicata, as amostras foram submetidas a diferentes pré-tratamentos de secagem, sendo eles: (1) Pré-tratamento com etanol (ET) (~0,1 g de amostra/mL etanol), no qual, as fatias foram imersas em etanol absoluto (99,5%, Dinâmica Química Contemporânea, Indaiatuba, Brasil) a 25°C/5min. (2) Pré-tratamento de congelamento (C), inicialmente mamões frescos foram congelados (-18 °C). Após o congelamento, foram cortados e descongelados sob refrigeração (6 °C/24 horas). Em seguida, as amostras foram colocadas à temperatura ambiente (25 °C/1 hora) antes da secagem; e (3) Pré-tratamento combinado (ET + C), os frutos foram primeiramente submetidos ao procedimento de C (2), e em seguida ao de ET (1). Todos os procedimentos descritos anteriormente, foram realizados conforme protocolo experimental de Rojas et al. (13).

Avaliação do processo de secagem

A secagem das fatias de mamão (espessura de 5 mm) foi realizada sem pré-tratamentos (controle) e para as fatias submetidas aos pré-tratamentos de etanol (ET), congelamento (C) e a combinação de ambos (ET + C). As fatias foram distribuídas uniformemente em bandejas metálicas (dimensões de 15 x 30 cm) e submetidas à secagem na temperatura de 60 °C, em estufa de circulação de ar (Lucadema 82/480, São Paulo) com velocidade fixada em 1,5 m s⁻¹ (condições definidas em experimentos preliminares, dados não apresentados). A razão de umidade do processo de secagem foi calculada pelo Método nº 1934, AOAC, (14). A perda de umidade foi registrada por meio de uma balança digital de precisão de 0,001g (Bel, modelo M214AIH, São Paulo), e o processo de secagem foi continuado até que a leitura constante da massa (equilíbrio) fosse registrada.

Taxa de secagem

Na literatura o modelo de Page (15) tem sido aplicado com sucesso para descrever a cinética de secagem de diferentes produtos alimentícios. Uma grande virtude deste modelo empírico simples (com dois parâmetros) é possibilitar a determinação de uma expressão analítica para a taxa de secagem, que normalmente, é determinada através de modelos mais complexos envolvendo o acoplamento entre massa e energia. Portanto, a Equação 1 representa a derivada do modelo de Page e será utilizada para calcular a taxa de secagem das fatias de mamão (16).

$$\frac{dX^*}{dt} = -ab \exp[b-1] \exp[-at^b] \quad (1)$$

Onde: X^* é a razão de umidade; “a” e “b” são parâmetros do modelo; t é o tempo de secagem.

Modelo de difusão

O processo de secagem das fatias de mamão nas diferentes condições de estudo foi descrito por um modelo de difusão, ajustado aos dados experimentais, considerando as fatias de mamão como tendo a geometria de uma parede infinita. Com base na literatura, a condição de contorno do primeiro tipo é usual para a equação de difusão em processos de secagem. Assim, para resolver a equação de difusão por separação de variáveis, assumiu-se que a condição de contorno poderia ser considerada como de primeiro tipo. Para a condição de contorno de primeiro tipo (modelo 1), a solução da equação de difusão é dada pela Equação 2 (17).

$$X^*(t) = \sum_{n=0}^{200} \frac{8}{(2n+1)^2 \pi^2} \exp\left[-(2n+1)^2 \pi^2 \frac{Def}{L^2} t\right] \quad (2)$$

Onde: L é a espessura da fatia, Def é a difusividade efetiva; t é o tempo de secagem.

Segundo Santos et al. (18) ao considerar que as fatias de mamão são homogêneas e isotrópicas e que o coeficiente de transferência de massa por convecção e a difusão efetiva são constantes durante todo o processo de secagem, a condição de contorno do terceiro tipo pode ser utilizada para resolver a equação de difusão. Dessa forma, para a condição de contorno do terceiro tipo (modelo 2), a solução da equação de difusão é dada pela equação 3 (19).

$$X^*(t) = \sum_{n=1}^{16} B_n \exp(-\mu_n^2 \frac{Def}{(L/2)^2} t) \quad (3)$$

$$B_n = \frac{2Bi^2}{\mu_n^2 (Bi^2 + Bi + \mu_n^2)} \quad (4)$$

$$Bi = \frac{h(L/2)}{Def} \quad (5)$$

$$\cot \mu = \frac{\mu}{Bi} \quad (6)$$

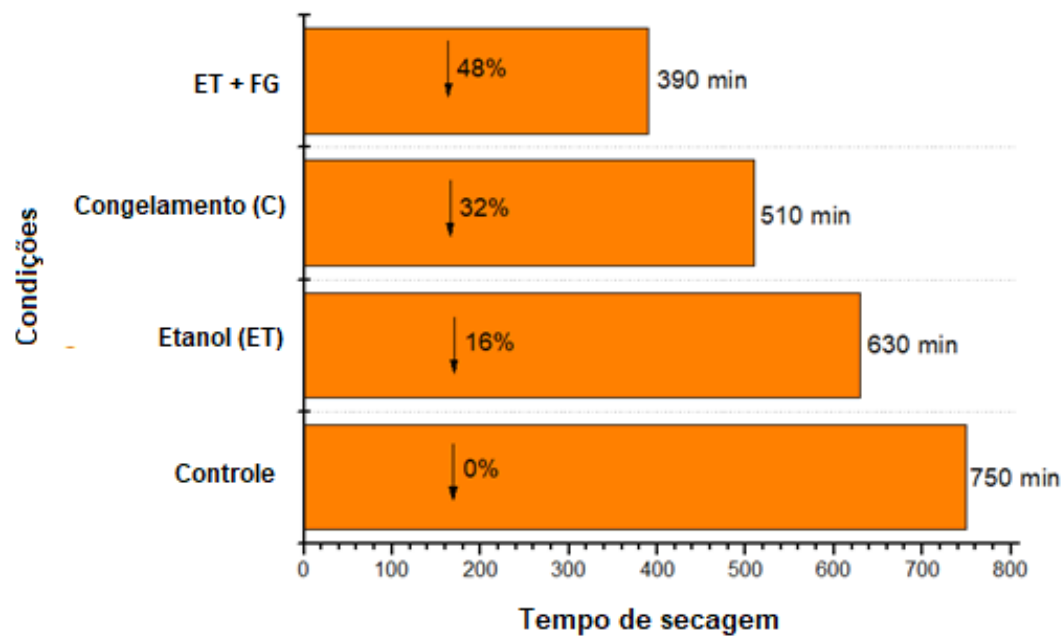
Onde: L é a espessura da fatia, Def é a difusividade efetiva; t é o tempo de secagem; Bi é o número de Biot; h é coeficiente convectivo de transferência de massa.

Para a definição do melhor modelo ajustado aos dados experimentais, os resultados obtidos foram avaliados através dos indicadores estatísticos: coeficiente de determinação (R²) e qui-quadrado (χ^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

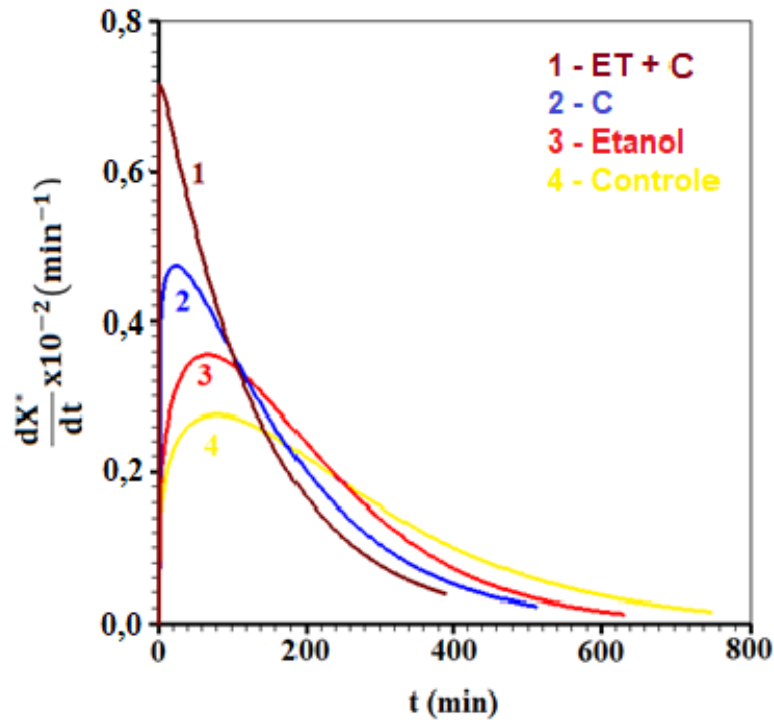
A Figura 1 mostra que o tempo de secagem das fatias de mamão pré-tratadas diminuiu significativamente em comparação com as fatias controle que obtiveram tempo de processo de 750 min. Os percentuais de redução foram de 16% (ET), 32% (C) e 48% (ET+C), evidenciando que essa nova abordagem da combinação dos pré-tratamentos com ET e C para secagem convectiva, foi eficiente na redução do tempo do processo e consequentemente no consumo total de energia. Segundo Tatemoto et al. (20), no pré-tratamento por congelamento, a parede celular do produto é rompida e a água líquida e o vapor, vaporizados na parte interna da fruta, são facilmente liberados. Segundo Rojas et al. (13), os efeitos do etanol na redução do tempo de secagem são dependentes do tempo de pré-tratamento e da estrutura característica da matriz alimentícia, e da concentração de etanol utilizado, razão amostra/etanol e temperatura.

Figura 1 – Tempo de secagem e redução do tempo de secagem (%) das fatias pré-tratadas em comparação às fatias controle (sem pré-tratamento).



Na Figura 2, estão apresentadas as taxas de secagem das fatias de mamão nas diferentes condições (controle e pré-tratadas), calculadas a partir da derivada do modelo de Page (Equação 1). A taxa de secagem foi maior para as fatias de mamão pré-tratadas do que para as não tratadas, seguindo a ordem decrescente: ($\sim 0,72 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$) ET+C>C>ET>Controle. Segundo Granella et al. (7), além do ET acelerar a taxa de secagem, a formação dos microporos causados pelo C também podem ocasionar maiores taxas de secagem (21).

Figura 2 – Taxa de secagem das fatias de mamão controle e pré-tratadas obtidas pelo modelo empírico de Page



Observou-se que no início do processo, a taxa de secagem aumentou rapidamente e, após atingir o pico máximo, apresentou um declínio gradual no decorrer do tempo. Segundo Wang et al. (22) a razão pela qual a taxa de secagem cai rapidamente após atingir o valor máximo é que depois que o material perde muita água livre, é preciso mais energia para remover a água ligada, então a taxa se torna mais lenta. Esse mesmo comportamento também foi observado na secagem de fatias de goiabas (18), bananas (7) e maçãs (23).

Com a finalidade de analisar qual condição de contorno apresenta uma solução mais real para descrição da cinética de secagem das fatias de mamão nas diferentes condições, neste trabalho, duas soluções analíticas foram utilizadas para equação de difusão: modelo 1 (com condição de contorno do primeiro tipo) e modelo 2 (com condição de contorno do terceiro tipo). Os resultados obtidos para o modelo 1, estão mostradas na Tabela 1.

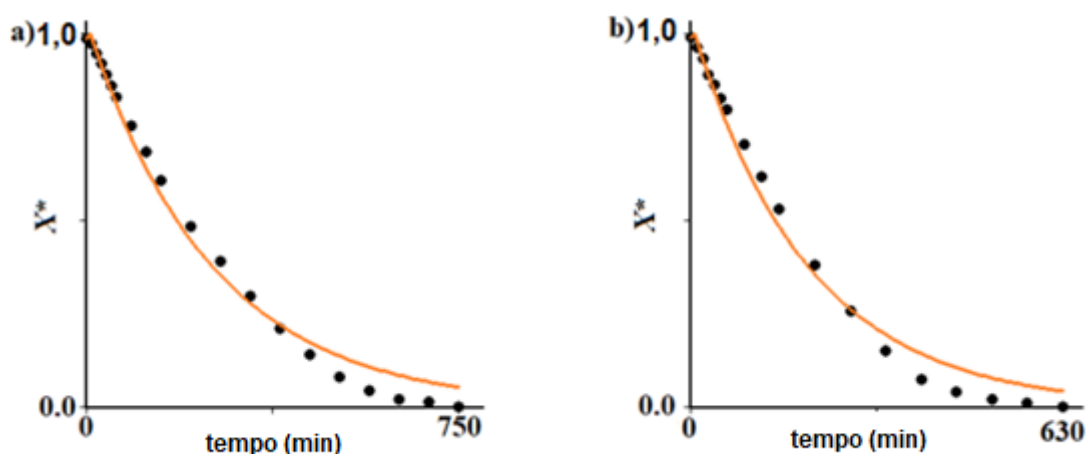
Tabela 1 – Parâmetros do modelo e indicadores estatísticos para as duas condições de contorno (modelo 1 – primeiro tipo e modelo 2 – terceiro tipo) para a descrição da secagem de fatias de mamão.

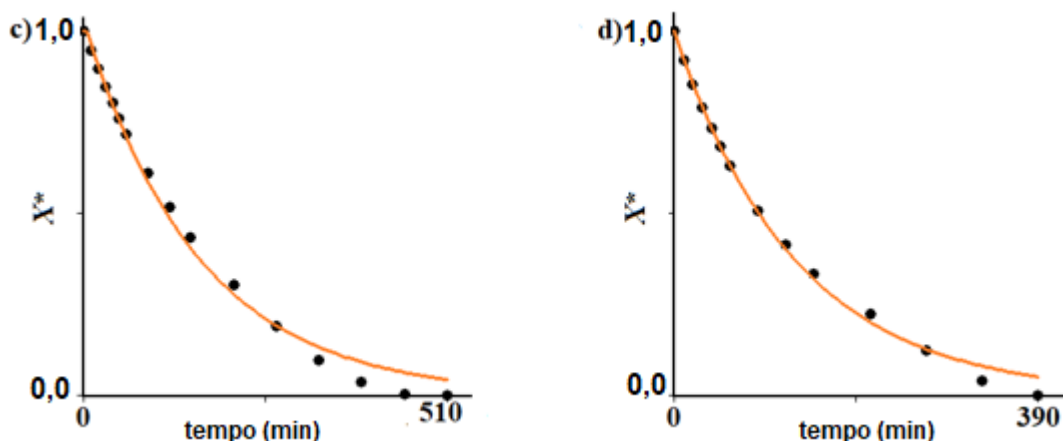
Condições	Modelo 1			Modelo 2			
	Def x 10 ⁻⁹ (m ² min ⁻¹)	R ²	χ^2	Def x 10 ⁻⁵ (m ² min ⁻¹)	h x 10 ⁻⁵ (m min ⁻¹)	R ²	χ^2
Controle	7,2223	0,9794	0,2167	1,7039	1,0224	0,9934	0,0280
Etanol (ET)	9,1726	0,9757	0,2050	2,1812	1,3087	0,9928	0,0294
Congelamento (C)	11,2333	0,9838	0,1090	2,2626	1,5837	0,9949	0,0129
ET + C	14,1330	0,9879	0,0557	3,4855	2,1319	0,9969	0,0051

Note: Def: difusividade efetiva; R²: Coeficiente de determinação; χ^2 : função qui-quadrado.

O ajuste deste modelo apresentou coeficiente de determinação (R²) superior a 0,97 e inferior a 0,99 (0,97 < R² < 0,99) e valores de qui-quadrado (χ^2) variando entre 0,0557 a 0,2167, não representando um bom ajuste aos dados experimentais. No qual, pode ser visualizado através da Figura 3, em que a curva simulada não sobrepõe satisfatoriamente os pontos experimentais.

Figura 3 – Ajuste do modelo de difusão com condição de contorno do primeiro tipo (modelo 1) aos dados experimentais da cinética de secagem de fatias de mamão nas condições de: a) controle, b) imersão em etanol (ET), c) congelamento (C) e d) processos combinados (ET+C).





Os valores da difusividade efetiva (modelo 1) obtiveram variação máxima de $7,2223 \times 10^{-9}$ a $14,1330 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ min}^{-1}$ entre as fatias controle e as submetidas ao ET+C. Santos et al. (24) ao utilizarem o mesmo modelo, obtiveram difusividade de $3,28 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para secagem de fatias de acuri sem pré-tratamento na temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Segundo Almeida et al. (25) a utilização deste modelo, pode levar a erros significativos, principalmente na descrição dos momentos iniciais do processo, pois o mesmo utiliza apenas o primeiro termo da equação que representa a solução analítica. Por esse motivo, também utilizamos o modelo 2.

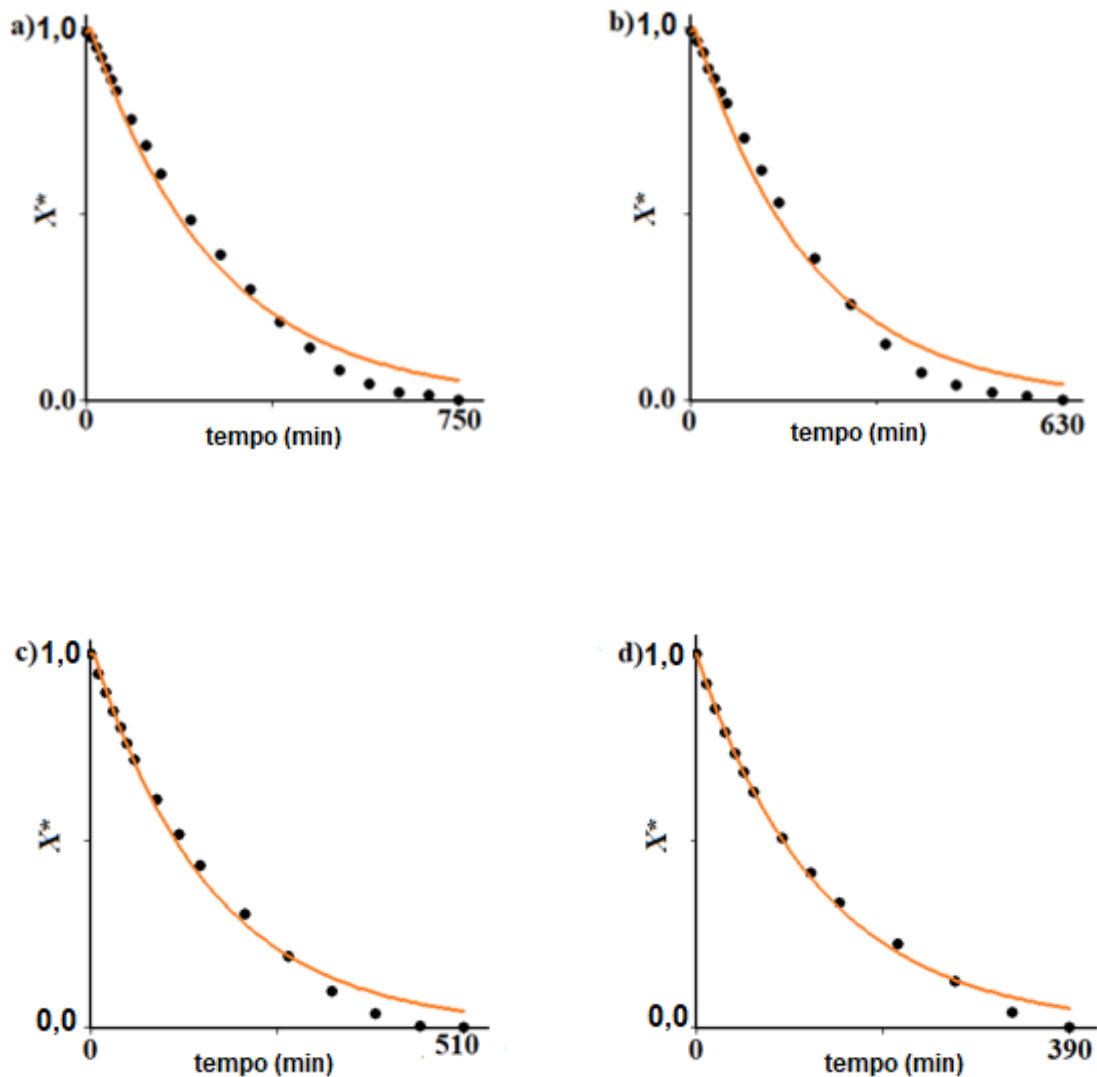
Os parâmetros obtidos com as otimizações realizadas usando o modelo 2 também são apresentados na Tabela 2. Devido esta condição de contorno considerar a igualdade dos fluxos difusivo e convectivo na superfície do sólido, a otimização disponibilizou outro parâmetro, o coeficiente convectivo (h). Pode-se verificar que para modelo, os indicadores estatísticos obtidos são significativamente melhores ($R^2 > 0,99$ e $\chi^2 < 0,0294$) que aquele, no qual o modelo 1 é considerado. Por exemplo, o qui-quadrado (χ^2) do ajuste referente à otimização do modelo 2 é reduzido em até 42 vezes com relação à otimização do modelo 1, entre os pré-tratamentos.

A difusividade efetiva obtida pelo modelo 2, apresentou valores entre $1,7039 \times 10^{-5}$ a $3,4855 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ min}^{-1}$ e o coeficiente convectivo (h), valores entre $1,0224 \times 10^{-5}$ a $2,1319 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ min}^{-1}$ entre as fatias controle e as submetidas ao ET+C. A difusividade efetiva, bem como o coeficiente convectivo (h), foi maior quando os pré-tratamentos de ET e C foram combinados. Portanto, é possível ver que para as fatias de mamão, o aumento desses valores corresponde ao aumento da taxa de secagem (Figura 2) e redução do tempo de secagem (Figura 1). Estes dados concordam com os estudos anteriores realizados por Santos et al. (18), Rojas et al. (13), Rojas et al. (6) e Rojas e Augusto (26) utilizando diferentes pré-tratamentos de secagem.

Nota-se que as simulações realizadas usando o modelo 2 geraram curvas (Figura 4) que se ajustaram aos pontos experimentais, de forma mais satisfatória do que para o ajuste encontrado usando o modelo 1 (Figura 3), concordando com o que foi observado ao se analisar os indicadores estatísticos (R^2 and χ^2). Desta forma, pode-se afirmar que o modelo 2 descreve de forma mais realista o processo de secagem das fatias de mamão nas diferentes condições de pré-tratamento. Em síntese, os modelos difusivos são preferidos pela literatura, visto que os modelos empíricos geralmente são obtidos a partir de simples

correlações matemáticas dos dados experimentais e os seus parâmetros, em regra, não possuem significado físico.

Figura 4 – Ajuste do modelo de difusão com condição de contorno do terceiro tipo (modelo 2) aos dados experimentais da cinética de secagem de fatias de mamão nas condições de: a) controle, b) imersão em etanol (ET), c) congelamento (C) e d) processos combinados (ET+C).



CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo confirmaram que a aplicação dos pré-tratamentos de secagem com etanol e congelamento nas fatias de mamão podem reduzir significativamente o tempo de secagem em até 48% e aumentar a taxa de secagem. O modelo de difusão com condição de contorno de terceiro tipo, apresentou melhor ajuste ($R^2 > 0,99$), além disso, os pré-tratamentos aumentaram as transferências de massa e de calor durante o processo de secagem e consequentemente, aumentando o coeficiente de

difusão de umidade em até $1,7816 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ min}^{-1}$. Portanto, com base nestes achados, o ET+C é o pré-tratamento mais indicando para secagem de fatias de mamão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio a este estudo e pela bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Wu, Q., Li, Z., Chen, X., Yun, Z., Lia, T., & Jianga, Y. (2019). Comparative metabolites profiling of harvested papaya (*Carica papaya* L.) peel in response to chilling stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 6868–6881. Doi: 10.1002/jsfa.997
2. Braga, S.P., Magnani, M., Madruga, M. S., de Souza Galvão, M., de Medeiros, L. L., Batista, A. U. D., ... & de Souza, E. L. (2020). Characterization of edible coatings formulated with chitosan and *Mentha* essential oils and their use to preserve papaya (*Carica papaya* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 65, 102472. Doi: 10.1016/j.ifset.2020.102472
3. Maringgal, B., Hashim, N., Tawakkal, I. S. M. A., Mohamed, M. T. M., Hamzah, M. H., Ali, M. M., & Abd Razak, M. F. H. (2020). Kinetics of quality changes in papayas (*Carica papaya* L.) coated with Malaysian stingless bee honey. *Scientia Horticulturae*, 267, 109321. Doi: 10.1016/j.scienta.2020.109321
4. Silva, R. C., da Silva, W. P., Gomes, J. P., de Melo Queiroz, A. J., de Figueirêdo, R. M. F., de Lima, A. G. B., ... & de Andrade, R. O. (2022). A new empirical model for predicting intermittent and continuous drying of “Neve” melon (*Cucumis melo* sp.) seeds. *Agriculture*, 12(3), 328. Doi: 10.3390/agriculture12030328
5. Miano, A. C., Rojas, M. L., & Augusto, P. E. (2021). Combining ultrasound, vacuum and/or ethanol as pretreatments to the convective drying of celery slices. *Ultrasonics Sonochemistry*, 79, 105779. Doi: 10.1016/j.ultsonch.2021.105779
6. Rojas, M. L., Silveira, I., & Augusto, P. E. D. (2020). Ultrasound and ethanol pretreatments to improve convective drying: Drying, rehydration and carotenoid content of pumpkin. *Food and Bioprocess Processing*, 119, 20-30. Doi: 10.1016/j.fbp.2019.10.008
7. Granella, S. J., Bechlin, T. R., & Christ, D. (2022). Moisture diffusion by the fractional-time model in convective drying with ultrasound-ethanol pretreatment of banana slices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 102933. Doi: 10.1016/j.ifset.2022.102933
8. Zhang, L., Yu, X., & Zhou, C. (2022). Effect of freeze-thaw pretreatment combined with variable temperature on infrared and convection drying of lotus root. *LWT-Food Science and Technology*, 154, 112804. Doi: 10.1016/j.lwt.2021.112804
9. Vega-Gálvez, A., Uribe, E., Pastén, A., Vega, M., Poblete, J., Bilbao-Sainz, C., & Chiou, B. S. (2022). Low-temperature vacuum drying as novel process to improve papaya (*Vasconcellea pubescens*) nutritional-functional properties. *Future Foods*, 100117. Doi: 10.1016/j.fufo.2022.100117

10. Silva Junior, E. V., de Melo, L. L., de Medeiros, R. A. B., Barros, Z. M. P., & Azoubel, P. M. (2018). Influence of ultrasound and vacuum assisted drying on papaya quality parameters. *LWT-Food Science and Technology*, 97, 317-322. Doi: 10.1016/j.lwt.2018.07.017
11. Ferreira, J. P. D. L., Castro, D. S. D., Moreira, I. D. S., Silva, W. P. D., de Figueirêdo, R. M., & Queiroz, A. J. D. M. (2020). Cinética de secagem convectiva de cubos de mamão pré-tratados osmoticamente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24, 200-208. Doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v24n3p200-208
12. Monteiro, S. S., Silva, W. P. D., Monteiro, S. S., Gomes, J. P., Pereira, E. M., & Ferreira, J. P. D. L. (2022). Probiotic coating applied to papaya slices for high quality snack production by convective drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(1), e16183. Doi: 10.1111/jfpp.16183
13. Rojas, M. L., Gomes, B. D. O., Carvalho, G. R., Santos, K. C., Guedes, J. S., Bitencourt, B. S., & Augusto, P. E. D. (2021). Convective drying of cambuci, a native fruit from the Brazilian Atlantic Forest: Effect of pretreatments with ethanol and freezing. *Journal of Food Process Engineering*, 44(10), e13822. Doi: 10.1111/jfpe.13822
14. A.O.A.C. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International (20th ed.)*. Rockville, Maryland, USA: AOAC international
15. Page, G. E. (1949). *Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers*. Ann Arbor: Purdue University.
16. Cruz, F.J.G, Carnicero, J.M.P., Escobedo, Q.H., Peragón, F.C. (2020). Determination of the drying rate and effective diffusivity coefficients during convective drying of two-phase olive mill waste at rotary dryers drying conditions for their application. *Renewable Energy*, 151, 900-910. Doi:10.1016/j.renene.2020.02.062
17. Crank, J. (1992). *The Mathematics of Diffusion*. Oxford, UK: Clarendon Press.
18. Santos, N. C., Almeida, R. L. J., da Silva, G. M., Monteiro, S. S., & Andre, A. M. M. (2020). Effect of ultrasound pre-treatment on the kinetics and thermodynamic properties of guava slices drying process. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 66, 102507. Doi: 10.1016/j.ifset.2020.102507
19. Luikov, A.V. (1968). *Analytical heat diffusion theory*. Academic Press, Inc. Ltd, London.
20. Tatemoto, Y., Mibu, T., Yokoi, Y., & Hagimoto, A. (2016). Effect of freezing pretreatment on the drying characteristics and volume change of carrots immersed in a fluidized bed of inert particles under reduced pressure. *Journal of Food Engineering*, 173, 150-157. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2015.11.006
21. Noshad, M., & Ghasemi, P. (2020). Influence of freezing pretreatments on kinetics of convective air-drying and quality of grapes. *Food Bioscience*, 38, 100763. Doi: 10.1016/j.fbio.2020.100763
22. Wang, X., Feng, Y., Zhou, C., Sun, Y., Wu, B., Yagoub, A. E. A., & Aboagarib, E. A. A. (2019). Effect of vacuum and ethanol pretreatment on infrared-hot air drying of scallion (*Allium fistulosum*). *Food Chemistry*, 295, 432-440. Doi: 10.1016/j.foodchem.2019.05.145
23. Cuccurullo, G., Giordano, L., Metallo, A., & Cinquanta, L. (2018). Drying rate control in microwave assisted processing of sliced apples. *Biosystems Engineering*, 170, 24-30. Doi: 10.1016/j.biosystemseng.2018.03.010

24. Santos, D. D. C., Leite, D. D. D. F., Lisbôa, J. F., Ferreira, J. P. D. L., Santos, F. S. D., Lima, T. L. B. D., ... & Costa, T. N. D. (2019). Modelagem e propriedades termodinâmicas da secagem de fatias de acuri. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22. Doi: 10.1590/1981-6723.03118
25. Almeida, R. L. J., Santos, N. C., da Silva, G. M., Feitoza, J. V. F., de Alcântara Silva, V. M., de Alcântara Ribeiro, V. H., ... & de Sousa Muniz, C. E. Effects of hydrothermal pretreatments on thermodynamic and technological properties of red bean starch. *Journal of Food Process Engineering*, e13994. Doi: 10.1111/jfpe.13994
26. Rojas, M. L., & Augusto, P. E. D. (2018). Ethanol pre-treatment improves vegetable drying and rehydration: Kinetics, mechanisms and impact on viscoelastic properties. *Journal of Food Engineering*, 233, 17–27. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2018.03.028

Capítulo 05

Doi.org/10.53934/9786585062060-05

FARINHA DE ARROZ VERMELHO: INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE SECAGEM NO ACOMPANHAMENTO CINÉTICO E NA QUALIDADE BIOATIVA

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva *; Raphael Lucas Jacinto Almeida ;
Newton Carlos Santos ; Victor Herbert de Alcântara Ribeiro ;
Raniza de Oliveira Carvalho ; Soraya Alves de Morais 

* Email: virginia.m.alcantara@gmail.com

Resumo: Nos últimos anos, visando evitar a monotonia das preparações para aqueles que não consomem glúten, novos ingredientes passaram a ser investigados, inclusive, os derivados do arroz. Portanto, esse estudo tem como objetivo desenvolver farinhas de arroz vermelho, com a finalidade de proporcionar ao público celíaco alternativas para a substituição de farinhas convencionais na produção de alimentos livres de glúten. Para a obtenção das farinhas, realizou-se a cinética de secagem dos grãos de arroz vermelho nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C e velocidade de ar de 1,5 m/s. Aos dados experimentais obtidos foram ajustados modelos matemáticos (empíricos e difusivos). Posteriormente foi realizada a moagem dos grãos desidratados para obtenção da farinha e realizada e determinado do teor de antocianinas, flavonoides e compostos fenólicos para verificar o impacto das temperaturas aplicadas na qualidade do produto. Verificou-se que o modelo de Page e o modelo de difusão apresentaram confiabilidade na descrição da cinética de secagem do arroz vermelho. Na temperatura de 80°C houve maior taxa de secagem, porém ocorreu fissura nos grãos e maior degradação das antocianinas. Valores inferiores de compostos fenólicos totais foram obtidos nos grãos submetidos a temperatura de 80 °C. Portanto, a temperatura de 40 °C foi a que garantiu maior conservação de todos os compostos bioativos analisados.

Palavras-chave: Antocianinas; celíacos; gluten-free; processamento; conservação

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa L.*) possui diversos tipos de cultivares, é um alimento amplamente consumido no mundo, apresentando-se em diferentes tipos de cores como branco, preto, vermelho e marrom. O arroz-vermelho possui esta denominação em virtude da coloração avermelhada do pericarpo dos grãos, que por sua vez deve-se ao acúmulo de taninos e antocianinas (1). No Brasil, o arroz-vermelho possui grande popularidade, constituindo-se como uma das principais matérias-primas utilizadas na produção de farinhas, devido à ausência do glúten (2).

Atualmente, as variedades de arroz pigmentado receberam maior atenção dos pesquisadores e consumidores, por possuírem elevadas propriedades nutricionais, graças

à presença de pigmentos bioativos existentes na camada de revestimento dos grãos. Dentre os quais estão presentes os grupos ácidos fenólicos, flavonoides e antocianinas, que desempenham atividade antioxidante e provocam a diminuição de radicais livres, que são nocivos ao organismo humano devido ao aumento do estresse oxidativo (2).

Estima-se que 1% da população mundial sofre com intolerância ao glúten (doença celíaca) que é caracterizada por ser uma enteropatia autoimune induzida em indivíduos com genes suscetíveis, causada por meio da ingestão de grãos contendo glúten, como trigo, cevada e trigo sarraceno e derivados. Devido às suas causas diversas e complexas, a única maneira viável e eficaz de aliviar seus sintomas é dar aos pacientes uma dieta livre de glúten. Portanto, a demanda por produtos livres de glúten tem crescido substancialmente e são elaborados utilizando amidos puros e farinhas alternativas (3).

Embora os grãos de arroz apresentem reduzidos teores de água em sua constituição, segundo Santos et al. (4) a secagem ainda pode ser aplicada como um processo de conservação, pois a remoção de água, possibilita a obtenção de um material seco (pó) e sua aplicação em pó têm despertado o interesse da indústria de alimentos (5).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo elaborar a farinha do arroz vermelho, através da sua cinética de secagem em diferentes temperaturas, assim como, ajustar modelos matemáticos empíricos e difusivos aos dados experimentais. Analisar através dos teores antocianinas, flavonoides e compostos fenólicos, o efeito das temperaturas aplicadas sobre a qualidade da farinha obtida.

MATERIAL E MÉTODOS

Os grãos de arroz vermelho utilizados foram adquiridos em uma feira livre local da cidade de Campina Grande, Paraíba, sendo então selecionados visualmente para uniformidade de amostragem.

Procedimento de secagem

As secagens dos grãos de arroz vermelho foram realizadas em triplicata, utilizando estufa de secagem com circulação de ar forçado ajustado para operar nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C e com velocidade do ar de 1,5 m/s, nas quais as amostras foram distribuídas uniformemente em bandejas de tela de aço, formando uma camada fina.

O teor de água inicial e final do produto, após a secagem foi determinado pelo método gravimétrico de acordo com a metodologia proposta pelo A.O.A.C. (6). Os dados experimentais foram expressos em termos de razão de teor de água (RX), como descrito na Equação (1):

$$RX = \frac{(X - X_e)}{(X_0 - X_e)} \quad (1)$$

em que: *RX* é a razão do teor de água (adimensional); *X* é o teor de água (base seca); *X_e* é o teor de água de equilíbrio (base seca) e *X₀* é teor de água inicial (base seca).

Os valores observados para cada temperatura do ar de secagem foram simulados e ajustados aos modelos empíricos para descrever a regressão não linear, pelo método

Quasi-Newton dos fenômenos de secagem descritos na Tabela 1, utilizando o software Statistica 7.0.

Tabela 1. Modelos empíricos usados para prever o fenômeno da secagem do arroz vermelho.

Modelo	Equação
Henderson & Pabis	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$
Parry	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$
Page	$RX = \exp(-k \cdot t^n)$

O ajuste de cada modelo foi avaliado para o coeficiente de determinação (R^2) and qui-quadrado (χ^2), calculado pela Equação (2):

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (RX_{\text{exp},i} - RX_{\text{pre},i})^2}{N - n} \quad (2)$$

onde: χ^2 : qui-quadrado; $RX_{\text{exp},i}$ é a razão de teor de água obtida experimentalmente; $RX_{\text{pre},i}$ é a razão de teor de água predita pelo modelo matemático; N = número de observações ao longo da cinética de secagem; n : número de coeficientes e constantes do modelo.

Equação de difusão

A Equação de difusão que descreve a secagem de um produto na forma de um cilindro infinito pode ser escrita como:

$$\frac{\partial RX}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r D \frac{\partial RX}{\partial r} \right) \quad (3)$$

em que D é a difusividade efetiva de massa e r define uma posição no interior do cilindro com relação ao seu eixo axial. Neste trabalho, uma solução analítica da Equação (3) será usada para descrever a difusão de umidade em corpos cilíndricos.

Solução analítica para condição de contorno convectivo

A condição de contorno do terceiro tipo ou ainda condição de fronteira de Cauchy, é expressa pela imposição de fluxo difusivo interno igual no limite do cilindro infinito e do fluxo convectivo externo próximo a este limite, dado pela Equação (4).

$$-D \frac{\partial RX(r,t)}{\partial r} \Big|_{r=R} = hRX(r,t) \Big|_{r=R} \quad (4)$$

em que: h é o coeficiente de transferência convectiva de massa, $RX(r,t)$ é a razão do teor de umidade na posição radial r no tempo t , e R é o raio do cilindro infinito.

A solução $RX(r,t)$ da Equação (3) para um cilindro homogêneo infinito, com umidade inicial uniforme X_0 e condição de contorno definida pela Equação (4) pode ser obtida por separação de variáveis, o que resulta na Equação (5).

$$RX(r,t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n J_0(\mu_n r/R) \exp\left(-\mu_n^2 \frac{D}{R^2} t\right) \quad (5)$$

Onde

$$A_n = \frac{2Bi}{J_0(\mu_n) [\mu_n^2 + Bi^2]} \quad (6)$$

em que J_0 é a função de Bessel de primeiro tipo e ordem zero. O parâmetro Bi é o número de Biot de transferência de massa e é dado pela Equação (7):

$$Bi = \frac{hR}{D} \quad (7)$$

Os parâmetros μ_n são as raízes da seguinte equação transcendental:

$$\frac{J_0(\mu_n)}{J_1(\mu_n)} = \frac{\mu_n}{Bi} \quad (8)$$

em que J_1 é a função de Bessel de primeiro tipo e ordem 1. A razão de umidade média no tempo t é dada por:

$$\overline{RX} = \frac{1}{V} \int RX(r,t) dV \quad (9)$$

onde V é o volume do cilindro.

Substituindo a Equação (5) na Equação (9) e integrando, a razão de umidade média do sólido cilíndrico no instante t é obtida:

$$RX(t) = \sum_{n=1}^{16} B_n \exp\left(-\mu_n^2 \frac{D}{R^2} t\right) \quad (10)$$

onde o número de termos do somatório foi estabelecido como 16, ao invés de infinito, e o parâmetro B_n é dado por:

$$B_n = \frac{4Bi^2}{\mu_n^2 (Bi^2 + \mu_n^2)} \quad (11)$$

Para obtenção dos parâmetros de processo D , h e Bi , a otimização do processo foi feita usando o programa “Convective” (7). O Convective é usado para estudar processos de difusão de água com dados experimentais conhecidos, para as seguintes geometrias: parede infinita, cilindro infinito, esfera, cilindro finito e paralelepípedo.

Processamento dos grãos

Após desidratados, os grãos de arroz vermelho foram triturados em moinho de facas onde ficaram com texturas de farinha com granulometria irregular. Em seguida, foram empacotadas e armazenadas em embalagens laminadas e seladas a vácuo.

Determinação de antocianinas, flavonoides e compostos fenólicos totais

Os grãos de arroz vermelho e as farinhas obtidas ao final de cada secagem foram caracterizadas em relação aos seguintes parâmetros. O teor de antocianinas totais e flavonoides seguiram o método pH único descrito por Francis (8). O método consiste em uma transferência quantitativa de uma alíquota do extrato concentrado para um recipiente e então essa alíquota é diluída com uma quantidade de solução Etanol – HCl a $1,5 \text{ mol.L}^{-1}$ tendo assim um volume de extrato diluído. Os compostos fenólicos totais foram quantificados a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (9), utilizando ácido gálico como padrão. Os cálculos realizados para a determinação dos compostos fenólicos foram baseados em uma curva padrão com ácido gálico, e as leituras realizadas em espectrofotômetro a 765 nm, com os resultados expressos em mg.100g^{-1} de ácido gálico.

Análise estatística

Os dados experimentais foram analisados em triplicata e os resultados submetidos à análise de variância de fator único (ANOVA) de 5% de probabilidade e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de *Tukey* adotando-se o mesmo nível de 5% de significância. Para o desenvolvimento das análises estatísticas foi utilizado o software Assistat 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na da Tabela 2, observa-se que todos os modelos matemáticos aplicados na cinética de secagem do arroz vermelho possuem coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99 em todas as temperaturas do ar de secagem. Este comportamento, segundo Melo et al. (10) pode indicar que os modelos se adequam satisfatoriamente aos dados experimentais obtidos, todavia para a seleção de modelos não lineares torna-se necessário também avaliar os valores obtidos para a função qui-quadrado (χ^2), no qual devem ser os mais baixos possível.

Tabela 2. Parâmetros de ajustes da cinética de secagem do arroz vermelho, coeficiente de determinação (R^2) e qui-quadrado (χ^2) em relação aos modelos matemáticos nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C.

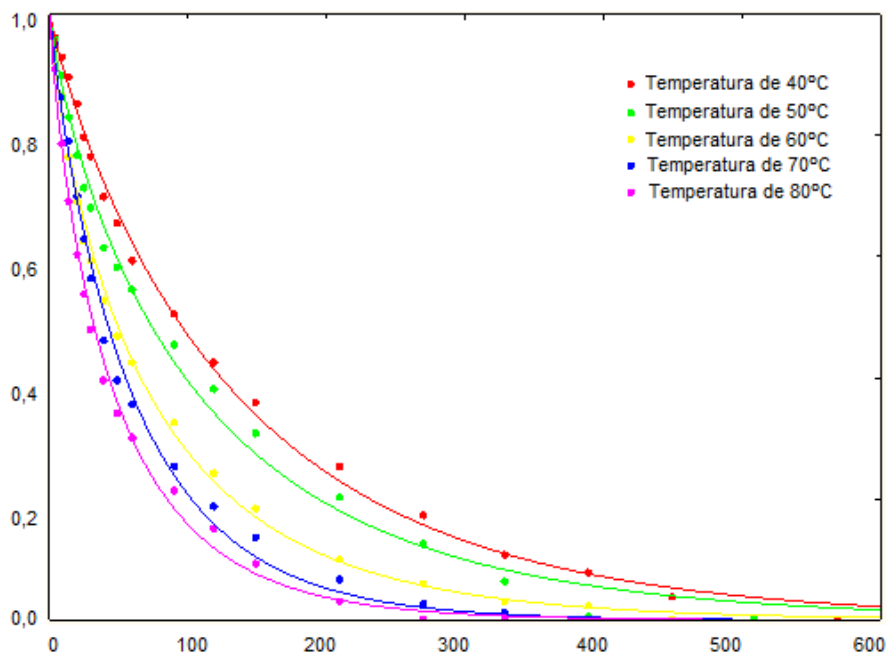
Modelos	T (°C)	Parâmetros de ajustes				R^2	χ^2
		a	k	n	c		
Handerson & Pabis	40	0,973588	0,007103	-	-	0,99776	0,010753
	50	0,941549	0,008480	-	-	0,99381	0,026002
	60	0,951522	0,013173	-	-	0,99335	0,025194
	70	0,995214	0,016876	-	-	0,99566	0,016253
	80	0,964679	0,020654	-	-	0,99361	0,020136
Parry	40	0,970224	0,007197	-	0,004650	0,99777	0,010705
	50	0,938868	0,008576	-	0,003839	0,99382	0,025969
	60	0,927209	0,014868	-	0,039473	0,99481	0,019686
	70	0,973162	0,018563	-	0,034515	0,99682	0,011928
	80	0,941578	0,023089	-	0,038216	0,99516	0,015276
Page	40	-	0,011867	0,901802	-	0,99864	0,006527
	50	-	0,019830	0,824989	-	0,99651	0,014700

60	-	0,024517	0,808010	-	0,99781	0,008300
70	-	0,032082	0,903774	-	0,99648	0,011835
80	-	0,041006	0,826609	-	0,99740	0,008220

Todos os modelos aplicados apresentam baixos valores para função qui-quadrado (χ^2), atestando que são capazes de descrever o processo de secagem do arroz vermelho de maneira eficiente.

Contudo, dentre os modelos avaliados verificou-se que o modelo de Page apresentou valores inferiores para a função χ^2 (0,006527 a 0,014700,) quando comparado aos demais modelos aplicados, demonstrando que o modelo de Page (Figura 1) apresenta maior confiabilidade na descrição do processo de secagem nas condições estudadas.

Figura 1. Curva de secagem dos grãos de arroz vermelho determinada pelo modelo matemático de Page nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C.



Silva et al. (11) obtiveram resultados semelhantes ao realizarem cinética de secagem em grãos de sorgo, verificaram que o modelo de Page apresentou melhor ajuste aos dados experimentais. Lang et al. (12) estudaram a cinética de secagem do arroz preto usando o secador de leito fixo com velocidade de ar de 0,5m/s e concluíram que o modelo matemático de Page foi o que melhor se descreveu para a cinética de secagem.

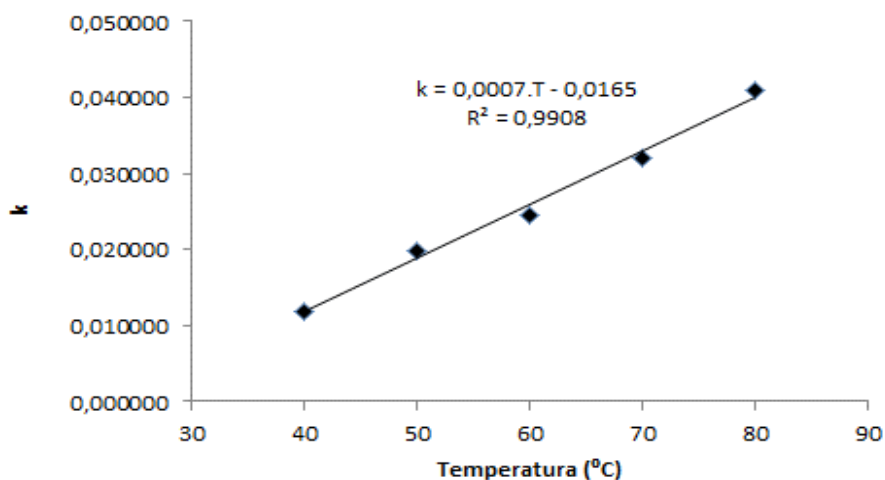
Acerca do coeficiente “n” apresentado no modelo de Page não se observou uma correlação dos seus valores em relação à temperatura utilizada no processo de secagem.

Resultados similares foram observados por Sousa et al. (13) na predição da cinética de secagem de grãos de guandu. Porém, apesar dos dados obtidos, os autores afirmaram que o coeficiente n representa o gradiente existente entre a pressão de vapor do ar e do material, o que remete ao fato de que naturalmente a elevação da temperatura empregada no processo, deveria provocar o aumento deste coeficiente que por sua vez, constitui maior taxa de remoção de água.

Na Tabela 2, observa-se que para todos os modelos aplicados a constante de secagem k , teve relação direta com o aumento da temperatura. A proporcionalidade entre estes parâmetros, foi constatada também por Rodvalho et al. (14) na cinética de secagem dos grãos de pimenta bode. Os autores afirmaram que este fato provavelmente indica que a difusividade efetiva controla todo o processo de secagem. Em análise ao modelo de Page, observa-se que a constante k variou de 0,011867 a 0,041006, com o aumento da temperatura do ar de secagem de 40 para 80°C.

Os valores da constante k obtidos para o modelo de Page estão expressos em forma de equação (Figura 2), mostrando esta tendência clara do seu aumento com a elevação da temperatura. Onde a partir da linha de tendência linear, obteve-se uma equação capaz de estimar o valor de k para qualquer temperatura de ar de secagem aplicada aos grãos.

Figura 2. Relação dos valores do coeficiente “k” obtidos pelo modelo de Page com a temperatura do ar de secagem



Observou-se que na temperatura de 80 °C houve maior trincamento dos grãos de arroz durante o processo de secagem. Segundo Palamanit et al. (15), isto ocorre porque altas temperaturas aplicadas ao processo de secagem proporcionam maior gradiente de umidade dentro dos grãos, provocando encolhimento dos grânulos de amido, que consequentemente promove maior estresse à superfície do material e o desenvolvimento de fissuras. Smaniotto et al. (16) também observaram trincamentos nos grãos de soja submetidos a secagem na temperatura de 90 °C. Na Tabela 3 estão expostos os resultados obtidos pelo modelo de difusão para os grãos de arroz vermelho.

Tabela 3. Resultados obtidos por otimização usando a solução analítica

T (°C)	($D_{ef} \times 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$)	($h \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$)	Bi	R^2
40	5,25	1,23	3,50	0,9977
50	6,53	2,37	8,25	0,9952
60	8,55	2,60	8,50	0,9949
70	13,90	3,79	2,70	0,9937
80	18,40	4,98	6,75	0,9931

Com relação a difusividade efetiva, notou-se um aumento destes valores com elevação da temperatura de secagem, no qual, variaram de 5,25 a 18,40 x 10⁻⁹ m².min⁻¹ quando se aumentou a temperatura do ar de secagem de 40 para 80 °C. Fato este também observado por Silva et al. (17) onde o valor da difusividade efetiva das sementes de abóbora aumentou de 1,553 para 2,091 x 10⁻¹⁰ m².s⁻¹ para as temperaturas de 35 a 50 °C. Silva et al. (18) em estudos com grãos de feijão branco, observaram que a difusividade aumentou de 3,46 a 10,30 x 10⁻⁸ m².min⁻¹ para faixa de temperatura de 40 a 80 °C. Quequeto et al. (19) obtiveram para as sementes de noni difusividade efetiva com variação de 8,6968 a 23,7089 x 10⁻¹⁰ m².min⁻¹. Segundo Carvalho et al. (20) a difusividade depende da temperatura do ar de secagem, ou seja, quanto maior a temperatura do ar de secagem, menor a resistência do grão à remoção de água, e maior será a difusividade.

Foi observado que o coeficiente convectivo de transferência de calor, apresentou comportamento semelhante à difusividade efetiva de massa, onde houve um aumento de 1,23 x 10⁻⁵ m.min⁻¹ para 4,98 x 10⁻⁵ m.min⁻¹ quando a temperatura do ar de secagem variou de 40, 50, 60, 70 e 80 °C. Indicando que maiores quantidades de calor são transferidas quando os grãos foram submetidos à secagem na temperatura de 80 °C.

Diferentemente do observado para a difusividade efetiva e para o coeficiente convectivo de transferência de calor, o número de *Biot* não apresentou tendência de aumento com o aumento da temperatura do ar de secagem, os números de *Biot* obtidos para os grãos de arroz vermelho foram relativamente baixos e inferiores a 9, indicando que a condição de contorno do terceiro tipo descreveu de forma satisfatória o processo de secagem.

Verifica-se ajuste satisfatório das curvas de secagem preditas pelo modelo de difusão com solução analítica para geometria de cilindro infinito, onde ao se analisar o coeficiente de determinação (R^2) na Tabela 3, todos os valores obtidos foram superiores a 0,99, variando de 0,9931 a 0,9977 entre as temperaturas aplicadas.

Na Tabela 4 pode-se observar os efeitos da temperatura do ar de secagem nos compostos bioativos dos grãos e das farinhas elaboradas com arroz vermelho.

Tabela 4. Valores médios de antocianinas, flavonoides e compostos fenólicos dos grãos de arroz vermelho (in natura) e das farinhas elaboradas.

Parâmetros	Temperaturas					
	In natura	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
Antocianinas (mg.100g ⁻¹)	1,836 ^a	0,851 ^b	0,798 ^b	0,702 ^c	0,665 ^d	0,631 ^d
Flavonoides (mg.100g ⁻¹)	5,890 ^a	3,11 ^b	2,99 ^b	2,79 ^b	2,57 ^{bc}	2,35 ^c
Compostos fenólicos totais (mgGAE.100g ⁻¹)	237,54 ^a	207,17 ^b	206,91 ^b	206,08 ^b	204,89 ^c	203,67 ^c

Nota: Letra sobrescritas iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Zhu et al. (21) o arroz apresenta uma grande diversidade genética na cor dos grãos e as antocianinas concentram-se principalmente no farelo de arroz descascado. Houve uma degradação dos pigmentos de antocianinas de até 1,205 mg. 100g⁻¹, no qual os tratamentos de 40 e 50 °C não apresentaram diferença significativa. Assim como, os tratamentos de 70 e 80 °C. Sendo na temperatura de 80 °C obtido o menor valor para esse parâmetro. Diferentes partes de um núcleo de arroz contêm diferentes quantidades de antocianinas (22).

Os flavonoides não apresentaram diferenças significativas entre a temperaturas aplicadas, apenas os grãos in natura diferiram das temperaturas de 60, 70 e 80 °C. Maior teor de flavonoide foi obtido para os grãos que não sofreram tratamento térmico (5,890 mg.100g⁻¹) Al-Saeedi e Hossain (23), observaram teores de flavonoides totais em sementes de feijão-guandu (0,18 mg. 100g⁻¹) inferiores aos obtidos no presente trabalho em todos os tratamentos avaliados. Contudo, Shao et al. (24) em estudos com arroz vermelho e preto obtiveram teores de flavonoides totais, respectivamente de 162,86 mg. 100g⁻¹ e 415,10 mg. 100g⁻¹.

As concentrações dos compostos fenólicos totais não apresentaram diferença significativa entre as temperaturas de 40, 50 e 60°C, sendo encontrados os maiores teores para 40°C. As temperaturas de 70 e 80°C não diferiram entre si, apresentando valores inferiores deste composto. Hu et al. (25) obtiveram teor de compostos fenólicos totais de 15,3 mg GAE/100g pela extração com metanol, em grãos de arroz vermelho. Thuengtung et al. (26) extraíram e quantificaram os compostos fenólicos totais do amido de arroz vermelho em 3 variedades, no qual variou de 20 a 40 mgGAE/100g de amido, é perceptível que na extração do amido muitos compostos fenólicos são perdidos no processamento. Goffman & Bergaman (27) quantificaram os fenólicos solúveis de 320 genótipos de arroz integral de acordo com a cor do pericarpo, onde obtiveram valores que

variaram de 29 a 583,0 mgGAE/100g para as linhagens roxa e vermelha, para arroz de coloração marrom esse parâmetro variou de 25 a 286,0 mgGAE/100g e para grãos de pericarpos mais claros foram encontrados valores de 23 a 62 mgGAE/100g. É importante lembrar que os fenólicos totais correspondem a somatória da fração solúvel com a insolúvel, os fenólicos insolúveis representam cerca de 20% dos fenólicos totais (409,74 mgGAE/100g) para o arroz pigmentado.

CONCLUSÕES

O modelo de Page apresentou melhor ajuste aos dados experimentais obtidos na cinética de secagem do arroz vermelho, e a maior taxa de secagem foi verificada para a temperatura 80°C, contudo provocou fissura nos grãos. O modelo de difusão com solução analítica para geometria de cilindro infinito apresentou ajuste satisfatório das curvas de secagem com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,99. Valores inferiores de compostos fenólicos totais e antocianinas foram obtidos nos grãos submetidos as temperaturas de 80°C. No entanto, a temperatura de 40°C que garantiu maior conservação de todos os compostos bioativos analisados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio a este estudo e pela bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Boêno JA., Ascheri DPR, Bassinello, PZ. 2011. Qualidade tecnológica de grãos de quatro genótipos de arroz-vermelho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(7), 718-723. Doi:10.1590/S1415-43662011000700010.
2. Sumczynski, D, Kotásková, E, Družbík, H, Mlček, J. 2016. Determination of contents and antioxidant activity of free and bound phenolics compounds and in vitro digestibility of commercial black and red rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Food Chemistry*, 211(1), 339–346. Doi: 10.1016/j.foodchem.2016.05.081
3. Wu T, Wang L, Li Y, Qian H, Liu L, Tong L, Zhou X, Wang Li, Zhou S. 2019. Effect of milling methods on the properties of rice flour and gluten-free rice bread. *LWT – Food Science and Technology*, 108, 137-144. Doi:10.1016/j.lwt.2019.03.050
4. Santos, F.S., Figuêiredo, R.M.F., Queiroz, A.J.M., Lima, T.L.B., Moreira, I. S. 2019. Effect of Dehydration Methods on Okra Chemical and Physical Composition. *Journal of Agricultural Science*, 11(5), 236-249. Doi: 10.5539/jas.v11n5p236.
5. Karam, M.C., Petit, J., Zimmer, D., Djantou, E.B., Scher, J. 2016. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. *Journal of Food Engineering*, 188, 32-49. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001
6. A.O.A.C. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International* (20th ed.). Rockville, Maryland, USA: AOAC international
7. Silva, W.P., Silva, C.M.D.P.S. *Convectivo Adsorção e Dessorção*, Versão 3.2 (2008 - 2018), online, disponível em: <<http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/Convective.htm>>, data do acesso: 05/06/2022.

8. Francis, F.J. 1982. Analysis of anthocyanins in foods. In: Markakis P, Anthocyanins as Food Colors. New York, Academic Press, 181-207.
9. Waterhouse, A. 2006. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 3-5.
10. Melo, P.C., Devilla, I.A., Caetano, J.M., Reis, V.B.S.X., Antunes, A.M., Santos, M.M. 2016. Modelagem matemática das curvas de secagem de grãos de feijão carioca. *Agrária*. 11(3), 247-252. Doi:10.5039/agraria.v11i3a5377
11. Silva, V.M.A., Ribeiro, V.H.A., Santos, N.C., Barros, S.L., Nascimento, A.P.S., Araújo, A.J.B. Determinação de modelo matemático na secagem do sorgo (*sorghum bicolor* L.bMoench). 2019. In: Paulo Roberto Megna Francisco (Org.). *Caderno de Ciência Pesquisa e Inovação, EPGRAF-Campina Grande - PB*, 2(1), 114-122.
12. Lang, G.H., Lindemann, I.S., Ferreira, C.D., Hoffmann, J.F., Vanier, N.L., Oliveira, M. 2019. Effects of drying temperature and long-term storage conditions on black rice phenolic compounds. *Food Chemistry*, 287 (1), 197–204. Doi: 10.1016/j.foodchem.2019.02.028
13. Sousa, F.C., Sousa, E.P., Mata, M.E.R.M.C., Duarte, M.E.M. 2014. Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu. *Brazilian Journal of Food Technology*. 17(4), 310-318, 2014. Doi: 10.1590/1981-6723.3014
14. Rodovalho, R.S., Silva, H.W., Silva, I.L., Rossetto, C.A.V. 2015. Cinética de secagem dos grãos de pimenta bode. *Global Science and Technology*, 8(2), 128–142. Doi: 10.14688/1984-3801/gst.v8n2p128-142
15. Palamanit, A., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P., Somchart, S. S. 2016. Performance Evaluation of Top-Spray Fluidized Bed Coating for Healthy Coated Rice Production. *Food Bioprocess Technology*, 9, 1317–1326. Doi: 10.1007/s11947-016-1720-3
16. Smaniotto, T.A.S., Resende, O., Oliveira, D.E.C., Siqueira, V.C., Sousa, K.A. 2015. Fitting of mathematical models for unit volumetric shrinkage and soybean weight. *Revista Agroambiente*, 9(4), 397- 404. Doi: 10.18227/1982-8470ragro.v9i4.2565
17. Silva, I.L., Silva, H.W., Camargo, F.R.T., Farias, H.F.L., Freitas, E.F.M. 2018. Drying and diffusivity of melon seeds. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(2), 309-315. Doi: 10.19084/RCA17278.
18. Silva, V.M.A., Ribeiro, V.H.A., Santos, N.C., Barros, S.L., Nascimento, A.P.S., Araújo, A.J.B. Modelagem matemática da cinética aplicada na secagem do feijão branco (*Phaseolus vulgaris*). 2019. In: Paulo Roberto Megna Francisco (Org.). *Caderno de Ciência Pesquisa e Inovação, EPGRAF-Campina Grande - PB*, 2(1), 97-106.
19. Quequeto, W.D., Resende, O., Silva, P.C., Silva, F.A.S., Silva, L.C.M. 2019. Drying Kinetics of Noni Seed. *Journal of Agricultural Science*, 11(5), 250-258. Doi: 10.5539/jas. v11n5p250
20. Carvalho, J.M.G., Bueno, S.G.S., Oliveira, D.E.C., Resende, O. 2018. Mathematical modeling and thermodynamic properties of sunflower grain drying. *Global Science and Technology*, 11(2), 136-149.
21. Zhu, Q., Yu, S., Zeng, D., Liu, H., Wang, H. 2017. Development of “purple endosperm rice” by engineering anthocyanin biosynthesis in the endosperm with

- a high efficiency transgene stacking system. *Molecular Plant*, 10(7), 918–929. Doi: 10.1016/j.molp.2017.05.008
22. Zhu, F. 2018. Anthocyanins in cereals: Composition and health effects. *Food Research International*, 109, 232–249. Doi: 10.1016/j.foodres.2018.04.015.
23. Al-Saeedi, A.H., Hossain, M.A. 2015. Total phenols, total flavonoids contents and free radical scavenging activity of seeds crude extracts of pigeon pea traditionally used in Oman for the treatment of several chronic diseases. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(4), 316–321. Doi:10.1016/s2222-1808(14)60790-8
24. Shao, Y., Hu, Z., Yu, Y., Mou, R., Zhu, Z., Beta, T. 2018. Phenolic acids, anthocyanins, proanthocyanidins, antioxidant activity, minerals and their correlations in non-pigmented, red, and black rice. *Food Chemistry*, 239, 733–741, 2018. Doi:10.1016/j.foodchem.2017.07.009.
25. Hu, Z., Tang, X., Liu, J., Zhu, Z., Shao, Y. 2017. Effect of parboiling on phytochemical content, antioxidant activity and physicochemical properties of germinated red rice. *Food Chemistry*, 214, 285–292. Doi:10.1016/j.foodchem.2016.07.097.
26. Thuengtung, S., Niwat, C., Tamura, M., Ogawa, Y. 2018. In vitro examination of starch digestibility and changes in antioxidant activities of selected cooked pigmented rice. *Food bioscience*, 23, 129-136. Doi: 10.1016/j.fbio.2017.12.014
27. Goffman, F.D., Bergman, C. 2002. Phenolics in rice: Genetic variation, chemical characterization, and antiradical efficiency. <http://www.scisoc.org/aacc/meeting/2002/abstracts/>. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN

Capítulo 6**Doi.org/10.53934/9786585062060-06****PROPRIEDADES FUNCIONAIS, MORFOLÓGICAS E TÉRMICAS
DE AMIDO DE ARROZ JAPÔNICA MODIFICADO COM ALTA
PRESSÃO HIDROSTÁTICA**

**Virgínia Mirtes de Alcântara Silva ^{ID*}; Raphael Lucas Jacinto Almeida ^{ID}; Newton
Carlos Santos ^{ID}; Victor Herbert de Alcântara Ribeiro ^{ID};
Raniza de Oliveira Carvalho ^{ID}; Soraya Alves de Moraes ^{ID}**

* *Email: virginia.m.alcantara@gmail.com*

Resumo: O processo de alta pressão hidrostática (HHP) tem sido estudado para diversas aplicações na tecnologia de alimentos e tem sido implementado comercialmente em diversos países. Portanto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência da HHP nas propriedades funcionais, morfológicas e térmicas do amido de arroz japonica (JRS). O JRS foi disperso em 20% de água e logo foi aplicada a HHP nas pressões de 200, 400 e 600 MPa/min, onde os parâmetros funcionais (capacidade de absorção de água, óleo, leite sem lactose e integral), morfológicos e térmicos foram avaliados antes e após a modificação não térmica com HHP. Foram encontradas rachaduras na superfície, com aumento do diâmetro médio em relação a pressão aplicada no amido, principalmente para a JS600. O amido modificado apresentou uma maior afinidade com água e óleo do que o amido nativo (NJS), já para a absorção de leite foi verificado que a capacidade de ligação ao leite integral foi superior ao amido nativo. Os amidos modificados apresentaram menores temperaturas de gelatinização, em relação ao NJS. Portanto, pode-se concluir que o tratamento a 600 MPa/min mostrou ser um método não térmico eficiente para modificação do JRS e menos nocivo ao meio ambiente.

Palavras-chave: Amido de arroz; modificação não térmica; diâmetro de partícula; absorção de leite; gelatinização.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o segundo cereal mais cultivado no mundo e um alimento básico importante para mais da metade da população mundial, especialmente dos países do continente asiático. O consumo aparente médio mundial é de 54 Kg/pessoa/ano, com o Brasil se destacando com 32 Kg/pessoa/ano (1). O arroz faz parte do mercado global de grãos secos, que cresce a uma taxa crescente, devido ao aumento da conscientização sobre seus benefícios para a saúde, onde os maiores produtores globais são: China, Índia, Bangladesh, Indonésia, Vietnam, Tailândia, Myanmar, Filipinas, Japão e Brasil, único país não asiático (2).

O arroz pode ser simplesmente dividido em duas classes primárias: Indica e Japonica (3). O arroz japonica está cada vez mais popular entre os consumidores asiáticos orientais que o preferem por sua moderada elasticidade e textura em bastão atribuída ao seu baixo teor de amilose (4). Consumido frequentemente cozido, seu sabor é uma característica importante que pode influenciar diretamente na aceitabilidade do consumidor contribuindo para o forte

potencial de desenvolvimento no mercado de consumo de arroz na Ásia e no mundo (5). Seu conteúdo amiláceo contribui com aproximadamente 90% do peso seco final do grão, com teores de amilose e amilopectina que podem variar entre 6,59 e 24,38% e 74,10 – 82,82%, respectivamente (6), valores que destacam o arroz japônica de outras cultivares da mesma espécie.

O amido é o principal carboidrato dos grãos de cereais e um importante nutriente para os seres humanos. O amido de arroz possui uma estrutura hierárquica, que pode ser dividida em seis níveis. Sucintamente, os monômeros de glicose anidra são conectados através de ligações glicosídicas α -(1,4) em ramificações de amidos individuais (nível 1), que formam ainda moléculas de amilose e amilopectina por ligações glicosídicas α -(1,6) (nível 2). As cadeias de amilopectina se entrelaçam em duplas hélices e lamelas semicristalinas (nível 3), que são alternadas com anéis de crescimento amorfos como estrutura de nível 4. A estrutura de nível 5 é o grânulo de amido inteiro e a estrutura de nível 6 é o grão de arroz integral (7). Arroz com alto teor de amilose (25-30%) tende a ser firme e seco, enquanto arroz com teor intermediário de amilose (20-25%) tende a ser mais macio e pegajoso e arroz com baixo teor de amilose (<20%) é geralmente bastante macio e pegajoso (8).

Apesar da sua utilidade para diversos processos industriais, a aplicação do amido na forma nativa é limitada devido alguns fatores como baixa fluidez, baixa transparência da pasta, suscetibilidade à retrogradação, altas temperaturas de gelatinização, rápida degradação enzimática, alta turbidez do gel e alto teor de água (9). Para mitigar essas limitações inerentes, o amido deve ser modificado por métodos físicos, químicos e/ou enzimáticos a fim de melhorar suas propriedades funcionais (10). Embora os métodos de modificação química sejam os mais aplicados industrialmente, há uma preocupação elevada sobre seu uso, por serem prejudiciais ao meio ambiente. Nesse contexto, os pesquisadores podem explorar métodos inovadores baseados na aplicação de tecnologias emergentes (11).

A alta pressão hidrostática (HHP) é um processo não térmico amplamente utilizado para inativar microrganismos patogênicos com perdas nutricionais e organolépticas mínimas em alimentos (12). Durante a HHP, os grânulos de amido podem ser deformados, formar agregados e eventualmente serem rompidos, dependendo da fonte botânica do amido e da intensidade do tratamento. Como o HHP atua sobre os grânulos de amido, várias propriedades são modificadas, incluindo solubilidade em água, poder de intumescimento, colagem, capacidade de retenção de água e óleo, digestibilidade e propriedades térmicas (13).

Na literatura, ainda são poucas as investigações sobre a influência da HHP na estrutura do amido de arroz japônica, pois a maioria dos estudos são focados na digestibilidade do amido após o tratamento. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar a influência da alta pressão hidrostática (HHP) nas propriedades funcionais, morfológicas e térmicas do amido de arroz japônica (JRS).

MATERIAL E MÉTODOS

Extração do amido

A extração do amido do arroz japônica (JRS) foi realizada pelo método descrito por Almeida et al. (10). Inicialmente os grãos (500 g) foram moídos e colocados em imersão em solução de metabissulfito de sódio 0.5% na proporção de 1/2 (w/v) grãos/água por 72 h. Os grãos foram filtrados para remoção da solução e lavados em água corrente por 3 min. Logo,

foram triturados em liquidificador (PHILCO PH900) com adição de água destilada (500 mL) e filtrados em malha de organza. Foi realizada a etapa de lavagem e decantação a 7 °C por 5 dias com renovação da água de lavagem a cada 24 h. Para secagem do amido foi utilizada a estufa com circulação de ar (SolidSteel, SSDCR-40 L) a uma temperatura de secagem de 50 °C com velocidade do ar de 1.0 m s⁻¹ (14).

Pré-tratamento de alta pressão hidrostática (HHP)

O JRS (4 g) foi disperso em água destilada na proporção de 20% (w/v), logo foram tratados por alta pressão hidrostática (HHP) em escala laboratorial (UHPF-800 MPa-3L). As pressões escolhidas foram de 200 MPa/min, 400 MPa/min e 600 MPa/min durante 30 min. A temperatura do vaso foi controlada termostaticamente a 30 °C durante todo o tratamento (15). As formulações foram denominadas JS200: para o amido de arroz japônica submetido ao HHP 200 MPa/min, JS400: para o amido de arroz japônica submetido ao HHP 400 MPa/min, JS600: para o amido de arroz japônica submetido ao HHP 600 MPa/min e NJS: para o amido de arroz japônica nativo, sem o tratamento de HHP.

Determinação de amido e amilose

O teor de amido total foi determinado seguindo o método (996.11) da A.O.A.C. (16), utilizando α -amilase de *Bacillus sp.* (Sigma®, EC 3.2.1.1) e amiloglicosidase de *Rhizopus sp.* (Sigma®, EC 3.2.1.3). 10,0 mg de amido foram dissolvidos em 0,2 mL de etanol 80%, depois 2 mL de solução de hidróxido de sódio 1,7 M foram adicionados, seguidos de 1,0 mL (1.500 unidades/mg de proteína) de α -amilase e 1,0 mL de enzima amiloglicosidase (40.000 unidades/g de sólido) diluído em tampão de acetato de sódio 660 mM pH 3,8. As amostras foram incubadas a 50 °C por 30 min e centrifugadas (10.000 \times g por 2 min) (KASVI, K14-5000M). Foi realizada a dosagem do amido, quantificando-se a glicose liberada no processo, conforme metodologia proposta por Miller (17). O teor de amilose dos amidos foi medido usando um kit comercial de ensaio de amilose/amilopectina (Megazyme, K-AMYL 06/18), com base na precipitação de concanavalina A.

Capacidade de absorção de água

A determinação da capacidade de absorção de água seguiu o método de Beuchat (18), onde foi utilizado 1 g de amido com 10 ml de água destilada. A suspensão foi homogeneizada por 30 segundos e deixada em repouso por 30 minutos. Em seguida, as amostras foram centrifugadas (KASVI, K14-5000M) por 15 min a 2000 \times g.

Capacidade de absorção de óleo

Foi feita a combinação de 1 g de JRS com 10 mL de óleo de girassol em tubos de centrifugação. As amostras foram mantidas a 24 °C, agitadas manualmente durante 5 min e depois centrifugadas (KASVI, K14-5000M) a 15 000 \times g durante 15 min. Após esse processo, houve a retirada e pesagem do excesso de óleo (18).

Índice de absorção de leite integral e zero lactose

O amido (2,5 g) foi adicionado a 30 mL de leite à temperatura de 25 \pm 2 °C durante 30 min e depois centrifugada em 2000 \times g durante 15 min (KASVI, K14-5000M). Logo após o processo de centrifugação houve a transferência do sobrenadante para uma placa de Petri

de massa conhecida. O índice de absorção do leite, que corresponde a massa do gel obtido após a remoção do sobrenadante (19).

Micrografia eletrônica de varredura (SEM)

O amido foi analisado por micrografia eletrônica de varredura (Shimadzu, Superscan SSX-550), em que as amostras foram dispersas uniformemente sobre a mesa de amostras na qual a fita condutora de carbono duplamente adesiva foi fixada e capturada em uma ampliação de 250x com potencial de aceleração de 15kV. O tamanho dos grânulos foi medido com o auxílio do Image J Software (disponível em <http://rsbweb.nih.gov/ij/>).

Propriedades térmicas

As propriedades térmicas do amido de arroz japônica foram determinadas usando um calorímetro de varredura diferencial (2920 Modulated DSC, TA Instruments, New Castle, Del., EUA), seguindo a metodologia de Zhu et al. (6). O amido (12 mg, base seca) e água destilada (28 mg) foram adicionados às panelas de alumínio. As amostras foram seladas e deixadas equilibrar *overnight* à temperatura ambiente. As amostras foram aquecidas a uma taxa de 10 °C min⁻¹ a partir de 20 °C até 200 °C. Uma panela vazia foi usada como referência. As temperaturas de início (T₀), pico (T_p), conclusão (T_c) e entalpia de transição (ΔH_g) foram medidas a partir dos termogramas.

Análise estatística

Os resultados foram descritos como média \pm desvio padrão. As diferenças foram avaliadas por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a um nível de significância de 5% usando o software Statistic 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do teor de amido e amilose dos amidos de arroz japônica nativo e modificados por alta pressão hidrostática (HHP) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Teores de amido e amilose dos amidos de arroz japônica modificado por HHP.

Formulações	Amido (g 100g⁻¹)	Amilose (g 100g⁻¹)
NJS	75,19 \pm 0,94 ^A	12,11 \pm 0,55 ^A
JS200	72,06 \pm 0,62 ^B	10,39 \pm 0,28 ^B
JS400	66,24 \pm 1,06 ^C	9,46 \pm 0,59 ^C
JS600	64,21 \pm 0,86 ^C	9,07 \pm 0,67 ^C

Nota: Letras sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey; NJS: amido de arroz japônica nativo sem tratamento HHP; JS200: amido de arroz japônica submetido a HHP 200 MPa/min; JS400: amido de arroz japônica submetido a HHP 400 MPa/min; JS600: amido de arroz japônica submetido a HHP 600 MPa/min

A modificação com HHP influenciou os teores de amido e amilose, mostrando eficiência na alteração das macromoléculas que compõem o amido. Foi observado que a pressão acima de 400 MPa/min não apresentou diferença significativa quando comparado ao de 600 MPa/min, o que indica que pressões em 200 e 400 MPa/min são suficientes para quebrar as cadeias de amido e amilose do JRS. O teor de amilose para os grãos de arroz japônica podem variar de 6,59 – 24,38% (6), valores que destacam o arroz japônica de outras cultivares da mesma espécie. Na Tabela 2 são mostrados os resultados da capacidade de absorção de água, óleo, leite sem lactose e integral do amido de arroz japônica.

Tabela 2. Capacidade de absorção de água, óleo, leite sem lactose e integral.

Formulações	Absorção de água (g 100g ⁻¹)	Absorção de óleo (g 100g ⁻¹)	Absorção de leite sem lactose (g 100g ⁻¹)	Absorção de leite integral (g 100g ⁻¹)
NJS	48,88 ± 0,46 ^D	69,56 ± 0,25 ^D	43,20 ± 0,16 ^{Db}	53,19 ± 0,11 ^{Da}
JS200	64,60 ± 0,21 ^C	70,39 ± 0,28 ^C	54,39 ± 0,31 ^{Cb}	61,66 ± 0,26 ^{Ca}
JS400	69,73 ± 0,33 ^B	71,64 ± 0,22 ^B	62,62 ± 0,27 ^{Bb}	63,83 ± 0,32 ^{Ba}
JS600	72,47 ± 0,28 ^A	72,90 ± 0,36 ^A	68,95 ± 0,09 ^{Ab}	69,36 ± 0,19 ^{Aa}

Nota: Letras sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey; NJS: amido de arroz japônica nativo sem tratamento HHP; JS200: amido de arroz japônica submetido a HHP 200 MPa/min; JS400: amido de arroz japônica submetido a HHP 400 MPa/min; JS600: amido de arroz japônica submetido a HHP 600 MPa/min.

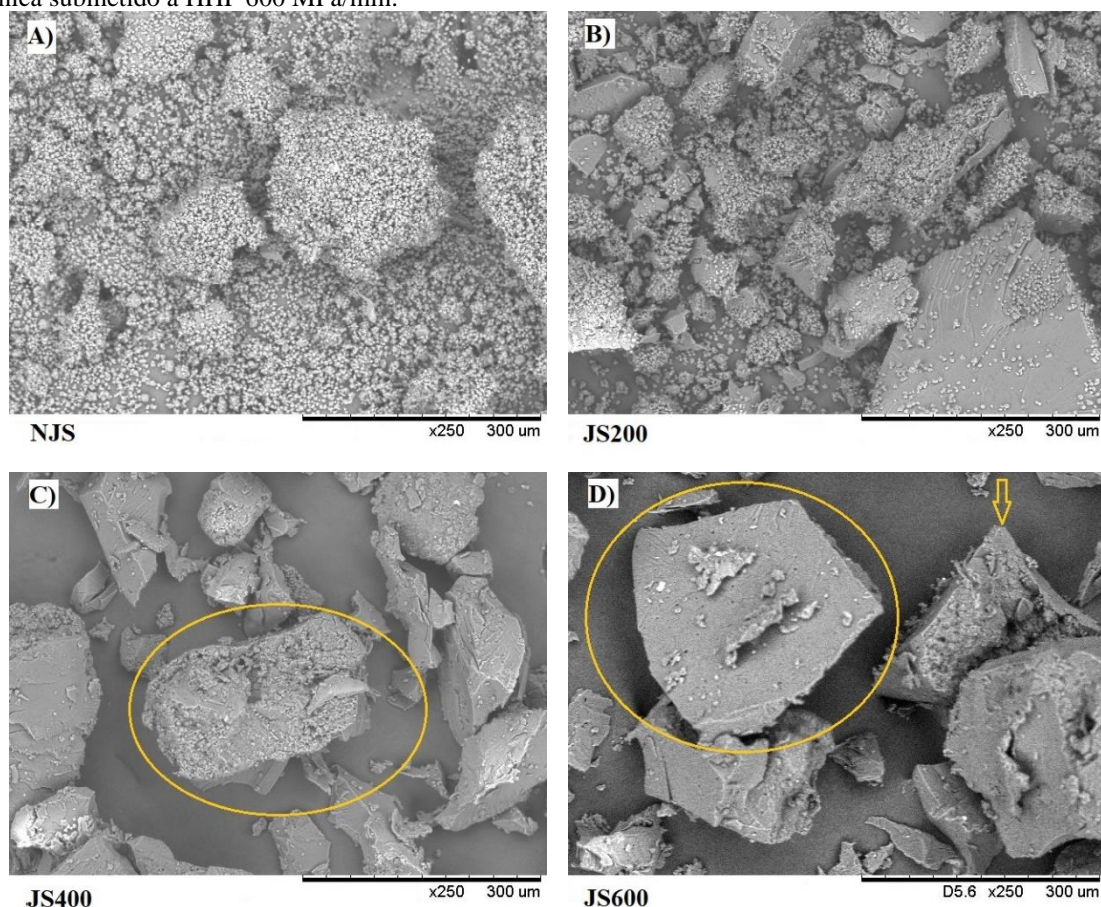
As capacidades de absorção de água, óleo, leite sem lactose e integral foram alteradas em decorrência da modificação não-térmica por HHP. É notado que os valores apresentam um acréscimo com o aumento da pressão que é aplicada no JRS, mostrando a viabilidade do amido modificado na aplicação em indústria de laticínios e para estabilizar emulsões óleo/água por apresentar dupla molhabilidade para as duas soluções (20). Os maiores valores foram encontrados para a formulação JS600 em ambos os parâmetros analisados, o que indica diferença significativa quando comparado ao amido nativo NJS.

Para Carvalho et al. (21) os amidos modificados apresentam uma maior capacidade de ligação da água, o que resulta em maior viscosidade, podendo ser justificado pela ligação de moléculas de água a grupos hidrofílicos (-OH) (22). A absorção de óleo foi superior a absorção de água para todas as formulações, confirmando o encontrado por Castro et al. (23) para o amido de pitomba. Wang et al. (24) obtiveram o valor de 73 e 74% para absorção de óleo para os amidos de trigo e mandioca, respectivamente, valores estes superiores ao encontrado para NJS e próximos a JS600.

Quando comparado às absorções de leite, é notado que a absorção de leite integral é maior para todas as formulações, o que confirma a disponibilidade dos amidos modificados em se ligar as moléculas de gordura presente no leite integral, destaque para JS600. Almeida et al. (25) obtiveram valores de 47 g 100g⁻¹ para a absorção de óleo para o amido de arroz vermelho nativo e de 50 g 100g⁻¹ para a absorção de leite integral, valores estes inferiores ao encontrado para o NJS.

Na Figura 1 são apresentadas as imagens do amido nativo e dos modificados por HHP com ampliação de 250x.

Figure 1. Micrografias eletrônica de varreduras dos amidos de arroz japônica modificado por HHP: A) NJS: amido nativo de arroz japônica sem tratamento com HHP, B) JS200: amido de arroz japônica submetido a HHP 200 MPa/min, C) JS400: amido de arroz japônica submetido a HHP 400 MPa/min e D) JS600: amido de arroz japônica submetido a HHP 600 MPa/min.



Os grânulos de amido do arroz japônica apresentaram morfologia poligonal para a NJS, enquanto para as formulações modificadas por HHP, o formato é mais irregular, apresentando cavidades no caso de JS400 (Figura 1C) e JS600 (Figura 1D). O mesmo formato foi identificado por Almeida et al. (25) e Ramos et al. (26) para o amido de arroz vermelho, onde foi descrito que para amidos de arroz a geometria pode ser classificada como poligonal ou poliédrica. Para Hu et al. (27), a maioria dos grânulos do amido nativo manteve sua integridade, e apresentou diferença para os grânulos modificados por HHP. Wang et al. (28) notou a aparência de sulcos nas superfícies do amido de arroz tratado por HHP a 20%.

As faces dos grânulos JS600 são mais planas e lisas em decorrência do tratamento não-térmico que influenciou o diâmetro médio dos grânulos (Tabela 3), no qual mesmo após a etapa de moagem, esse parâmetro apresentou diferença significativa quando comparada a NJS.

Tabela 3. Diâmetro médio das partículas de amido de arroz japônica nativo e submetido nas diferentes pressões.

Formulações	Diâmetro médio (µm)
-------------	---------------------

NJS	$3,93 \pm 2,10^D$
JS200	$42,86 \pm 21,69^C$
JS400	$58,14 \pm 23,15^B$
JS600	$66,69 \pm 30,09^A$

Nota: Letras sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey; NJS: amido de arroz japônica nativo sem tratamento HHP; JS200: amido de arroz japônica submetido a HHP 200 MPa/min; JS400: amido de arroz japônica submetido a HHP 400 MPa/min; JS600: amido de arroz japônica submetido a HHP 600 MPa/min.

O diâmetro médio dos grânulos de NJS foi de 3.93 μm , tamanho este dentro da faixa encontrada por Zeng et al. (29) para o amido de arroz ceroso 3–8 μm . Para Li et al. (2004), este resultado sugeriu inchamento granular irregular nas direções radial e tangencial. Para Guo et al. (30) os grânulos de amido apresentaram tendência à agregação, indicando a ocorrência de gelatinização, quando aplicada uma pressão de 600 MPa. É perceptível que quanto maior a pressão aplicada nas pastas de amido, maior será o aglomerado dos grânulos, fazendo com que a resistência mecânica aumente, destaque para JS600 que obteve o valor de 66.69 μm . Isso foi confirmado por Zeng et al. (29), no qual afirmaram que pressões baixas não são suficientes para romper a estrutura do amido, apenas acima de 400-500 MPa, que as rachaduras aparecem juntamente com a aparência rugosa na superfície.

Segundo Wu et al. (31), o tamanho e a forma dos grânulos influenciam as propriedades físico-químicas e a digestibilidade dos amidos. Para Colussi et al. (32) o tratamento HHP resultou em grânulos agregados e pequenas imperfeições foram observadas na superfície do amido de batata. Zhang et al. (33) observaram que após 30 min de HHP os grânulos de amido de aveia começaram a inchar e deformar, chegando ao valor máximo de 109 μm , indicando a gelatinização da amostra, onde a superfície dos grânulos apresentou aspereza com regiões gelatinosas.

O tratamento HHP resultou em uma estrutura compacta com cavidades, fissuras e buracos na superfície, em decorrência das fortes interações entre as cadeias de amilose e amilopectina (34). Esse aumento do diâmetro pode ser justificado pois a região amorfa absorveu água e inchou, resultando em maiores grânulos de amido, que por sua vez levaram à colagem e adesão dos grânulos (35). Na Tabela 4 são apresentados os valores das temperaturas e da entalpia de gelatinização dos amidos de arroz Japônica após a modificação por HHP.

Tabela 4. Propriedades térmicas do amido modificado por HHP de arroz japônica.

Formulações	T₀ (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J g⁻¹)
NJS	$60,92 \pm 0,48^D$	$77,26 \pm 0,11^A$	$82,31 \pm 0,21^A$	$14,30 \pm 0,16^A$
JS200	$64,38 \pm 0,32^C$	$76,01 \pm 0,25^B$	$80,61 \pm 0,54^B$	$14,49 \pm 0,21^A$
JS400	$70,43 \pm 0,21^B$	$72,59 \pm 0,36^C$	$79,47 \pm 0,23^C$	$11,29 \pm 0,12^B$
JS600	$71,13 \pm 0,19^A$	$67,04 \pm 0,22^D$	$71,74 \pm 0,14^D$	$9,70 \pm 0,39^C$

Nota: Letras sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey; NJS: amido de arroz japonês nativo sem tratamento HHP; JS200: amido de arroz japônica submetido a HHP 200 MPa/min; JS400: amido de arroz japônica submetido a HHP 400

MPa/min; JS600: amido de arroz japônica submetido a HHP 600 MPa/min; Temperaturas de início (T_0), pico (T_p), conclusão (T_c) e entalpia de transição (ΔH_g)

O valor de T_0 para ambas as formulações foram superiores a $70\text{ }^\circ\text{C}$, indicando uma alta resistência térmica. Os amidos modificados por HHP, apresentaram maiores valores de T_0 , o que indica que é necessária uma maior temperatura para o início da gelatinização destes amidos, destaque para JS600 ($60,92\text{ }^\circ\text{C}$). A farinha de arroz japônica obteve um menor valor de T_0 variando de $54,25 - 62,78\text{ }^\circ\text{C}$ (36).

Colussi et al. (32) observaram aumento da temperatura de início (T_0), indicando que os cristalitos com menor temperatura de fusão são mais sensíveis ao HHP, enquanto que a temperatura de pico (T_p) e temperatura de conclusão (T_c) foram reduzidas, o mesmo foi encontrado no presente estudo. Para Hu et al. (36) o tratamento HHP retardou a retrogradação do amido de arroz, este processo está diretamente relacionado ao teor de amilose e às origens do amido. Para Guo et al. (30) foi observada uma redução nos valores da temperatura de (T_0 , T_p e T_c) dependente da pressão aplicada na HHP, onde isso indicou uma redução na termoestabilidade do amido.

A entalpia de gelatinização ΔH variou de $14,49$ a $9,70\text{ J g}^{-1}$, as maiores diferenças foram observadas para JS400 e JS600. A diminuição de ΔH indica que uma menor energia foi necessária para romper os grânulos, podendo ser atribuída à gelatinização parcial da amilose e amilopectina, onde gera uma ruptura das duplas hélices nas lamelas cristalinas/amorfas (37). Guo et al. (30) observaram a redução do ΔH por HHP em decorrência da presença de mais ligações de hidrogênio intermoleculares. Segundo Karunaratne & Fan, (38), os polifenóis presentes no amido de arroz interagiram com as cadeias de amido durante a gelatinização, tornando as cadeias menos suscetíveis a interagir consigo mesmas para reordenação, o que contribuiu para a redução do ΔH .

CONCLUSÕES

As condições de tratamento com HHP influenciaram no aumento dos valores de absorção de água, óleo e leite do JRS, destaque para JS600. A análise do SEM mostrou que os grânulos de NJS apresentaram morfologia poligonal; no entanto, com o aumento da pressão, os grânulos apresentaram rachaduras na superfície e aumento no tamanho das partículas. O amido modificado apresentou menores temperaturas de gelatinização, mostrando que menos energia é necessária para gelatinizar o amido, em decorrência da quebra das cadeias de amilose e amilopectina. Portanto, os resultados do presente estudo mostraram que a aplicação de HHP a 600 MPa/min é um método não térmico eficiente para modificação JRS, de baixo custo e que segue os padrões da química verde, que visa a redução do uso de reagente tóxicos ao meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio a este estudo e pela bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS





1. BNB – Banco do Nordeste do Brasil. Arroz: Produção e Mercado. Ano 6, Nº 156, Março, 2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/698/1/2021_CDS_156.pdf. Acessado em: 25/01/ 2023.

2. USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Production, Supply and Distribution (PSD) on line. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>. Acesso em: 27 nov. 2022.
3. Goebel, J. T. S., Kaur, L., Colussi, R., Elias, M. C., & Singh, J. (2019). Microstructure of indica and japônica rice influences their starch digestibility: A study using a human digestion simulator. *Food Hydrocolloids*, 94, 191-198. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.038>.
4. Nakamura, S., Cui, J., Zhang, X., Yang, F., Xu, XM, Sheng, H., & Ohtsubo, K. (2016). Comparison of eating quality and physicochemical properties between Japanese and Chinese rice cultivars. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 80, 2437-2449. <https://doi.org/10.1080/09168451.2016.1220823>.
5. Zhao, Q., Xi, J., Xu, D. Jin, Y., Wu, F., Tong, Q., & Xu, X. (2022). Effect of optimal-water boiling cooking on the volatile compounds in 26 Japônica rice varieties from China. *Food Research International*, 155, 111078. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111078>.
6. Zhu, Y., Xu, D., Chen, X., Ma, Z., Ma, H., Zhang, M., Liu, G., Wei, H., & Zhang, H. (2022). Quality characteristics of semi-glutinous japônica rice cultivated in the middle and lower reaches of the Yangtze River in China. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102, 3712-3723. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11718>.
7. Zhang, H., Yu, C., Hou, D., Liu, H., Zhang, H., Tao, R., Cai, H., Gu, J., Liu, L., Zhang, Z., Wang Z., & Yang, J. (2018). Changes in mineral elements and starch quality of grains during the improvement of japônica rice cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 122-133. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8446>.
8. Yi, X., & Li, C. (2022). Main controllers for improving the resistant starch content in cooked white rice. *Food Hydrocolloids*, 122, 107083. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107083>.
9. Almeida, R. L. J., Dos Santos Pereira, T., De Andrade Freire, V., Santiago, Â. M., Oliveira, H. M. L., De Sousa Conrado, L., & De Gusmão, R. P. (2019). Influence of enzymatic hydrolysis on the properties of red rice starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 1210-1219. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.072>.
10. Almeida, R. L. J., Santos, N. C., Padilha, C. E., Monteiro, S. S., & dos Santos, E. S. (2021). Impact of hydrothermal pretreatments on physicochemical characteristics and drying kinetics of starch from red rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5), e15448. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15448>.
11. Maniglia, B. C., Lima, D. C., Matta Junior, M. D., Le-Bail, P., Le-Bail, A., & Augusto, P. E. D. (2020). Preparation of cassava starch hydrogels for application in 3D printing using dry heating treatment (DHT): A prospective study on the effects of DHT and gelatinization conditions. *Food Research International*, 128, 108803. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108803>.
12. Chien, H. I., Lee, Y. C., Yen, Y. F., Wei, P. C., Hwang, C. C., Kuo, C. H., ... & Tsai, Y. H. (2023). Replacing the Addition of Sulfite in Mustard Pickle Products by High-Hydrostatic-Pressure Processing to Delay Quality Deterioration during Storage. *Foods*, 12(2), 317. <https://doi.org/10.3390/foods12020317>
13. Dominguez-Ayala, J. E., Soler, A., Mendez-Montevalvo, G., & Velazquez, G. (2022). Supramolecular structure and technofunctional properties of starch modified by high

- hydrostatic pressure (HHP): A review. *Carbohydrate Polymers*, 291, 119609. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119609>.
14. Almeida, R. L. J., Santos, N. C., de Alcântara Ribeiro, V. H., de Alcântara Silva, V. M., de Sousa Muniz, C. E., de Almeida Silva, R., de Almeida Mota, M. M. (2021). Modelagem matemática aplicada a cinética de secagem da pasta de amido de feijão preto. *Research, Society and Development*, 10(1), e37710111921-e37710111921. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11921>.
 15. Tian, Y., Li, D., Zhao, J., Xu, X., & Jin, Z. (2014). Effect of high hydrostatic pressure (HHP) on slowly digestible properties of rice starches. *Food Chemistry*, 152, 225-229. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.162>.
 16. A.O.A.C. (2000). Official methods of analysis of the AOAC International. Association of Analytical Communities.
 17. Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugars. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426-428. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>.
 18. Beuchat, L. R. (1977). Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25(2), 258-261.
 19. Anderson, R. A. (1969). Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. *Cereal Science Today*, 14, 4-12.
 20. Adebowale, K. O., Olu-Owolabi, B. I., Kehinde Olawumi, E., & Lawal, O. S. (2005). Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus artilis*) starch. *Industrial Crops and Products*, 21(3), 343-351. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.05.002>.
 21. Carvalho, R. V., Ascheri, J.R.A., & Cal-Vidal, J. (2002). Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets (3 g) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. *Ciências Agrotécnicas*, 26(5), 1006-1018.
 22. Fiorda, F. A., Soares Júnior, M. S., Silva, F. A. D., Souto, L. R. F., Grossmann, M. V. E. (2013). Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 43. 408-416. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000400005>.
 23. Castro, D. S., Moreira, I. S., Silva, L. M. M., Lima, J. P., Silva, W. P., Gomes, J. P., Figueirêdo, R. M. F. (2018). Isolation and characterization of starch from pitomba endocarp. *Food Research International*. 124, 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.032>.
 24. Wang, M., Bai, X., Jiang, Y., Lang, S., Yu, L. (2019). Preparation and characterization of low oil absorption starch via freeze-thawing. *Carbohydrate Polymers*. 211, 266-271. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.020>.
 25. Almeida, R. L. J., Dos Santos Pereira, T., Almeida, R. D., Santiago, Â. M., Marsiglia, W. I. M. L., Nabeshima, E. H., De Sousa Conrado, L., De Gusmão, R. P. (2021a) Rheological and technological characterization of red rice modified starch and jaboricaba peel powder mixtures. *Scientific Reports*. 11, 9284. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88627-4>.
 26. Ramos, A. H., Rockenbach, B. A., Ferreira, C. D., Gutkoski, L. C., De Oliveira, M. (2019). Characteristics of flour and starch isolated from red rice subjected to different drying conditions. *Starch-Stärke*, 71, 1800257. <https://doi.org/10.1002/star.201800257>.
 27. Hu, X., Xu, X., Jin, Z., Tian, Y., Bai, Y., & Xie, Z. (2011). Retrogradation properties of rice starch gelatinized by heat and high hydrostatic pressure (HHP). *Journal of*

- Food Engineering, 106(3), 262-266.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.021>.
28. Wang, C., Xue, Y., Yousaf, L., Hu, J., & Shen, Q. (2020b). Effects of high hydrostatic pressure on the ordered structure including double helices and V-type single helices of rice starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 144, 1034-1042. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.180>.
 29. Zeng, F., Li, T., Gao, Q., Liu, B., & Yu, S. (2018). Physicochemical properties and in vitro digestibility of high hydrostatic pressure treated waxy rice starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 1030-1038. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.121>.
 30. Guo, Z., Zhao, B., Chen, J., Chen, L., & Zheng, B. (2019). Insight into the characterization and digestion of lotus seed starch-tea polyphenol complexes prepared under high hydrostatic pressure. *Food Chemistry*, 297, 124992. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124992>.
 31. Wu, G., Morris, C. F., & Murphy, K. M. (2017). Quinoa starch characteristics and their correlations with the texture profile analysis (TPA) of cooked quinoa. *Journal of Food Science*, 82(10), 2387-2395. Doi: 10.1111/1750-3841.13848.
 32. Colussi, R., Kringel, D., Kaur, L., da Rosa Zavareze, E., Dias, A. R. G., & Singh, J. (2020). Dual modification of potato starch: Effects of heat-moisture and high pressure treatments on starch structure and functionalities. *Food Chemistry*, 318, 126475. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126475>.
 33. Zhang, J., Zhang, M., Bai, X., Zhang, Y., & Wang, C. (2022). The impact of high hydrostatic pressure treatment time on the structure, gelatinization, thermal properties and in vitro digestibility of oat starch. *Grain & Oil Science and Technology*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaost.2022.01.002>.
 34. Liu, H., Guo, X., Li, Y., Li, H., Fan, H., & Wang, M. (2016b). In vitro digestibility and changes in physicochemical and textural properties of tartary buckwheat starch under high hydrostatic pressure. *Journal of Food Engineering*, 189, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.015>.
 35. Błaszczak, W., Bidzińska, E., Dyrek, K., Fornal, J., & Wenda, E. (2008). Effect of high hydrostatic pressure on the formation of radicals in maize starches with different amylose content. *Carbohydrate Polymers*, 74(4), 914-921. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.carbpol.2008.05.014>.
 36. Hu, X., Xu, X., Jin, Z., Tian, Y., Bai, Y., & Xie, Z. (2011). Retrogradation properties of rice starch gelatinized by heat and high hydrostatic pressure (HHP). *Journal of Food Engineering*, 106(3), 262-266. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.021>.
 37. Zavareze, E. R., & Dias, A. R. G. (2011). Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A review. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 317-328. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.064>.
 38. Karunaratne, R., & Zhu, F. (2016). Physicochemical interactions of maize starch with ferulic acid. *Food Chemistry*, 199, 372-379. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.033>.

Capítulo 7**Doi.org/10.53934/9786585062060-07****INFLUÊNCIA DOS PRÉ-TRATAMENTOS HIDROTÉRMICOS E DA TEMPERATURA DE SECAGEM NO RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO, COR, VISCOSIDADE APARENTE E PROPRIEDADES TÉRMICAS DO AMIDO DE FEIJÃO VERMELHO**

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva *; Raphael Lucas Jacinto Almeida  ;
Newton Carlos Santos ; Victor Herbert de Alcântara Ribeiro ;
Raniza de Oliveira Carvalho ; Soraya Alves de Morais 

* Email: virginia.m.alcantara@gmail.com

Resumo: O amido é frequentemente submetido a tratamento de desnaturação para melhorar suas propriedades úteis e eliminar suas deficiências. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência dos pré-tratamentos hidrotérmicos (TPH) nos grãos e no amido, e da temperatura de secagem no rendimento de extração, parâmetros de cor, viscosidade aparente e propriedades térmicas. Os TPH escolhidos incluem os processos de cozimento e autoclave e foram aplicados nos grãos e no amido de feijão vermelho. Para obtenção do amido em pó, as pastas de amido foram secas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C em um forno elétrico com 1200W. Os amidos obtidos foram analisados quanto ao rendimento de extração, cor, viscosidade aparente e propriedades térmicas. Foi observado rendimento de extração >30%, e os maiores valores foram encontrados para os tratamentos submetidos a 70 °C, com destaque para o amido submetido ao cozimento (SC). Em relação aos parâmetros de cor, percebeu-se redução na luminosidade quando o TPH foi aplicado no amido (SA e SC). A viscosidade aparente e as propriedades térmicas foram influenciadas positivamente pela aplicação dos TPH. A modificação do amido usando TPH resulta em novas funções e características de valor agregado exigidas pela indústria, e o TPH tem potencial para produzir amido com novas funções.

Palavras-chave: processamento térmico; modificação hidrotermal; propriedades funcionais; *Phaseolus vulgaris* L.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento básico muito consumido em países em desenvolvimento, sendo bastante utilizado como alternativa à proteína animal (1). O Brasil é um dos maiores países produtores dessa leguminosa no mundo, atrás apenas do Myanmar e da Índia (2), tendo como os principais tipos: o feijão carioca, o preto e os de cores, dentre eles o branco, o roxo e o vermelho (3). O grão vermelho é rico em proteínas (22,1%) e carboidratos (64,8%), majoritariamente na forma de amido, sendo uma importante fonte de energia para os seres humanos (4).

Antes do consumo, os grãos de feijão precisam ser processados sendo de interesse científico saber como diferentes métodos de preparação podem modificar seus componentes nutricionais. Os métodos domésticos mais comuns para o processamento de leguminosas incluem divisão (descasque), imersão, germinação, fervura e cozimento, sob pressão (5). O processamento e as técnicas de cocção podem promover mudanças estruturais e composicionais dentro da matriz do feijão que podem modificar as propriedades de seus componentes (6), especialmente do amido.

O amido é um material útil para vários processos industriais, mas sua aplicação na forma nativa é limitada devido à baixa capacidade de fluxo, baixa transparência da pasta, suscetibilidade à retrogradação, altas temperaturas de gelatinização, rápida degradação enzimática, alta turbidez do gel e teor de água (7). Para superar essas limitações inerentes, o amido deve ser modificado, a fim de melhorar suas propriedades funcionais para fins industriais específicos. Na literatura, métodos químicos, físicos e enzimáticos têm sido usados para modificar amidos (8). Os amidos fisicamente modificados têm diversas aplicações industriais com propriedades específicas; no entanto, o grau de modificação do amido a ser usado em alimentos é limitado pela legislação (9). Os grãos de feijão e amidos secos podem ser usados como ingredientes no desenvolvimento de produtos alimentícios (10).

A secagem é uma forma física de modificação do amido que envolve uma reação entre o material e o agente secante sob condições controladas. Para garantir a estabilidade microbiana e demanda dos consumidores de feijão durante a entressafra, os grãos são secos antes da comercialização. Uma secagem lenta e inadequada dos grãos e do amido pode levar ao crescimento de microrganismos durante o armazenamento de feijão, causando perda econômica (11).

Vários estudos têm se concentrado nos efeitos de diferentes métodos de processamento do amido, porém não foi encontrada na literatura nenhuma ênfase atribuída ao efeito dos métodos de cozimento convencional e por autoclave no amido de grãos vermelhos de *Phaseolus vulgaris* L. cultivados no Brasil (12). Masato et al. (6) avaliaram o tratamento de secagem ao ar aplicado ao amido gelatinizado, mas não verificaram o efeito nas propriedades termodinâmicas e tecnológica do amido. Portanto, este estudo tem como objetivo avaliar a influência dos tratamentos hidrotérmicos (autoclave e cozimento) nos grãos e no amido, e da temperatura de secagem no rendimento de extração, parâmetros de cor, viscosidade aparente e propriedades térmicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima (amostragem)

Os grãos de feijão vermelho foram adquiridos de empresas locais na cidade de Natal (Rio Grande do Norte, Brasil), e posteriormente encaminhados ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) para seleção e remoção de impurezas. As amostras foram armazenadas em temperatura ambiente (25 ± 2 °C) até a etapa de extração.

Pré-tratamentos hidrotérmicos aplicados aos grãos de feijão vermelho

As modificações estruturais do feijão vermelho foram observadas por meio dos pré-tratamentos propostos por Almeida et al. (8). Para isso, os grãos foram submetidos a autoclave à temperatura de 120 °C e pressão de 1.08 bar e ao cozimento em água fervente a 100 °C, sendo identificados como SGA (autoclave). O tempo nominal de cozimento foi definido como o tempo em que a temperatura desejada foi atingida e mantida constante (10 min), sendo identificados como SGC (cozimento). Uma vez que todos os grãos passaram por processos hidrotérmicos, ocorreu a extração alcalina do amido. Os grãos que não foram submetidos ao processo hidrotérmico foram considerados como nativo (NS).

Extração do amido dos grãos de feijão vermelho

O amido foi extraído pelo método descrito por Bento et al. (13) com adaptações de acordo com Almeida et al. (8). O feijão vermelho foi inicialmente imerso em solução de metabissulfito de sódio (0,5%) na proporção 1:2 (p/v) por 72 horas a uma temperatura de 7 °C. Em seguida, os grãos de feijão vermelho foram triturados juntamente com água destilada na proporção de 1:2 (p/v) em liquidificador industrial (modelo KM42A, KOHLBACH) por 5 minutos e posteriormente filtrados em malha de organza para obtenção da suspensão de amido. O resíduo foi novamente triturado e filtrado quatro vezes para aumentar o rendimento da extração. A suspensão de amido passou por peneira de malha 32 e foi decantada cinco vezes com intervalos de 12 horas em refrigerador doméstico a 7 °C para evitar ação enzimática ou fermentativa durante o processo de sedimentação.

Pré-tratamentos hidrotérmicos aplicados após extração do amido

Os pré-tratamentos hidrotérmicos de autoclave e cocção também foram aplicados ao amido de NS, conforme descrito por Almeida et al. (8). O amido foi submetido a pré-tratamento em autoclave (SA) à temperatura de 120 °C e pressão de 1.08 bar, enquanto o cozimento do amido (SC) foi conduzido a uma temperatura de 100 °C e pressão de 1 bar, ambos com tempo nominal de 10 min.

Secagem das pastas de amido

Os amidos obtidos de feijão vermelho foram colocados em bandejas de aço inoxidável e espalhados uniformemente para obter uma espessura de 5 mm. A secagem foi realizada em forno elétrico de 1200 W (Semp Easy, modelo FO3015PR2) com dimensões 25 x 41,5 x 32,2 cm. As temperaturas de secagem utilizadas foram 50, 60 e 70 °C, sendo a temperatura controlada por termostato. Essas temperaturas foram determinadas de acordo com as condições propostas por Almeida et al. (14). Os amidos em pó foram armazenados em embalagens laminadas com fecho zip lock em temperatura ambiente (25 ± 2 °C).

Rendimento de extração

O rendimento do processo de extração de amido foi calculado de acordo com a Equação 1.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{M_s}{M_g} \times 100 \quad (1)$$

Onde: MS sendo a massa de amido obtida em base seca; MG, sendo a massa de grãos de feijão em base seca (g).

Análise de cor

A cor do amido foi medida usando a escala de cores CIELAB (Delta Vista[®], Brasil) (L*, a*, b*). Os valores de cor foram registrados pela média dos valores de cinco fotografias, onde os parâmetros variam de L* = brilho (0 = preto, 100 = branco), a* (-a* = verde, +a* = vermelho) e b* (-b* = azul, +b* = amarelo).

Determinação da viscosidade aparente

A viscosidade aparente foi determinada usando um viscosímetro Brookfield (RVDV-II + PRO Brookfield, Middleboro, MA). A suspensão de amido (10%) foi acompanhada durante 2 min a 25 °C e, em seguida a viscosidade aparente foi medida a 100 rpm min⁻¹ por 1 min usando um fuso número 1 (15).

Propriedades térmicas

As propriedades térmicas do feijão vermelho foram determinadas usando um calorímetro de varredura diferencial (2920 Modulated DSC, TA Instruments, New Castle, Del., EUA), seguindo a metodologia de Zhu et al. (16). O amido (12 mg, base seca) e água destilada (28 mg) foram adicionados as panelas de alumínio. As amostras foram seladas e deixadas equilibrar overnight à temperatura ambiente. As amostras foram aquecidas a uma taxa de 10 °C min⁻¹ a partir de 20 °C até 200 °C. Uma panela vazia foi usada como referência. As temperaturas de início (T₀), pico (T_p), conclusão (T_c) e entalpia de transição (ΔH_g) foram medidas a partir dos termogramas.

Análise estatística

Os resultados foram descritos como média \pm desvio padrão. As diferenças foram avaliadas por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a um nível de significância de 5% usando o software Statistic 7.0 (Stasoft, Tulsa, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados de rendimento de extração do amido de feijão vermelho pré-tratado hidrotêrmicamente.

Tabela 1 – Rendimento do processo de extração do amido de feijão vermelho nativo e submetidos aos diferentes pré-tratamentos hidrotêrmicos.

Pré-tratamentos	Temperatura (°C)		
	50	60	70
NS	49,28 ± 2,02 ^{Ba}	55,71 ± 1,03 ^{Aa}	57,14 ± 1,12 ^{Aa}
SGA	31,42 ± 1,01 ^{Ce}	36,54 ± 3,05 ^{Bd}	44,28 ± 2,04 ^{Ad}
SGC	43,57 ± 1,07 ^{Cc}	47,14 ± 2,11 ^{Bc}	52,11 ± 2,22 ^{Ac}
SA	35,71 ± 1,13 ^{Cd}	45,89 ± 1,99 ^{Bc}	51,42 ± 2,08 ^{Ac}
SC	45,69 ± 0,95 ^{Cb}	51,89 ± 0,69 ^{Bb}	54,28 ± 1,37 ^{Ab}

Nota: Letras maiúsculas iguais sobrescritas na mesma linha não apresenta diferença significativa para a mesma formulação nas 3 diferentes temperaturas no nível de probabilidade de ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey; Letras minúsculas iguais sobrescritas na mesma coluna não apresenta diferença significativa para as formulações na mesma temperatura no nível de probabilidade de ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. NS: amido nativo; SGA: amido de grãos submetidos a autoclave; SGC: amido de grãos submetidos a cozimento, AS: amido submetido a autoclave e SC: amido submetido a cozimento.

O rendimento da extração do amido também é afetado de acordo com o pré-tratamento a que o grão ou amido é submetido ($p < 0,05$). O maior valor encontrado foi para o amido nativo (NS), seguido pelos tratamentos SC e SGC, o que indica que para o tratamento térmico de cozimento as perdas durante a extração do amido são minimizadas. Para Li et al. (17) o maior rendimento proveniente do amido cozido é causado pela menor lixiviação da amilopectina em comparação com autoclavagem. Além disso, Nascimento et al. (18) afirmam que as condições de temperatura e pressão utilizadas na autoclave para reduzir amido em glicose são severas a ponto de provocar a degradação de parte da glicose.

Temperaturas de secagem mais elevadas contribuíram para obtenção de valores mais altos do rendimento de extração, com destaque para os tratamentos submetidos a 70 °C. Infere-se que a redução no tempo de secagem promove uma menor lixiviação dos componentes do amido, sendo outro fator significativo para o aumento do rendimento observado. Para todos os tratamentos estudados, observa-se que o rendimento da extração do amido foi superior a 30%.

A Tabela 2 apresenta os resultados dos parâmetros cor do amido de feijão vermelho pré-tratado hidrotêrmicamente.

Tabela 2 – Parâmetros de cor dos amidos de feijão vermelho nativo e submetidos aos diferentes pré-tratamentos hidrotêrmicos.

Pré-tratamentos	Temperatura (°C)	Cor		
		L*	a*	b*
NS	50	57,71 ± 0,88 ^{Abcd}	1,98 ± 0,16 ^{Ad}	10,54 ± 0,33 ^{Ab}

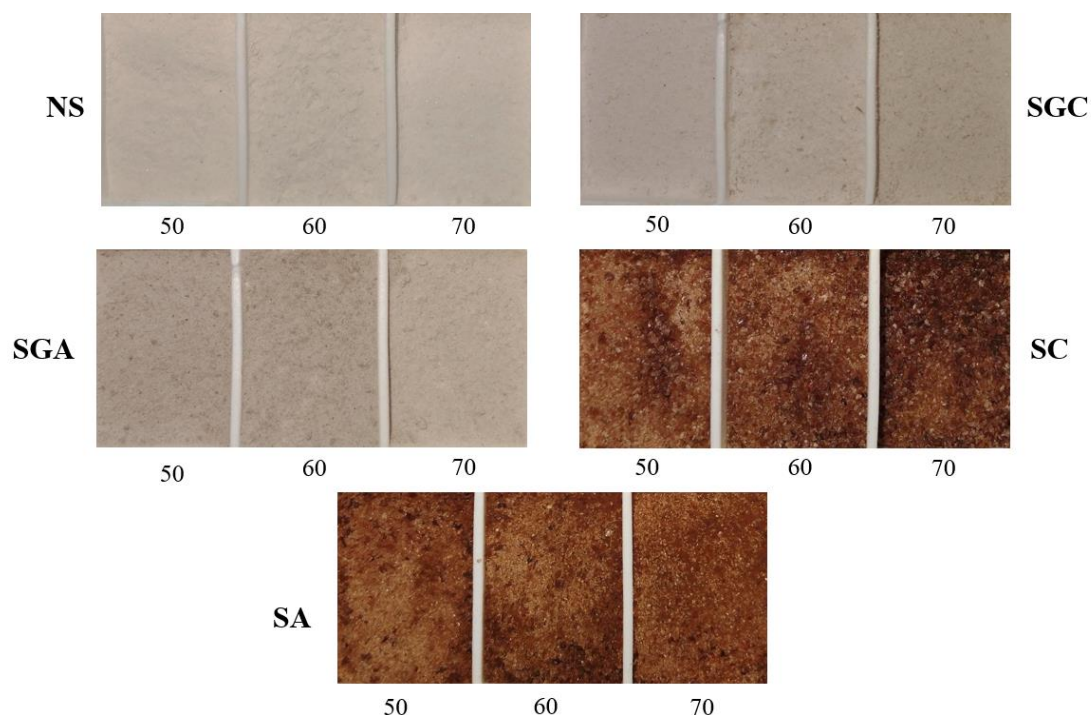
	60	56,22 ± 1,02 ^{Bd}	1,96 ± 0,05 ^{Ade}	10,93 ± 0,10 ^{Ab}
	70	59,02 ± 0,75 ^{Abcd}	0,72 ± 0,21 ^{Bc}	10,02 ± 0,46 ^{Bb}
SGA	50	59,92 ± 0,73 ^{Ababcd}	2,74 ± 0,47 ^{Ade}	7,42 ± 0,84 ^{Cc}
	60	61,57 ± 1,03 ^{Aab}	1,96 ± 0,15 ^{Bde}	9,46 ± 0,63 ^{Bbc}
	70	58,32 ± 1,29 ^{Bbcd}	1,91 ± 0,17 ^{Bde}	11,08 ± 0,57 ^{Ab}
SGC	50	59,05 ± 0,28 ^{Bbcd}	4,24 ± 0,41 ^{Ad}	10,02 ± 0,13 ^{Bb}
	60	60,41 ± 1,88 ^{Babc}	4,21 ± 0,42 ^{Ad}	10,15 ± 0,37 ^{Abb}
	70	63,44 ± 1,09 ^{Aa}	3,32 ± 0,17 ^{Bd}	10,86 ± 0,54 ^{Ab}
AS	50	31,71 ± 1,42 ^{Ae}	14,38 ± 1,14 ^{Aa}	21,57 ± 0,87 ^{Aa}
	60	13,36 ± 2,37 ^{Bg}	15,34 ± 0,61 ^{Aa}	21,83 ± 1,61 ^{Aa}
	70	14,48 ± 1,51 ^{Bg}	10,71 ± 1,06 ^{Bc}	20,12 ± 1,31 ^{Aa}
SC	50	30,76 ± 0,81 ^{Ae}	11,26 ± 1,31 ^{Bbc}	20,32 ± 0,98 ^{Aa}
	60	20,43 ± 0,25 ^{Bf}	14,23 ± 1,45 ^{Aa}	20,36 ± 0,89 ^{Aa}
	70	21,03 ± 1,30 ^{Bf}	13,73 ± 1,73 ^{Bab}	19,55 ± 1,21 ^{Aa}

Nota: Letras maiúsculas iguais sobrescritas na mesma coluna não apresenta diferença significativa para a mesma formulação em 3 temperaturas no nível de probabilidade de ($p < 0.05$) pelo teste de Tukey; Letras minúsculas iguais sobrescritas na mesma coluna não apresenta diferença significativa para as formulações na mesma temperatura no nível de probabilidade de ($p < 0.05$) pelo teste de Tukey. NS: amido nativo; SGA: amido de grãos submetidos a autoclave; SGC: amido de grãos submetidos a cozimento, AS: amido submetido a autoclave e SC: amido submetido a cozimento.

Quando comparado ao SN, a maior diferença de cor para o parâmetro (L^*) foi encontrada para os TPH aplicados aos grãos (SGC e SGA), destaque para 70 °C em SGC que obteve o valor de 63,44. É perceptível a redução na luminosidade quando o TPH foi aplicado no amido (AS e SC). Liu et al. (19) estudaram o amido isolado de inhame chinês e encontraram altos valores de cor (L^*) que indicaram que a secagem teve um efeito negativo nas características da cor; brilho reduzido (L^*) e coordenadas cromáticas aumentadas (a^*) e (b^*) de amido. Elias et al. (20) afirmaram que o tratamento com calor úmido e pressão, quando aplicado por muito tempo, pode causar aumento na incidência de grãos danificados e intensificação da coloração escura, como mostrado na Figura 1,

onde são apresentados os aspectos visuais dos amidos submetidos aos processos hidrotérmicos e nativo.

Figura 1. Aspecto visual de amidos de feijão em decorrência dos processos hidrotérmicos TPH



Nota: NS: amido nativo; SGA: amido de grãos submetidos a autoclave; SGC: amido de grãos submetidos a cozimento, AS: amido submetido a autoclave e SC: amido submetido a cozimento.

Os amidos submetidos aos TPH (AS e SC) apresentaram aumento nos parâmetros (a^*) e (b^*), o mesmo observado por Ashwar et al. (21) para amido de arroz Jehlum nativo e autoclavado. Almeida et al. (8) observaram que os amidos de arroz vermelho submetidos a autoclave e ao cozimento apresentaram uma cor mais intensa em decorrência do binômio tempo/temperatura durante o pré-tratamento. Isso foi observado por Molavi et al. (22), no qual visualizaram um aumento na vermelhidão dos amidos submetidos a tratamentos térmicos.

Não há muitas informações sobre os efeitos dos tratamentos hidrotérmicos na cor do amido. Andrade et al. (23) mostraram que o tratamento de calor e umidade não alterou visualmente a cor do amido de mandioca, mas com o uso da espectroscopia de refletância, uma ligeira mudança para amarelo (b^*) foi observada. A Tabela 3 apresenta os valores da viscosidade aparente das pastas de amido de feijão vermelho pré-tratados hidrotérmicamente.

Tabela 3 – Viscosidade aparente das pastas de amido de feijão vermelho nativo e submetidos aos diferentes pré-tratamentos hidrotérmicos.

Pré-tratamentos	Temperatura (°C)		
	50	60	70
NS	$8,38 \pm 0,21^{Aa}$	$8,22 \pm 0,41^{Aa}$	$8,16 \pm 0,26^{Aa}$
SGA	$17,44 \pm 0,11^{Ab}$	$17,19 \pm 0,27^{Ab}$	$17,01 \pm 0,33^{Ab}$
SGC	$15,14 \pm 0,14^{Ad}$	$15,22 \pm 0,21^{Ad}$	$15,19 \pm 0,11^{Ad}$

AS	11,35 ± 0,13 ^{Ab}	11,22 ± 0,18 ^{Ab}	11,20 ± 0,15 ^{Ab}
SC	9,71 ± 0,11 ^{Ac}	9,68 ± 0,13 ^{Ac}	9,59 ± 0,19 ^{Ac}

Nota: Letras maiúsculas iguais sobrescritas na mesma linha não apresenta diferença significativa para a mesma formulação nas 3 diferentes temperaturas no nível de probabilidade de (p<0.05) pelo teste de Tukey; Letras minúsculas iguais sobrescritas na mesma coluna não apresenta diferença significativa para as formulações na mesma temperatura no nível de probabilidade de (p<0.05) pelo teste de Tukey. NS: amido nativo; SGA: amido de grãos submetidos a autoclave; SGC: amido de grãos submetidos a cozimento, AS: amido submetido a autoclave e SC: amido submetido a cozimento.

A viscosidade aparente dos amidos aumentou dependendo do método de TPH (autoclave ou cozimento) aplicado, onde a formulação SGA apresentou os maiores valores (17,01 a 17,44 cP), o que indica que a aplicação de calor acima de 100 °C por meio de vapor supersaturado nos grãos de feijão vermelho é mais viável para o aumento da viscosidade, seguido do tratamento de cozimento SGC. Segundo Hagenimana et al. (24), os maiores valores de viscosidade aparente foram associados a uma alta proporção de amido não gelatinizado, enquanto os menores valores foram relacionados à degradação e gelatinização mais consideráveis do amido. Esta degradação é geralmente atribuída à despolimerização e emaranhamento molecular resultante da modificação do amido (25). Kim et al. (15) observaram aumento na viscosidade aparente em decorrência da cross-linked no amido de batata.

A temperatura de secagem não influenciou a viscosidade da pasta, enquanto a aplicação dos TPH modificaram esse parâmetro, como observado na Tabela 3. O que sugere que um aumento na mobilidade das moléculas nos grânulos em alta temperatura tornou possível a formação de estruturas mais estáveis (26). Geralmente, a contribuição para a interação intermolecular na formação final de gel da mistura depende de dois fatores principais: (1) a concentração apropriada e (2) efeito sinérgico intermolecular, que é afetado pela conformação molecular, peso molecular e estrutura do amido (27).

Os resultados da análise de DSC são apresentados na Tabela 4 para os parâmetros: temperatura de início da gelatinização (T₀), temperatura de pico (T_p), temperatura de conclusão (T_c) e entalpia de gelatinização (ΔH_g).

Tabela 4. Resultado das propriedades térmicas do amido de feijão vermelho submetidos aos diferentes pré-tratamentos hidrotérmicos.

Pré-tratamentos	Temperatura (°C)	Temperatura inicial T ₀ (°C)	Temperatura de pico T _p (°C)	Temperatura de conclusão T _c (°C)	ΔH _g (Entalpia de gelatinização) (J g ⁻¹)
NS	50	58,69 ± 0,09 ^{Aa}	64,81 ± 0,11 ^{Aa}	67,96 ± 0,11 ^{Aa}	5,41 ± 0,15 ^{Ac}
	60	58,42 ± 0,11 ^{Ba}	64,11 ± 0,15 ^{Ba}	67,48 ± 0,15 ^{Ba}	5,33 ± 0,11 ^{Ae}
	70	58,11 ± 0,12 ^{Ca}	63,76 ± 0,16 ^{Cab}	67,34 ± 0,12 ^{Ca}	5,12 ± 0,19 ^{Ad}
SGA	50	55,22 ± 0,13 ^{Ad}	62,14 ± 0,16 ^{Ae}	66,68 ± 0,18 ^{Ad}	5,72 ± 0,20 ^{Ac}
	60	55,09 ± 0,12 ^{Ae}	62,05 ± 0,12 ^{Ad}	66,41 ± 0,19 ^{Ad}	5,68 ± 0,08 ^{Ad}

	70	54,92 ± 0,16 ^{Ad}	61,83 ± 0,09 ^{Bd}	66,11 ± 0,12 ^{Bd}	5,55 ± 0,15 ^{Ac}
	50	56,41 ± 0,16 ^{Ac}	63,69 ± 0,11 ^{Ad}	66,91 ± 0,16 ^{AcD}	6,11 ± 0,21 ^{Ab}
SGC	60	56,22 ± 0,20 ^{Ad}	63,51 ± 0,08 ^{Ac}	66,77 ± 0,15 ^{Ac}	6,05 ± 0,10 ^{Ab}
	70	56,01 ± 0,11 ^{Bc}	63,29 ± 0,09 ^{Bc}	66,51 ± 0,11 ^{Bc}	6,01 ± 0,08 ^{Ab}
	50	58,21 ± 0,22 ^{Ab}	64,09 ± 0,11 ^{Ac}	67,21 ± 0,18 ^{Ab}	6,56 ± 0,12 ^{Aa}
SA	60	58,01 ± 0,11 ^{Ab}	63,85 ± 0,12 ^{Ab}	67,05 ± 0,11 ^{Ab}	6,42 ± 0,15 ^{Aa}
	70	57,88 ± 0,16 ^{Aa}	63,50 ± 0,16 ^{Bbc}	66,98 ± 0,17 ^{Aab}	6,36 ± 0,11 ^{Aa}
	50	57,98 ± 0,18 ^{Ab}	64,41 ± 0,13 ^{Ab}	67,17 ± 0,11 ^{Ac}	5,95 ± 0,13 ^{Abc}
SC	60	57,67 ± 0,20 ^{ABc}	64,29 ± 0,12 ^{Aa}	66,93 ± 0,17 ^{ABbc}	5,89 ± 0,11 ^{Ac}
	70	57,39 ± 0,09 ^{Bb}	64,11 ± 0,19 ^{Aa}	66,76 ± 0,19 ^{Bbc}	5,72 ± 0,09 ^{Ac}

Nota: Letras maiúsculas iguais sobrescritas na mesma coluna não apresenta diferença significativa para a mesma formulação em 3 temperaturas no nível de probabilidade de ($p < 0.05$) pelo teste de Tukey; Letras minúsculas iguais sobrescritas na mesma coluna não apresenta diferença significativa para as formulações na mesma temperatura no nível de probabilidade de ($p < 0.05$) pelo teste de Tukey. NS: amido nativo; SGA: amido de grãos submetidos a autoclave; SGC: amido de grãos submetidos a cozimento, AS: amido submetido a autoclave e SC: amido submetido a cozimento.

A temperatura inicial e de conclusão foram maiores para o amido NS em todas as temperaturas quando comparados com os amidos que foram submetidos aos TPH. A alta temperatura de gelatinização do amido está relacionada à estrutura da cadeia do grânulo de amido (28).

O valor de T0 diminuiu significativamente em relação à temperatura de secagem e a aplicação dos TPH, exceto para SGA (50-70 °C), destaque para o menor valor 54,92 °C para 70SGA. A T0 está relacionada principalmente à região amorfa do grânulo de amido, enquanto a região cristalina é o principal fator que modifica o valor de Tp (29). A temperatura inicial (T0) pode ser atribuída à gelatinização dos cristalitos menos estáveis (30). Quando o amido é aquecido na presença de água, a água começa a interromper e criar mobilidade dentro das cadeias de amilopectina que compreendem a fração cristalina. Após a fusão dos cristalitos menos estáveis, as restrições para a penetração de água são removidas e, assim os restantes das cadeias de amilopectina começam a gelatinizar (31).

Foi observado que tanto a temperatura de secagem como a aplicação do TPH modificaram os parâmetros térmicos do amido de feijão vermelho. De acordo com o estudo realizado por Ramos et al. (32), as temperaturas de gelatinização foram modificadas em relação ao método e à temperatura de secagem, onde a elevação da temperatura resultou na diminuição dos valores de Tp, Tc e ΔH_g . Uma redução desses parâmetros geralmente significa que menos energia é necessária para que o evento ocorra, onde é frequentemente atribuído ao menor conteúdo de dupla hélice (amilopectina), o que resulta na estrutura do cristalino menos ordenada (7).

A entalpia de gelatinização (ΔH) representa a energia necessária para a separação da estrutura de dupla hélice durante a gelatinização (33). De acordo com os valores de entalpia encontrados, o amido do feijão vermelho nativo (NS) requer pouca energia para o intumescimento do grânulo (5,12 a 5,41 J g⁻¹) quando comparado aos amidos TPH. Portanto, a redução da entalpia de gelatinização reflete a presença de menos material

cristalino para gelatinizar e perdas na ordem molecular. Este parâmetro depende do tamanho e forma dos grânulos, do grau de cristalinidade, da relação amido/água e da disponibilidade de água (34).

CONCLUSÕES

Os pré-tratamentos hidrotérmicos com autoclave e cozimentos foram utilizados com sucesso para modificar amido de feijão vermelho. A combinação de diferentes temperaturas de secagem com os TPH apresentou redução máxima no tempo de secagem de 480 min para SA a 50 °C. Independente da rota aplicada para modificação do amido, o rendimento de extração foi superior a 30% para todos os casos. Em relação aos parâmetros de cor, percebeu-se que redução na luminosidade quando o TPH foi aplicado no amido (SA e SC). A viscosidade aparente não foi influenciada pelo aumento da temperatura de secagem, e sim pelos pré-tratamentos aplicados, no qual, a formulação SGA apresentou os maiores valores, sendo a condição mais viável para o aumento da viscosidade. O amido nativo apresentou maiores temperaturas de início e de conclusão, no entanto, a entalpia de gelatinização foi maior para as formulações AS. Com a aplicação dos pré-tratamentos foi possível economizar energia, reduzir os danos térmicos e modificar as características térmicas e tecnológicas amido. De acordo com Pérez-Rodríguez, Belščak-Cvitanović e Karlović (2021), a modificação do amido tem sido uma área de interesse para diversos setores industriais. Os resultados aqui apresentados são consistentes com estudos anteriores, como o trabalho de Sands (1995), que também apontou a importância dos pré-tratamentos térmicos na modificação do amido. Além dos pré-tratamentos hidrotérmicos avaliados, existem outras opções de tratamentos disponíveis, como tratamentos enzimáticos, químicos e físicos. Tais tratamentos podem ser explorados em pesquisas futuras para ampliar as opções de modificação do amido e suas propriedades funcionais (Pérez-Rodríguez et al., 2021). As pesquisas realizadas nesta área têm demonstrado a efetividade dos pré-tratamentos térmicos na obtenção de amido com novas funcionalidades e atributos de valor agregado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio a este estudo e pela bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS



1. Lee, E. J., & Hong, G. P. (2023). Effect of the double heating cycle on the thermal gelling properties of vicilin fractions from soy, mung bean, red bean and their mixture with soy glycinin. *Food Hydrocolloids*, 137, 108370. Doi: 10.1016/j.foodhyd.2022.108370
2. FAOSTAT. Crops. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 10/01/2023.
3. BNB. Produção de Grãos – Feijão, Milho e Soja. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/3585904/graos_33-2018.pdf/ed76744b-3ae6-ef50-43f2-f4e72c457f10. Acesso em: 05/02/2023.

4. Honda, Y., Saito, Y., Mishima, T., Katsumi, N., Matsumoto, K., Enomoto, T., & Miwa, S. Characterization of physicochemical and digestive properties of starches from various “dainagon” adzuki beans (*Vigna angularis*) cultivated in Japan. (2020) *International Journal of Biological Macromolecules*, 148, 1021-1028. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.01.145.
5. Corzo-Ríos, L. J., Sánchez-Chino, X. M., Cardador-Martínez, A., Martínez-Herrera, J., & Jiménez-Martínez, C. (2020). Effect of cooking on nutritional and non-nutritional compounds in two species of *Phaseolus* (*P. vulgaris* and *P. coccineus*) cultivated in Mexico. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 100206. Doi: 10.1016/j.ijgfs.2020.100206.
6. Masato, O., Kentaro, M., Tatsuro, M., Akio, F., Yukako, H., & Yasuki, M. Effects of drying temperature on the properties of starch in pasta (2021). *LWT - Food Science and Technology*, 145, 111171. Doi: 10.1016/j.lwt.2021.111171.
7. Almeida, R. L. J., Dos Santos Pereira, T., De Andrade Freire, V., Santiago, Â. M., Oliveira, H. M. L., De Sousa Conrado, L., & De Gusmão, R. P. (2019). Influence of enzymatic hydrolysis on the properties of red rice starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 1210-1219. Doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.09.072.
8. Almeida, R. L. J., Santos, N. C., Padilha, C. E., Monteiro, S. S., & dos Santos, E. S. (2021). Impact of hydrothermal pre-treatments on physicochemical characteristics and drying kinetics of starch from red rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, e15448. Doi: 10.1111/jfpp.15448.
9. Orm, R. B., Júri, V., Falourd, X., Boillereaux, L., Guihard, L., & Le-Bail, A. (2021). Impacts of the baking heating rate on the water mobility, starch microstructure and mechanical properties of degassed crumb during staling. *Journal of Cereal Science*, 100, 103228. Doi: 10.1016/j.jcs.2021.103228.
10. Sarker, A., Chakraborty, S., & Roy, M. (2020). Dark red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein hydrolysates inhibit the growth of oxidizing substances in plain yogurt. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 10006. Doi: 10.1016/j.jafr.2020.100062.
11. Belmiro, R. H., Tribst, A. A. L., & Cristianini, M. (2018). Application of high-pressure homogenization on gums. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 2060-2069. Doi: 10.1002/jsfa.8695.
12. Lin, T., O'Keefe, S., Duncan, S., & Fernández-Fraguas, C. (2020). Manipulation of the dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) matrix by hydrothermal and high-pressure treatments: Impact on in vitro bile salt-binding ability. *Food Chemistry*, 125699. Doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125699.
13. Bento, J. A. C., Ferreira, K. C., Oliveira, A. L. M., Lião, L. M., Caliari, M., & Júnior, M. S. S. (2019). Extraction, characterization and technological properties of white garland-lily starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 422–428. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.05.141.
14. Almeida, R. L. J., Santos, N. C., de Alcântara Ribeiro, V. H., de Alcântara Silva, V. M., de Sousa Muniz, C. E., de Almeida Silva, R., & de Almeida Mota, M. M. (2021b). Modelagem matemática aplicada a cinética de secagem da pasta de amido de feijão preto. *Research, Society and Development*, 10(1), e37710111921-e37710111921. Doi: 10.33448/rsd-v10i1.11921.
15. Kim, H. Y., Oh, S. M., Bae, J. E., Yeom, J. H., Kim, B. Y., Kim, H. S., & Baik, M. Y. (2017). Preparation and characterization of amorphous granular potato

- starches (AGPS) and cross-linked amorphous granular potato starches (CLAGPS). *Carbohydrate Polymers*, 178, 41-47. Doi: 10.1016/j.carbpol.2017.09.020.
16. Zhu, D., Zhang, H., Guo, B., Xu, K., Dai, Q., & Wei, C. (2016). Physicochemical properties of indica-japonica hybrid rice starch from Chinese varieties. *Food Hydrocolloids*, 63, 356–363. Doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.09.013.
 17. Li, H., Lu, L., Yu, W., Li, H., & Gilbert, R. (2019). Autoclaved rice: The textural property and its relation to starch leaching and the molecular structure of leached starch. *Food Chemistry*, 183, 199-205. Doi: 10.1016/j.foodchem.2019.01.030.
 18. Nascimento, M. V. F., Vicente, J., Silva, F. O. M., & LÃ, O. R. (2016). Otimização da hidrólise ácida de amido por ultrassom e refluxo. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 34, 37-44.
 19. Liu, X. X., Liu, H. M., Fan, L. Y., Qin, G. Y., & Wang, X. D. (2020). Effect of various drying pre-treatments on the structural and functional properties of starch isolated from Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thumb.). *International Journal of Biological Macromolecules*, 153, 1299-1309. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.10.265.
 20. Elias, M. C., Oliveira, M., & Vanier, N. L. (2015). Qualidade de arroz na pós-colheita e na agroindústria: análise, conservação e tipificação. *Pelotas: Santa Cruz*, 1, 221.
 21. Ashwar, B. A., Gani, A., Wani, I. A., Shah, A., Masoodi, F. A., & Saxena, D.C. (2016). Production of resistant starch from rice by dual autoclaving-retrogradation treatment: In vitro digestibility, thermal and structural characterization. *Food Hydrocolloids*, 56, 108-117. Doi: 10.1016/j.foodhyd.2015.12.004.
 22. Molavi, H., Razavi, S. M. A., & Farhoosh, R. (2018). Impact of hydrothermal modifications on the physicochemical, morphology, crystallinity, pasting and thermal properties of acorn starch. *Food Chemistry*, 245, 385-393. Doi:10.1016/j.foodchem.2017.10.117.
 23. Andrade, M. M. P., de Oliveira, C. S., Colman, T. A. D., da Costa, F. J.O. G., & Schnitzler, E. (2014). Effects of heat–moisture treatment on inorganic cassava starch. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 115(3), 2115–2122. Doi: 10.1007/s10973-013-3159-3.
 24. Hagenimana, A., Ding, X., & Fang, T. (2006). Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, 43(1), 38-46. Doi: 10.1016/j.jcs.2005.09.003.
 25. Almeida, R. L. J., Dos Santos Pereira, T., Almeida, R. D., Santiago, Â. M., Marsiglia, W. I. M. L., Nabeshima, E. H., De Sousa Conrado, L., & De Gusmão, R. P. (2021) Rheological and Technological characterization of red rice modified starch and jaboticaba peel powder mixtures. *Scientific Reports*, 11, 9284. Doi: 10.1038/s41598-021-88627-4.
 26. Yeum, J. H., Choi, H. W., Kim, H. Y., Oh, S. M., Bae, J. E., Ye, S. J., & Baik, M. Y. (2021). Effect of hydrothermal treatment on physicochemical properties of amorphous granular potato starch (AGPS). *International Journal of Biological Macromolecules*, 168, 816-822. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.11.145.
 27. Ma, Y. S., Pan, Y., Xie, Q. T., Li, X. M., Zhang, B., & Chen, H. Q. (2019). Evaluation studies on effects of pectin with different concentrations on the pasting, rheological and digestibility properties of corn starch. *Food Chemistry*, 274, 319-323. Doi: 10.1016/j.foodchem.2018.09.005.

28. Chel-Guerrero, L., Barbosa-Martín, E., Martínez-Antonio, A., González-Mondragon, E., & Betancur-Ancona, D. (2016). Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 86, 302-308. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.01.052;
29. Cao, M., & Gao, Q. (2020). Effect of dual modification with ultrasonic and electric field on potato starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 637-643. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.02.008.
30. Evans, I. D., & Haisman, D. R. (1982). The effect of solutes on the gelatinization temperature range of potato starch. *Starch-Stärke*, 34(7), 224-231. Doi: 10.1002/star.19820340704.
31. Ferreira, S., Araujo, T., Souza, N., Rodrigues, L., Lisboa, H. M., Pasquali, M., & Rocha, A. P. (2019). Physicochemical, morphological and antioxidant properties of spray-dried mango kernel starch. *Journal of Agriculture and Food Research*, 1, 100012. Doi: 10.1016/j.jafr.2019.100012.
32. Ramos, A. H., Rockenbach, B. A., Ferreira, C. D., Gutkoski, L. C., & de Oliveira, M. (2019). Characteristics of flour and starch isolated from red rice subjected to different drying conditions. *Starch-Stärke*, 71(7-8), 1800257. Doi: 10.1002/star.201800257.
33. Piecyk, M., Drużyńska, B., Worobiej, E., Wołosiak, R., & Ostrowska-Ligęza, E. (2013). Effect of hydrothermal treatment of runner bean (*Phaseolus coccineus*) seeds and starch isolation on starch digestibility. *Food Research International*, 50, 428-437. Doi:10.1016/j.foodres.2012.11.003.
34. Alvani, K., Qi, X., Tester, R. F., & Snape, C. E. (2011). Physico-chemical properties of potato starches. *Food Chemistry*, 125(3), 958-965. Doi: 10.1016/j.foodchem.2010.09.088.
35. Sands, R. L. (1995). Starch modification: challenges and prospects. *Starch-Stärke*, 47(9), 303-309.
36. Pérez-Rodríguez, N., Belščak-Cvitanović, A., & Karlović, S. (2021). Recent Advances in Starch Modification Technologies for Food and Industrial Applications. *Foods*, 10(5), 1014.

Capítulo 8**Doi.org/10.53934/9786585062060-08****AMIDO DE ARROZ VERMELHO MODIFICADO POR CAMPO ELÉTRICO PULSADO: DIFRAÇÃO DE RAIOS-X, MORFOLOGIA E PROPRIEDADES DE COLAGEM**

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva *; Raphael Lucas Jacinto Almeida ;
Newton Carlos Santos ; Victor Herbert de Alcântara Ribeiro ;
Raniza de Oliveira Carvalho ; Soraya Alves de Moraes 

* Email: virginia.m.alcantara@gmail.com

Resumo: O tratamento com campos elétrico pulsado (PEF) pode ser usado para modificar e melhorar as características de amidos. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o impacto do PEF nas propriedades estruturais, morfológica e reológicas do amido de arroz vermelho. As pastas de amido com 5 mm de espessura foram submetidas ao PEF a 10 e 30 kV cm⁻¹ com frequência de pulso de 600 Hz por 90 s. O PEF foi responsável por diminuir a cristalinidade, devido aos danos causados durante o processamento. A análise morfológica da superfície das pastas apresentou cavidade e rachaduras e com o aumento da intensidade do PEF foi notado grânulos mais volumosos. Os valores para os parâmetros reológicos foram diminuídos, mostrando o efeito dos tratamentos nas cadeias de amilopectina. Portanto com base nos resultados, a modificação não-térmica do amido de arroz vermelho por PEF a 30 kV cm⁻¹ é a formulação mais adequada para obtenção de um novo material com características otimizadas.

Palavras-chave: modificação não-térmica; viscosidade; cristalinidade; eletroporação

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo, por ser uma excelente fonte de carboidratos e proteínas, bem como de lipídios, minerais e vitaminas (1). Os grãos pigmentados são encontrados com diversas colorações de pericarpo, dentre elas a vermelha que é rica em compostos fenólicos (2). A pigmentação do arroz vermelho é conferida pelas proantocianidinas, constituintes bioativos que exibem propriedades biológicas benéficas, incluindo forte atividade antioxidante (3). Na forma de farinha e de amido, o arroz vermelho pode ser empregado para enriquecimento e desenvolvimento de alimentos sem glúten, saudáveis e funcionais (4).

O amido de arroz vermelho corresponde a aproximadamente 60% do grão integral, sendo de diâmetro pequenos, em torno de 5 µm, de formato poliédrico, padrão de difração tipo A, cristalinidade relativa de aproximadamente 20%, com teores de amilose e amilopectina de aproximadamente 18 e 64% (5). No entanto, amidos nativos apresentam limitações tecnológicas (6). Assim, há um crescente interesse em modificar suas estruturas para melhorar as propriedades e aumentar sua aplicação, essa mudança pode ser realizada por meio de processos químicos, físicos e/ou biológicos (7).

O campo elétrico pulsado (PEF) é um dos métodos físicos emergentes mais promissores para melhorar a eficiência de vários processos da indústria de alimentos (8). Tem como diferencial a modificação do amido através da química verde e inúmeras vantagens de fabricação, como ecologicamente correto, custo-benefício e economia de energia (9). O tratamento envolve a aplicação de pulsos de campo elétrico em tecidos vegetais colocados entre dois eletrodos, causando a permeabilização não apenas da membrana celular (10), mas também de vacúolos celulares (11), onde alguns metabólitos estão contidos.

Foi verificado por Pereira et al. (12) que o aumento da intensidade dos parâmetros de tratamento do PEF poderia induzir maior eletroporação ou mais danos nos tecidos vegetais. Aplicação do PEF em alimentos sólidos é favorável à industrialização em larga escala por oferecer benefícios durante o transporte e pré-tratamento (13). O campo elétrico pulsado (PEF) tem aplicação na esterilização de produtos, inativação de enzimas e amaciamento da carne devido ao ligeiro aumento da temperatura nos alimentos (14). Além dessas aplicações, pode modificar as propriedades tecnológicas de biomacromoléculas, como polissacarídeos (amido) e proteínas (15).

Resultados do estudo anterior Almeida et al. (16) relataram que a aplicação de PEF como tratamento de pré-secagem influenciou as propriedades térmicas do amido de arroz vermelho, reduzindo as temperaturas de gelatinização e entalpia. O PEF também foi responsável por modificar as propriedades da pasta (17), e as propriedades físico-químicas (18) do amido de batata, respectivamente. Para Maniglia et al. (19) o PEF foi fundamental para a modificação da estrutura e da funcionalidade do amido de trigo e mandioca para uso em impressoras 3D. Estudos recentes mostraram que quando aplicado no amido o PEF tem o poder de modificar a conformação, microestrutura, diâmetro do grânulo, propriedades texturais e reológicas, solubilidade, poder de inchamento, susceptibilidade enzimática e estabilidade térmica (20).

O PEF demonstrou ter a capacidade de: (i) potencializar a extração de bioativos do arroz integral e promover a citotoxicidade contra células cancerígenas do cólon (21); (ii) melhorar a aparência, textura e elasticidade de macarrão com amido tratado (22); (iii) afetar significativamente a textura do arroz cozido; (iv) alterar a composição dos compostos voláteis do arroz; (v) aumentar a hidrólise do amido (23); (vi) melhorar significativamente sua digestibilidade, gelatinização e textura (24). Esses resultados implicam que o tratamento com PEF induz mudanças estruturais no amido de arroz e merecem que mais cada vez mais pesquisas sejam realizadas para que essas mudanças sejam compreendidas. Portanto, objetivou-se com este estudo analisar o efeito do PEF 10 e 30 kV cm⁻¹ nas propriedades estruturais, morfológica e reológicas do amido de arroz vermelho (*Oryza sativa*).

MATERIAL E MÉTODOS

Extração do amido e tratamento com campo elétrico pulsado (PEF)

O amido foi extraído dos grãos pelo método descrito por Almeida et al. (25) usando a solução de metabissulfito de sódio 0.5%. O amido de arroz vermelho 40 g com umidade de 85% foi colocado na câmara de tratamento PEF (Diversified Technology Inc., Bedford) e aplicados os pulsos elétricos de intensidade de 10 e 30 kV cm⁻¹ (PEF10 e PEF30). A distância dos eletrodos foi de 1,0 cm, com frequência de pulso de 600 Hz,

largura de 6 μs e tempo de residência de 90 s (26). A secagem das pastas de amido após o tratamento com PEF foi feito a 50 °C na velocidade de 1.0 m s⁻¹ em estufa de circulação (MARCONI, MA048, Brasil), onde a pasta foi previamente colocada em placas de alumínio com espessura 5 mm de amostra (16).

Difração de raios-X (XDR)

Os padrões cristalográficos de raios X do amido foram determinados por um difratômetro de raios X (Bruker, Karlsruhe, Germany) equipado com radiação Cu-K α ($\lambda = 0,1544$ nm) a 40mA e 40kV. A varredura foi realizada no passo de 0.02°, com tempo de contagem de 2 segundos do 10° ao 35° em temperatura ambiente. A cristalinidade das amostras foi determinada segundo a Equação (1):

$$IC(\%) = \frac{A_c}{A_t} \times 100 \quad (1)$$

Onde: IC é o índice de cristalinidade, Ac é a área cristalina abaixo dos picos e At é a área total.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Os géis dos amidos antes da secagem foram analisados por micrografia eletrônica de varredura (MEV) (VEGA3 TESCAM, Massachusetts, EUA), no qual foram cobertas com uma fina camada de ouro e capturados com um aumento de 3000x com potencial de aceleração de 10kV.

Propriedades de colagem

As propriedades de colagem foram determinadas usando um Rapid Visco Analyzer 4 RVA (Newport Scientific Pty Ltd., Warriewood, Austrália). O perfil padrão STD1 fornecido com o instrumento foi utilizado com 3,5g de amido (corrigido para 14% de umidade) com 25mL de água deionizada. O perfil de temperatura foi de 1 min a 50°C, 50–95°C a uma taxa de 6 °C min⁻¹, mantendo por 2,5 min, resfriando a 50°C a uma taxa de 6°C min⁻¹ e mantendo por 1 min. O pico de viscosidade (PV), viscosidade mínima (MV), quebra de viscosidade (BD), viscosidade de recuo (SB), viscosidade final (FV) foram calculados (27).

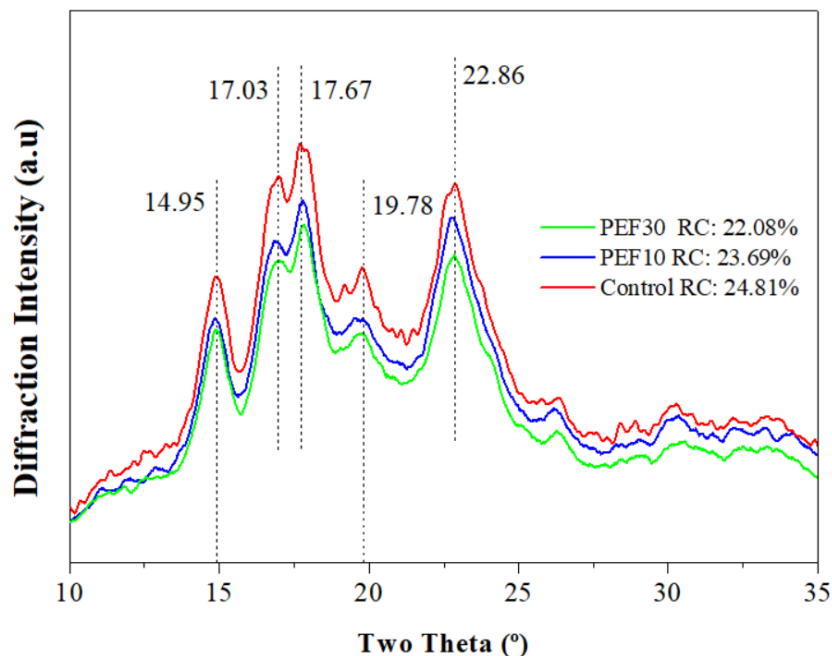
Tratamento estatístico

Os resultados foram descritos como média \pm desvio padrão. As diferenças foram avaliadas por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a um nível de significância de 5% usando o software Statistic 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os padrões cristalográficos de raios X do amido obtido nas diferentes condições.

Figura 1. Análise de difração de raios-X dos amidos modificados por PEF.



Nota: PEF: campo elétrico pulsado; PEF10: amido de arroz vermelho modificado com pulsos elétricos de intensidade de 10 kV cm^{-1} ; PEF30: amido de arroz vermelho modificado com pulsos elétricos de intensidade de 30 kV cm^{-1} .

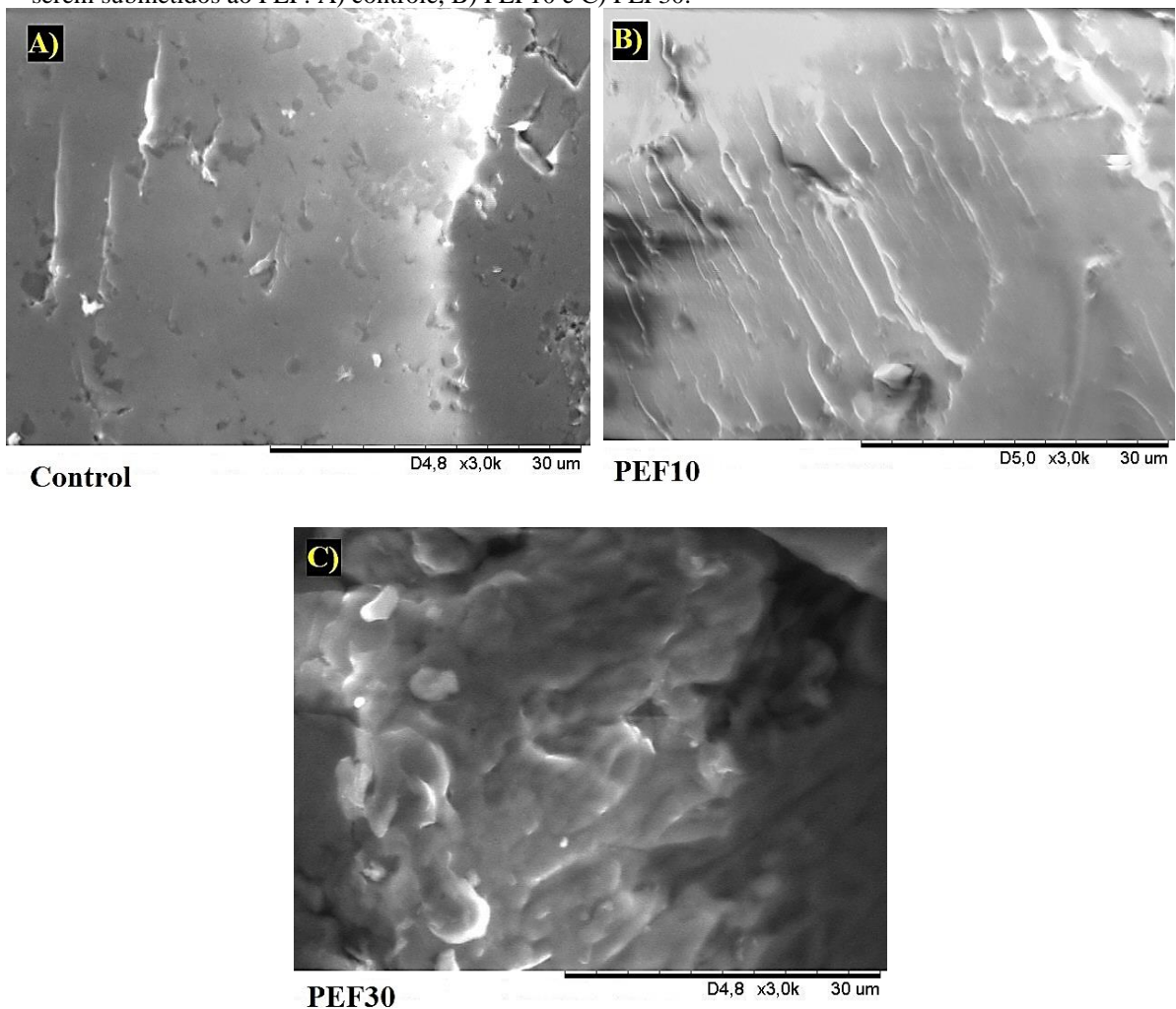
É perceptível a diferença de intensidade dos difratogramas quando comparadas as formulações, no qual controle apresentou picos mais elevados em 2θ , o que resulta em maior cristalinidade (24.81%), e o PEF foi responsável por diminuir a área cristalina dos grânulos de amido. O PEF consegue danificar a estrutura cristalina do amido de arroz, independentemente se a intensidade é alta ou baixa (28). No estudo de Bai et al. (23) com amido de arroz a cristalinidade variou de 14,70 a 15,46%, apresentando um decréscimo quando o amido foi submetido ao PEF. Segundo Cholet et al. (29) o uso do PEF foi descrito como sendo capaz de alterar a estrutura do amido. No estudo de Chen et al. (17) com o amido de batata, a cristalinidade relativa foi diminuída após o aumento na intensidade do PEF, variando de 14,6 a 23,8 %. A diminuição da cristalinidade pode ser correlacionada com o decréscimo do valor de ΔH reportado por Almeida et al. (16). Isso ocorre, pois, a energia necessária para derreter a estrutura cristalina da amilopectina e as duplas hélices da amilose foi menor após o PEF (30).

Segundo Hong et al. (22) os íons moveram-se para a superfície dos grânulos de amido pelo tratamento com PEF e ali se agregaram, após o processo a camada externa dos grânulos foi danificada e ocorreu a destruição as cadeias laterais da amilopectina, resultando em maior lixiviação da amilopectina e destruição da estrutura cristalina originalmente ordenada.

Os amidos apresentaram a cristalinidade do tipo A com picos característicos em $14,95^\circ$, $17,03^\circ$, $17,67^\circ$, $19,78^\circ$ e $22,86^\circ$ (20). Para Wang et al. (31) a cristalinidade do tipo A apresenta os picos mais elevados entre 17° e 18° com um duplete não resolvido. A

posição dos picos de difração está relacionada à estrutura de dupla hélice bem arranjada na estrutura do amido cristalino do tipo A (32). Segundo Bai et al. (23) não foi visto o surgimento de novos picos, nem deslocamento dos já existentes após a aplicação do PEF no amido de arroz. O PEF rompeu as redes de ligação das interações intermoleculares e as estruturas internas da superfície original do amido, o que ocasionou o enfraquecimento do empacotamento da estrutura de dupla hélice dos grânulos de amido (17). Como mostrado na Figura 2, às superfícies dos géis de amido mostram irregularidades que são acentuadas após a aplicação do tratamento com PEF, em especial o PEF30.

Figura 2. Imagem das microscopias eletrônicas de varredura para os géis de amido de arroz vermelho após serem submetidos ao PEF: A) controle, B) PEF10 e C) PEF30.



Nota: PEF: campo elétrico pulsado; PEF10: amido de arroz vermelho modificado com pulsos elétricos de intensidade de 10 kV cm^{-1} ; PEF30: amido de arroz vermelho modificado com pulsos elétricos de intensidade de 30 kV cm^{-1} .

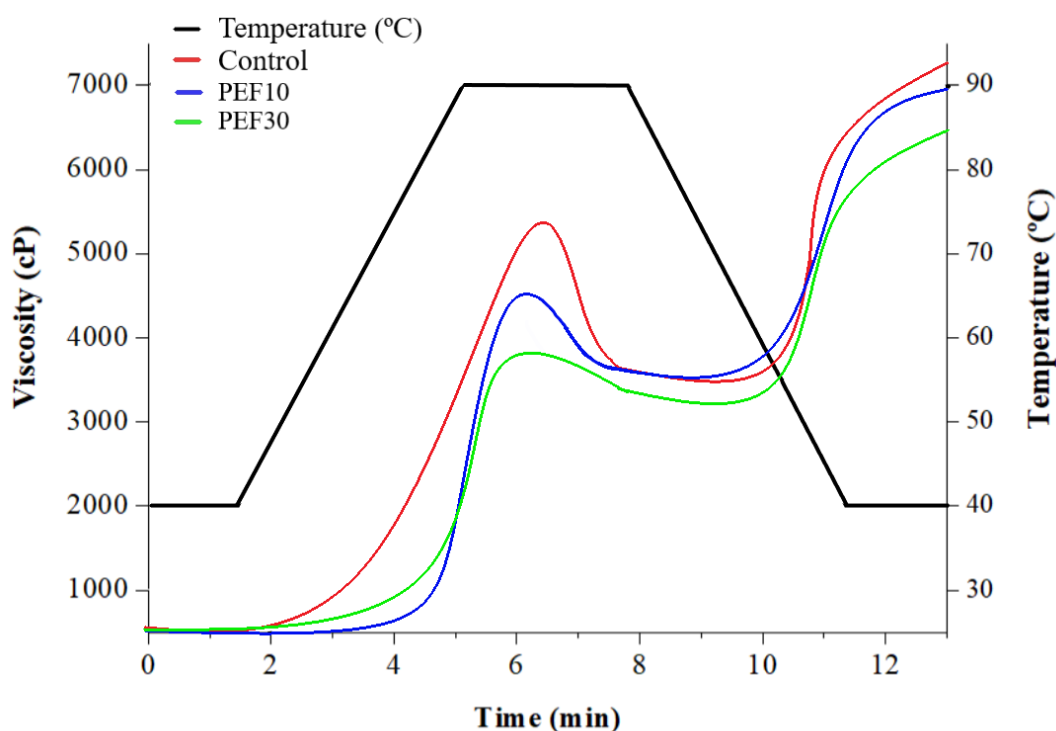
O amido nativo (controle) apresenta superfície plana (Figura 2A), já o tratamento com PEF10 apresenta algumas deformações como pequenas cavidades e marcas de rachadura proveniente dos pulsos aplicados os géis com elevada umidade (Figura 2B). Na Figura 2C é perceptível que a superfície possui elevações decorrentes da presença de

cavidades maiores e grânulos mais volumosos. Após o intenso tratamento com PEF, os grânulos de amido foram danificados, o que resultou na diminuição da região cristalina como mostrado na Figura 1. Podendo ser justificado, pois os pulsos elétricos geram eletroporação, resultando em danos à superfície (18).

Para Bai et al. (23) os poros decorrentes do PEF facilitam a ação das enzimas aos grânulos de amido aumentando o rendimento de hidrólise, no entanto exibe resistência a tensão físicas externas. Enquanto para Chen et al. (17) a rugosidade e aparência de detritos foram mais pronunciadas após o PEF, pois principalmente na área da superfície e depois penetra no interior. Alguns fragmentos agruparam e mostraram estruturas semelhantes a gel, em decorrência do cluster de amilopectina com uma ampla faixa de alto peso molecular, o que facilita o inchamento dos grânulos (33).

A Figura 3 apresenta as propriedades da pasta de amido de arroz vermelho nas diferentes condições, que mostraram características reológicas distintas para cada formulação analisada.

Figura 3. Propriedade da pasta de amido de arroz vermelho modificado por PEF.



Nota: PEF: campo elétrico pulsado; PEF10: amido de arroz vermelho modificado com pulsos elétricos de intensidade de 10 kV cm^{-1} ; PEF30: amido de arroz vermelho modificado com pulsos elétricos de intensidade de 30 kV cm^{-1} .

Os valores detalhados são descritos na Tabela 1 para: pico de viscosidade (PV), viscosidade mínima (MV), quebra de viscosidade (BD), viscosidade de recuo (SB), viscosidade final (FV).

Tabela 1. Parâmetros referentes à propriedade da pasta do amido de arroz vermelho modificado por PEF.

Parâmetros	Controle	PEF10	PEF30
------------	----------	-------	-------

PV (cP)	3059,81 ± 21,19 ^A	2816,82 ± 11,08 ^B	2759,91 ± 19,71 ^C
MV (cP)	2063,22 ± 22,18 ^A	1826,31 ± 15,72 ^B	1725,60 ± 16,81 ^C
BD (cP)	996,65 ± 12,16 ^B	990,51 ± 17,08 ^B	1034,30 ± 5,79 ^A
SB (cP)	3666,85 ± 11,89 ^A	3500,61 ± 15,08 ^B	3475,41 ± 21,13 ^B
FV (cP)	5730,01 ± 42,37 ^A	5326,91 ± 22,24 ^B	5201,02 ± 17,07 ^C

Nota: pico de viscosidade (PV), viscosidade mínima (MV), quebra de viscosidade (BD), viscosidade de recuo (SB), viscosidade final (FV). Letras iguais na mesma linha, não apresentam diferença significativa entre as condições estudadas ($p > 0.05$). PEF: campo elétrico pulsado; PEF10: amido de arroz vermelho modificado com pulsos elétricos de intensidade de 10 kV cm⁻¹; PEF30: amido de arroz vermelho modificado com pulsos elétricos de intensidade de 30 kV cm⁻¹.

Para Vandeputte et al. (34) o PV refere-se à capacidade de absorção de água e inchamento dos grânulos, sendo conferido a modificação na estrutura interna do amido. O PV apresentou uma redução dos valores à medida que a intensidade de PEF aumentou de 10 kV cm⁻¹ para 30 kV cm⁻¹ quando aplicado o PEF ao amido, onde os valores variaram de 3759,91 – 3059,81 cP. Segundo Chen et al. (17) essa redução é justificada pois o PEF modificou a capacidade de inchamento dos grânulos, levando a uma redução da viscosidade. Han et al. (33) afirmaram que quanto maior a intensidade do PEF, maior será a diferença nos valores de PV. Os maiores valores de viscosidade de pico (PV) foram associados a uma alta proporção de amido não gelatinizado (35).

O valor MV variou de 1725,60 a 2063,22 cP, com diferença significativa entre as formulações, mostrando que o PEF foi efetivo na modificação da viscosidade mínima encontrada após a gelatinização do amido. O BD serve para examinar a resposta dos amidos ao processo de cisalhamento e reflete a capacidade de expansão granular antes da quebra física (17). Os valores de BD dos amidos modificados (PEF10 e PEF30) foram significativamente inferiores ao amido controle, variando de 1725,60 – 2063,22cP. A redução desses valores indica melhor estabilidade térmica e menor desintegração dos grânulos (36).

A SB mede as mudanças na viscosidade associadas à gelificação e retrogradação durante o resfriamento (33). A viscosidade de recuo (SB) variou de 3475,41 a 3666,85, o maior valor foi para a formulação controle, e esse parâmetro indica o grau de retrogradação e propriedade de gelificação da pasta (14). A redução no SB pode ter sido devido ao impedimento estérico causado pela introdução de grupos hidrofóbicos, que impediam que as cadeias de amido fossem compactadas ao esfriar (17).

Quando os valores de PV, BD e SB diminuem com o PEF, indicam maior sensibilidade a gelatinização, devido ao rearranjo e destruição da estrutura molecular do amido. A FV apresentou o mesmo perfil da firmeza, no qual a aplicação do PEF as pastas de amido diminuíram os valores desses parâmetros significativamente. O maior valor foi encontrado para a formulação controle.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram o impacto do PEF na estrutura do amido, principalmente no PEF30. Quando observado os difratogramas e os espectros foi perceptível diferenças de intensidade nos picos e bandas características do amido, resultando em diferentes valores de cristalinidade. A análise morfológica da superfície das pastas apresentou danos

como: cavidades, rachaduras e com o aumento da intensidade do PEF foi notado grânulos mais volumosos. As propriedades de pasta foram significativamente alterados, onde o PEF auxiliou na diminuição da viscosidade das pastas e na taxa de retrogradação. Portanto com base nos resultados, a modificação não-térmica do amido de arroz vermelho por PEF a 30 kV cm^{-1} é a formulação mais adequada para obtenção de um novo material com características otimizadas. No entanto, como sugestões de trabalhos futuros, novas intensidades podem ser testadas no material para verificar as alterações estruturais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio a este estudo e pela bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Pereira-Caro, G., Cros, G., Yokota, T., & Crozier, A. (2013). Phytochemical profiles of black, red, brown, and white rice from the Camargue region of France. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(33), 7976-7986. Doi: 10.1021/jf401937b.
2. Samyor, D., Das, A. B., & Deka, S. C. (2017). Pigmented rice a potential source of bioactive compounds: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 52, 1073–1081. Doi: 10.1111/ijfs.13378
3. Ramos, A. H., Timm, N. S., Rockenbach, B. A., Ferreira, C. D., Hoffmann, J. F., & Oliveira, M. (2022). Red rice drying and storage: Effects on technological properties and phenolic compounds of the raw and cooked grains. *Journal of Cereal Science*, 103, 103405. Doi: 10.1016/j.jcs.2021.103405.
4. Santos, N. C., da Silva, W. P., Barros, S. L., Almeida, R. L. J., de Brito Araújo, A. J., & da Silva Nascimento, A. P. (2020). Red rice (*Oryza sativa* L.) use in flour production: Convective drying and bioactive quality. *Journal of Food Process Engineering*, 43, e13490. Doi: 10.1111/jfpe.13490.
5. Ramos, A. H., Rockenbach, B. A., Ferreira, C. D., Gutkoski, L. C., & Oliveira, M. (2019). Characteristics of Flour and Starch Isolated from Red Rice Subjected to Different Drying Conditions. *Starch – Stärke*, 71, 1800257. Doi: 10.1002/star.201800257.
6. Bashir, K., & Aggarwal, M. (2019). Physicochemical, structural and functional properties of native and irradiated starch: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 513–523. Doi: 10.1007/s13197-018-3530-2.
7. Almeida, R. L. J., Dos Santos Pereira, T., De Andrade Freire, V., Santiago, Â. M., Oliveira, H. M. L., De Sousa Conrado, L., & De Gusmão, R. P. (2019). Influence of enzymatic hydrolysis on the properties of red rice starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 1210-1219. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.09.072.
8. Barba, F. J., Parniakov, O., Pereira, S. A., Wiktor, A., Grimi, N., Boussetta, N., Saraiva, J. A., Raso, J., Martin-Belloso, O., Witrowa-Rajchert, D., Lebovka, N., & Vorobiev, E. (2015). Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. *Food Research International*, 77, 773-798. Doi: 10.1016/j.foodres.2015.09.015.

9. Niu, D., Wang, L. H., Zeng, X. A., Wen, Q. H., Brennan, C. S., Tang, Z. S., & Wang, M. S. (2019). Effect of ethanol adaption on the inactivation of *Acetobacter* sp. by pulsed electric fields. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 52, 25-33. Doi: 10.1016/j.ifset.2018.11.009.
10. Donsi, F., Ferrari, G., & Pataro, G. (2010). Applications of pulsed electric field treatments for the enhancement of mass transfer from vegetable tissue. *Food Engineering Reviews*, 2, 109–130. Doi: 10.1007/s12393-010-9015-3.
11. Fincan, M., & Dejmek, P. (2002). In situ visualization of the effect of a pulsed electric field on plant tissue. *Journal of Food Engineering*, 55, 223–230. Doi: 10.1016/S0260-8774(02)00079-1.
12. Pereira, R. N., Galindo, F. G., Vicente, A. A., & Dejmek, P. (2009). Effects of pulsed electric field on the viscoelastic properties of potato tissue. *Food Biophysics*, 4(3), 229-239. Doi: 10.1007/s11483-009-9120-0.
13. Qian, J.-Y., Gu, Y.-P., Jiang, W., & Chen, W. (2014). Inactivating effect of pulsed electric field on lipase in brown rice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 22, 89–94. Doi: 10.1016/j.ifset.2014.01.010.
14. Lasekan, O., Ng, S., Azeez, S., Shittu, R., & Gholivand, S. (2016). Effect of pulsed electric field processing on flavor and color of liquid foods. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3). Doi: 10.1111/jfpp.12940.
15. Giteru, S. G., Oey, I., & Ali, M. A. (2018). Feasibility of using pulsed electric fields to modify biomacromolecules: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 91–113. Doi: 10.1016/j.tifs.2017.12.009.
16. Almeida, R. L. J., Santos, N. C., Padilha, C. E., de Almeida Mota, M. M., de Alcântara Silva, V. M., André, A. M. M. C. N., & dos Santos, E. S. (2022). Application of pulsed electric field and drying temperature response on the thermodynamic and thermal properties of red rice starch (*Oryza Sativa* L.). *Journal of Food Process Engineering*, 45(2), e13947. Doi: 10.1111/jfpe.13947.
17. Chen, B. R., Wen, Q. H., Zeng, X. A., Abdul, R., Roobab, U., & Xu, F. Y. (2021). Pulsed electric field assisted modification of octenyl succinylated potato starch and its influence on pasting properties. *Carbohydrate Polymers*, 254, 117294. Doi: 10.1016/j.carbpol.2020.117294.
18. Han, Z., Zeng, X. A., Yu, S. J., Zhang, B. S., & Chen, X. D. (2009). Effects of pulsed electric fields (PEF) treatment on physicochemical properties of potato starch. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(4), 481-485. Doi: 10.1016/j.ifset.2009.07.003.
19. Maniglia, B. C., Pataro, G., Ferrari, G., Augusto, P. E. D., Le-Bail, P., & Le-Bail, A. (2021). Pulsed electric fields (PEF) treatment to enhance starch 3D printing application: Effect on structure, properties, and functionality of wheat and cassava starches. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 68, 102602. Doi: 10.1016/j.ifset.2021.102602.
20. Abduh, S. B. M., Leong, S. Y., Agyei, D., & Oey, I. (2019). Understanding the properties of starch in potatoes (*Solanum tuberosum* var. Agria) after being treated with pulsed electric field processing. *Foods*, 8(5), 159. Doi: 10.3390/foods8050159.
21. Quagliariello, V., Iaffaioli, R. V., Falcone, M., Ferrari, G., Pataro, G., & Donsi, F. (2016). Effect of pulsed electric Fields – assisted extraction on anti-inflammatory and cytotoxic activity of brown rice bioactive compounds. *Food Research International*, 87, 115–124. Doi: 10.1016/j.foodres.2016.07.005.








22. Hong, J., An, D., Liu, C., Li, L., Han, Z., Guan, E., Xu, B., Zheng, X., & Bian, K. (2020). Rheological, textural, and digestible properties of fresh noodles: Influence of starch esterified by conventional and pulsed electric field-assisted dual technique with full range of amylose content. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14567. Doi: 10.1111/jfpp.14567.
23. Bai, T. G., Zhang, L., Qian, J. Y., Jiang, W., Wu, M., Rao, S. Q., ... & Wu, C. (2021). Pulsed electric field pretreatment modifying digestion, texture, structure and flavor of rice. *LWT- Food Science and Technology*, 138, 110650. Doi: 10.1016/j.lwt.2020.110650.
24. Qiu, S., Abbaspourrad, A., & Padilla-Zakour, O. I. (2021). Changes in the Glutinous Rice Grain and Physicochemical Properties of Its Starch upon Moderate Treatment with Pulsed Electric Field. *Foods*, 10, 395, 1-14. Doi: 10.3390/foods10020395.
25. Almeida, R. L. J., dos Santos Pereira, T., Almeida, R. D., Santiago, Â. M., de Lima Marsiglia, W. I. M., Nabeshima, E. H., & de Gusmão, R. P. (2021). Rheological and technological characterization of red rice modified starch and jaboticaba peel powder mixtures. *Scientific Reports*, 11(1), 1-11. Doi:10.1038/s41598-021-88627-4.
26. Li, Q., Wu, Q. Y., Jiang, W., Qian, J. Y., Zhang, L., Wu, M., Wu, C. S. (2019). Effect of pulsed electric field on structural properties and digestibility of starches with different crystalline type in solid state. *Carbohydrate Polymers*, 207, 362-370. Doi: 10.1016/j.carbpol.2018.12.001.
27. Almeida, R. L. J., Santos, N. C., Padilha, C. E., Monteiro, S. S., dos Santos, E. S. (2021). Impact of hydrothermal pre-treatments on physicochemical characteristics and drying kinetics of starch from red rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, e15448. Doi: 10.1111/jfpp.15448.
28. Wu, C., Wu, Q., Wu, M., Jiang, W., Qian, J., Rao, S., Zhang, L., Li, Q., & Zhang, C. (2019). Effect of pulsed electric field on properties and multi-scale structure of japonica rice starch. *LWT – Food Science and Technology*, 116, 108515. Doi: 10.1016/j.lwt.2019.108515.
29. Cholet, C., Delsart, C., Petrel, M., Gontier, E., Grimi, N., L’Hyvernay, A., ... & Geny, L. (2014). Structural and biochemical changes induced by pulsed electric field treatments on cabernet sauvignon grape berry skins: impact on cell wall total tannins and polysaccharides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(13), 2925-2934. Doi: 10.1021/jf404804d.
30. Ovando-Martínez, M., Whitney, K., Reuhs, B. L., Doehlert, D. C., & Simsek, S. (2013). Effect of hydrothermal treatment on physicochemical and digestibility properties of oat starch. *Food Research International*, 52(1), 17–25. Doi: 10.1016/j.foodres.2013.02.035.
31. Wang, S., Wang, S., Liu, L.u., Wang, S., & Copeland, L. (2017). Structural orders of wheat starch do not determine the in vitro enzymatic digestibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(8), 1697–1706. Doi: 10.1021/acs.jafc.6b04044.
32. Han, Z., Li, Y., Luo, D. H., Zhao, Q., Wang, J. H., et al. (2021). Structural variations of rice starch affected by constant power microwave treatment. *Food Chemistry*, 359(2), Article 129887. Doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129887.
33. Han, Z., Zeng, X. A., Zhang, B. S., & Yu, S. J. (2009b). Effects of pulsed electric fields (PEF) treatment on the properties of corn starch. *Journal of Food*

- Engineering*, 93(3), 318-323. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2009.01.040.
34. Vandeputte, G. E., Derycke, V., Geeroms, J., & Delcour, J. A. (2003). Rice starches. II. Structural aspects provide insight into swelling and pasting properties. *Journal of Cereal Science*, 38(1), 53-59. Doi: 10.1016/S0733-5210(02)00141-8.
 35. Hagenimana, A., Ding, X., & Fang, T. (2006). Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, 43(1), 38-46. Doi: 10.1080/10942912.2017.1368549.
 36. Muhammad, K., Hussin, F., Man, Y. C., Ghazali, H. M., & Kennedy, J. F. (2000). Effect of pH on phosphorylation of sago starch. *Carbohydrate Polymers*, 42(1), 85-90. Doi: 10.1016/S0144-8617(99)00120-4.

Capítulo 9

Doi.org/10.53934/9786585062060-09

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS ÓLEOS BRUTO E COMERCIAL DE GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)

Juscienne Alves da Silva dos Santos ¹; Edilene Ferreira da Silva ²; Victória Maura Silva Bermúdez ^{*3}; Iscarllety Richelly de Aguiar da Silva ¹; Rosimery Rodrigues de Oliveira ¹; Monique Saraiva de Sousa ¹; Vera Lúcia Viana do Nascimento ⁴

^{1,4}Curso superior de Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina central, Teresina, Brasil; ²Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil; ³Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: vmsbermudez@gmail.com

Resumo: As cultivares de girassol, encontram-se entre as cinco maiores culturas oleaginosas produtoras de óleo vegetal comestível. O óleo de girassol ganha destaque pelas suas características por possuir alta relação de ácidos graxos poli-insaturados/saturados. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas do óleo comercial e do óleo extraído com hexano da semente de girassol (*Helianthus annuus* L.), para controle de qualidade e informações de armazenamento dele. As amostras utilizadas foram amostras de óleos de girassol comercial e amostra de óleo de sementes de girassol extraído com hexano. Os índices analisados foram de acordo com AOCS para os dois tipos de amostras estudadas, na qual foram: acidez (mg NaOH/g), percentual de ácidos graxos livres, índice de peróxido (mEq/Kg) e índice de iodo (g I₂/100 g). Foram 04 tratamentos, 12 análises e 44 amostras. Os valores de acidez e ácidos graxos livres foram menores para as amostras de óleo comercial, enquanto os valores de peróxidos estão em conformidade com a legislação. O estudo mostrou a importância para se recomendar esse óleo de girassol para o consumo como alimento saudável aos consumidores e informar a qualidade dos diferentes óleos.

Palavras-chave: análises oleoquímica; qualidade do óleo; extração; óleo de girassol

INTRODUÇÃO

O cultivo de girassol desempenha um papel fundamental na produção de óleo comestível em todo o mundo. O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta da família Compositae, nativo da América do Norte, considerada uma oleaginosa na qual é encontrado um dos óleos vegetais de melhor qualidade nutricional e organoléptica (1,2). É rico em ácidos graxos essenciais, importante para a manutenção da integridade e da barreira hídrica da pele (3,4)

O consumo de sementes de girassol no Brasil e no mundo aumentou significativamente em comparação com outras culturas produtoras de óleo. É uma oleaginosa com grande potencial para o cultivo na região Nordeste do Brasil. Sendo o estado

do Mato Grosso, o maior produtor responsável por 85% da produção brasileira de girassol (5). Além disso, é cultivada principalmente na Rússia, Argentina, Europa Ocidental e Oriental, China e Estados Unidos (6).

As cultivares de girassol, encontram-se entre as cinco maiores culturas oleaginosas produtoras de óleo vegetal comestível, ficando atrás apenas da soja (56,3%), da canola (11,69%), do algodão (10,46%) e do amendoim (9,58%) (7).

A industrialização do óleo de girassol possui diferentes finalidades, na qual utiliza um alto teor de óleo (40% a 50%) e baixos teores de óleo (30%), chamados materiais quantidades confeitários, algumas são utilizados para alimentação de animais e aquelas com ácido oleico elevado produzida para atender a demanda da Indústria Alimentar (8). Essa diversidade de aplicação industrial, tanto na área alimentar, farmacêutica, cosmética e de produção de biocombustíveis aumenta a demanda de mercado.

Destaca-se que em média, que a semente de girassol apresenta em sua composição 24% de proteínas, 47% de ácidos graxos, 20% de carboidratos totais e 4% de minerais (9).

Segundo dados da Castro et al. (10), o óleo de girassol ganha destaque pelas suas características por possuir alta relação de ácidos graxos poli-insaturados/saturados (65%/11% em média), sendo que o teor de poli-insaturados é constituído, em sua quase totalidade, pelo ácido linoleico.

O elevado teor de ácidos graxos insaturados mostra que o óleo de girassol é rico em valor nutricional, tendo a vantagem de possuir o baixo teor de ácido linolênico, que favorece a estocagem do óleo e que ajuda a manter sua qualidade (7).

Vale destacar ainda que o óleo de girassol deve apresentar algumas características de qualidade de acordo com o que determina a ANVISA (11), para que o mesmo esteja apto para consumo. Entre essas características estão: os níveis de acidez, peróxido, iodo e ácidos graxos livres, dentre outras.

As alterações térmicas e oxidativas ocorrem constantemente quando os óleos vegetais são submetidos aos diversos processos, evidenciando a instabilidade química das moléculas lipídicas consideradas importantes para interesse industrial. Sendo a rancificação a alteração mais comum, ocorrendo com os lipídeos durante o processamento, transporte e armazenamento, por meio de reações de degradações, onde são gerados ácidos graxos de baixo peso molecular da molécula do glicerol, e que são responsáveis pela produção de aroma e gosto desagradáveis conhecido como ranço (12).

O óleo de girassol é interessante pelo seu conteúdo em ácido linoleico. Sendo o mesmo leve no sabor e aparência e, além disso, fornece mais vitamina E do que qualquer outro óleo vegetal. É uma combinação de gorduras monoinsaturadas e poli-insaturadas com baixos níveis de gorduras saturadas. O consumo do óleo tem sido associado com os efeitos positivos sobre a saúde humana, devido a ácidos graxos específicos, que possuem os benefícios cardiovasculares, tem também reconhecidas funções de hidratação e reestruturação, sendo utilizado no tratamento de colesterol e aterosclerose (3).

Mediante os fatos mencionados anteriormente, faz-se necessário avaliar o óleo de girassol a fim de mostrar as características físico-químicas apresentadas pelo mesmo, bem como identificar os seus constituintes, e destacar os seus benefícios para a saúde, além de verificar a sua qualidade, a fim de avaliar se ele está dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA (11).

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das amostras

As amostras dos óleos comerciais foram obtidas em uma rede de supermercado da cidade de Timon-MA, sendo que as amostras eram de três marcas diferentes (A, B e C). Quanto ao óleo bruto analisado, as sementes de Girassol (*Helianthus annuus L.*) foram adquiridas no mercado central de Teresina-Piauí (Figura 1), de forma aleatória, sendo acondicionadas adequadamente e encaminhadas para o laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal do Instituto Federal do Piauí, *Campus* Teresina Central, onde ocorreu a extração do óleo com hexano.



Figura 1 – Amostras utilizadas nas determinações. de óleo comercial

Notas: **A:** amostra de óleo comercial; **B:** semente de girassol com casca; **C:** sementes sem cascas utilizadas na extração do óleo de girassol.

Fonte: autores.

Delineamento experimental

Realizou-se um delineamento casualizado, em que as amostras de óleo de girassol foram analisadas em triplicatas. Na tabela 1 estão expressos os parâmetros físico-químicos verificados, conforme o *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society* (AOCS, 2004), que incluem (IP). Índice de Iodo (II), Índices de Acidez (IA), Índice de Ácidos Graxos Livres (%), Índice de Peróxido (Tabela 1). Foram 04

PARÂMETROS	UNIDADE	MÉTODO
Índice de Acidez	mg NaOH/g	AOCS cd 1c – 85
% Ácidos Graxos Livres	mg of oleic acid/100 mg	AOCS Ca 5a-406
Índice de Peróxido	mEq O ₂ /kg	AOCS Cd 8-53
Índice de iodo	g I ₂ /100g	AOCS 1b-87

tratamentos (3 amostras comerciais, e 1 amostra natural), sendo 12 análises, e 44 amostras. Cada tratamento constou de três repetições.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos analisados no óleo de girassol.

Índice de Acidez e Índice de Ácidos Graxos Livres (AGL)

A determinação da acidez pode fornecer um dado importante na avaliação do estado de conservação do óleo. O Índice de Acidez pode ser expresso em índice de acidez por cento ou em g do componente ácido principal.

Índice de Peróxido

O índice de peróxido é um método clássico e sensível na determinação de hidroperóxidos, produtos primários da oxidação. A presença destes compostos é um indício do início da deterioração das amostras de óleos e gorduras (AOCS, 2004).

Índice de Iodo (I.I) pelo método de Wijs

Índice de Iodo (II) pelo método de Wijs. O Índice de iodo (I.I.) é a medida da insaturação química de uma gordura e os resultados são dados como o número de gramas de iodo absorvido por 100 g de amostra de gordura. Pode ser usado para estimar a relação de saturação e insaturação (S.I.).

Preparação das Sementes de Girassol (*Helianthus annus L.*)

Para realizar a extração do óleo de girassol primeiramente foi necessária a retirada da casca que envolve as sementes. Para a retirada dela utilizou-se utensílios de madeiras, espátulas, e tábuas de plástico. As cascas foram quebradas, e as sementes foram descascadas com o uso de espátula.

Método de extração com solvente

Inicialmente, a amostra foi lavada com água destilada para higienização e retirada das sujidades. Depois de lavada, a amostra foi adicionada em um desidratador PraticDyer a 60 °C de secagem aerada para branqueamento das sementes por um período de 2 horas. Após o tempo estabelecido fez-se a trituração em liquidificador industrial rpm 900, fazendo-se em seguida a pesagem em um Becker, obtendo-se o valor de 410 g no total, após os procedimentos descritos fez-se a adição inicial de 300 mL de hexano P.A, misturou-se o solvente juntamente com a amostra com ajuda de um bastão de vidro, depois foi feita a adição de mais 400 mL do solvente, totalizando 700 mL.

Passados dois dias em repouso a amostra com o solvente foi colocado em um decantador volume 2 L para a separação das fases. Após a decantação a fase líquida foi separada da fase oleosa.

Passados dois dias em repouso a amostra com o solvente foi colocado em um decantador volume 2 L para a separação das fases. Após a decantação a fase líquida foi separada da fase oleosa.

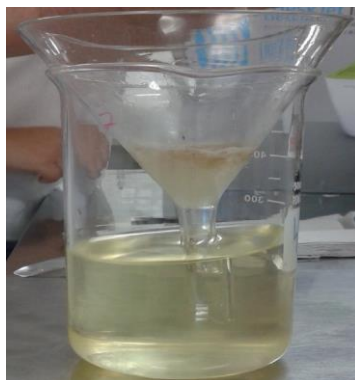


Figura 2 - Separação sólido/líquido

Fonte: autores.

Em seguida a amostra oleosa foi colocada em um balão de fundo chato de 50 mL para ser colocado em um rotoevaporador Marca Fisatom Modelo 801, a 68 °C (pressão mm Hg) por 2 horas. Depois ela foi retirada e colocada em balão volumétrico de 250 mL para o resfriamento da amostra e em seguida o óleo foi colocado em uma proveta para a obtenção do rendimento que foi de 63 mL.

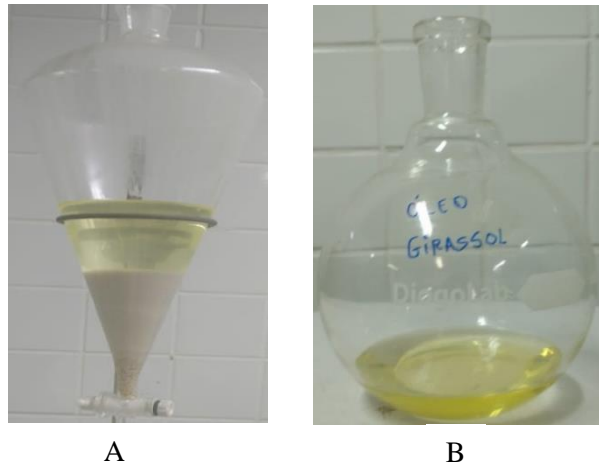


Figura 3 - Processo de decantação

Notas: **A:** Processo de decantação; **B:** Óleo obtido após a rotoevaporação.

Fonte: autores.

A figura 4, abaixo mostra as etapas que foram realizadas para o processamento da extração do óleo de girassol até o rendimento final.

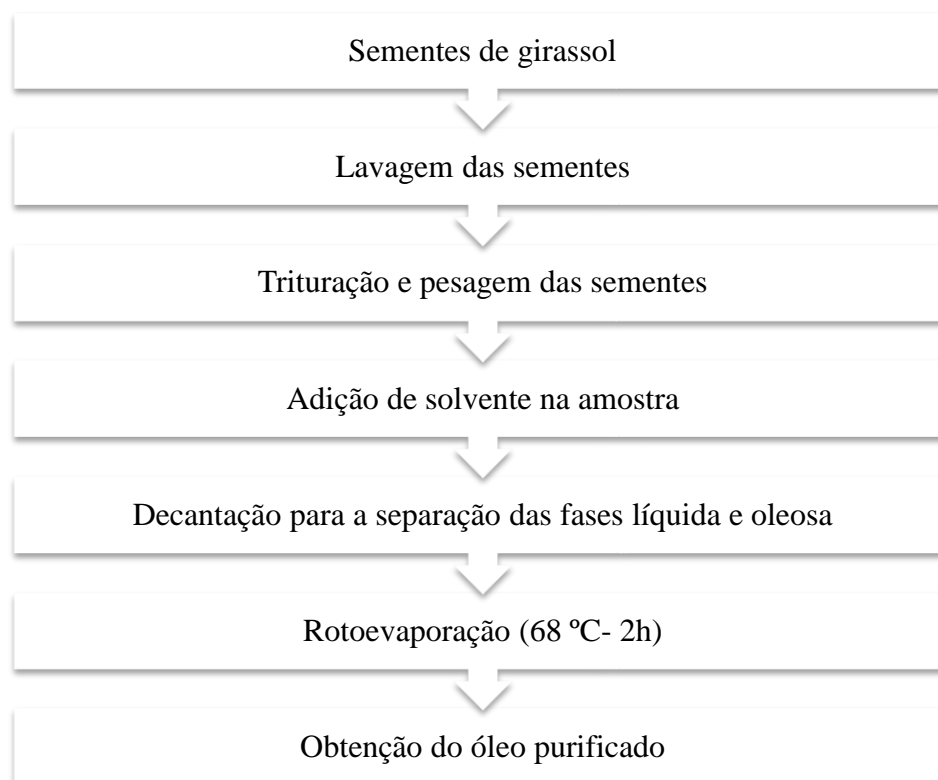


Figura 4 - Fluxograma da extração de óleo de girassol com hexano.

Fonte: autores.

Análise Estatística

Os resultados dos parâmetros físico-químicos foram analisados por meio de média \pm Desvio-padrão (DP). A avaliação estatística foi determinada por meio da análise de variância (ANOVA) e comparação pelo Teste de Tukey. A significância estatística foi estabelecida em 5%. Os programas utilizados para realizar essa etapa foram Microsoft Excel e Minitab 16 Statistical Software.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 mostra os resultados das análises realizadas com as amostras de óleos comerciais, na qual foram determinados os valores da média dos índices de acidez (mg NaOH/g), percentual de ácidos graxos livres, índice de peróxido (mEq/Kg) e índice de iodo (g I₂/100 g).

Tabela 2 - Resultados das análises feitas com óleos de girassol comercial.

ÓLEO DE GIRASSOLCOMERCIAL				
LOTE	I.A (mg NaOH/g)	% AGL (mg AG/100mg)	I.P (mEq/Kg)	I.I (g I ₂ / 100 g)
1	0,7882 ^a ±0,003	2,814 ^a ±0,011	15,89 ^a ±1,98	246,3 ^a ±43,8
2	0,3497 ^b ±0,152	1,249 ^b ±0,544	10,60 ^a ±6,97	216,15 ^a ±2,72
3	0,4323 ^b ±0,155	1,543 ^b ±0,554	20,52 ^a ±7,00	217,34 ^a ±6,72

Notas: Médias que não compartilham letra na mesma coluna são significativamente diferentes (p< 0,05).

Fonte: autores.

Quanto aos resultados expressos na Tabela 2, verificou-se que quanto aos valores de acidez do lote 1 (0,7882 mgNaOH/g) em relação ao lote 2 (0,3497 mgNaOH/g) eles apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo que o lote 1 apresentou valor maior que o permitido pela legislação (RDC nº 270 de 22 de setembro 2005), que é de 0,6 mgKOH/g. Os valores encontrados para acidez foram menores em relação ao estudo de Baptista (14) que realizou um estudo de sobre transesterificação etílica de óleo de girassol comercial. De acordo com Souza (15), um elevado índice de acidez indica que o óleo ou gordura está sofrendo quebras em sua cadeia, liberando seus constituintes principais: os ácidos graxos.

Isso foi verificado com os ácidos graxos livres, no qual os valores encontrados foram semelhantes aos valores da acidez, ou seja, o primeiro foi maior significativamente em relação ao segundo.

De acordo com Fuentes (16) que avaliou a qualidade dos óleos durante o armazenamento encontrou valores para acidez próximos desta pesquisa. De acordo com Souza (15), um elevado índice de acidez indica que o óleo ou gordura está sofrendo quebras em sua cadeia, liberando seus constituintes principais: os ácidos graxos.

Quanto aos valores encontrados para peróxido, a média de valor do lote 3 (20,52 mEq/Kg) foi maior que os valores de peróxidos apresentados pelo lote 1 (15,89 mEq/Kg) e lote 2 (10,60 mEq/Kg), sendo que os valores de peróxido do lote 1 e 2 estão acima do valor permitido pela legislação, que seria de 10 meq/kg. O índice de peróxido caracteriza a rancidez oxidativa sendo um indício de que está iniciando a deterioração do sabor e odor do óleo, formando os hidroperóxidos, produtos primários da oxidação (17).

Destaca-se ainda que a oxidação do óleo é influenciada por vários fatores entre eles, pela composição de ácidos graxos, processamento do óleo, luz, temperatura, concentração e o tipo de oxigênio, ácidos graxos livres, mono e diacilgliceróis, metais de transição, peróxidos, compostos termicamente oxidados, pigmentos e antioxidantes (16).

Araújo (18), que estudou a caracterização da identidade e controle da qualidade de óleo vegetal, encontrou um valor significativamente ($p < 0,05$), inferior ao desta pesquisa, que foi 0,99 mEq/kg, enquanto que Fuentes (16), analisando óleos vegetais encontrou um valor mais próximo, que foi de 7,66 mEq/kg para peróxido. Já Filho *et.al.*; (19) ao pesquisar sobre o nível de deterioração do óleo vegetal utilizado em estabelecimentos comerciais de Duque de Caxias – RJ encontrou o valor de 10,94 mEq/kg, que se assemelha ao valor descrito neste estudo.

Com relação ao valor médio de iodo os três lotes avaliados apresentaram valores significativamente maiores do que exige a legislação (RDC nº 482 de 23 de setembro 1999), no qual evidencia valores na faixa entre 110 – 143 g I₂/100 g. Os valores encontrados maiores são indicativos do nível de qualidade na composição desses ácidos graxos do óleo de girassol, uma vez que quanto maior a quantidade de ligações insaturadas, melhor a qualidade do óleo.

Percebe-se que o lote 1 (246,3^a g I₂/100 g), foi o que apresentou o maior valor em relação aos lotes 2 (216,15^a g I₂/100 g) e 3 (217,34^a g I₂/100 g). O elevado valor de iodo nos óleos é um indicativo da degradação dos óleos, este índice relaciona-se com a quantidade de duplas ligações presentes na amostra (20).

Todos os valores do lote 1 (246,3^a g I₂/100 g), lote 2 (216,15^a g I₂/100 g) e 3 (217,34^a g I₂/100 g.) são significativamente maiores que os valores de referência AOCS (*Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats, and Waxes – AOCS*) que estão estimados

entre 118- 145 g I₂/100g. Morais *et al.*, (18) em seu estudo encontrou o valor de 127,5 g I₂/100 g, estando dentro dos valores de referência da AOCS porém significativamente diferente dos valores encontrados nos três lotes avaliados.

A tabela 3 faz uma comparação entre os valores das análises realizadas com as amostras dos óleos comerciais, e da amostra de óleo extraído com solvente hexano.

Tabela 3 - Comparação do óleo de girassol comercial x Óleo de girassol por extração

ÍNDICES	COMERCIAL	EXTRAÇÃO
I.A (mg NaOH/g)	0,523 ^a ±0,233	1,313 ^b ±0,003
% AGL (mg AG/100mg)	1,869 ^a ±0,832	4,688 ^b ±0,013
I.P (mEq/Kg)	15,67 ^a ±4,96	8,59 ^a ±4,11
I.I (g I ₂ / 100 g)	226,60 ^a ±17,07	196,25 ^b ±1,27

Notas: Médias que não compartilham letra na mesma linha são significativamente diferentes (p< 0,05).

Fonte: autores.

As análises comparativas dos índices oleoquímicos foram apresentadas de forma variada, para a amostra comercial e de extração. Em relação ao índice de acidez da extração foi maior que a do óleo industrializado. No entanto, a RDC n° 482 (1999) refere para o índice de acidez do óleo bruto no máximo 2,0 mgKOH/g, ambas amostras estando de acordo com a legislação. Valor semelhante para acidez foi encontrado por Rabonato (21), sendo o valor médio de 0,5 mgKOH/g para acidez. Segundo Correia (1), as características do óleo de girassol podem ser afetadas por alguns fatores, como composição química do grão de girassol depende do genótipo da planta, tratos culturais, condições climáticas e outros fatores ambientais.

Conforme Freitas (6), o controle de temperatura é um elemento muito importante durante o processo de extração, já que a atividade da enzima fosfolipase afeta a qualidade do óleo em condições de altas temperaturas, causando no óleo um aumento parcial de fosfolípidios não hidratados.

Observa-se os ácidos graxos do óleo comercial (1,869^a mg AG/100mg) foram inferiores aos ácidos graxos por extração (4,688^b mg AG/100mg). Os óleos e gorduras são substâncias insolúveis em água, de origem animal, vegetal ou mesmo microbiana, formadas predominantemente de produtos da condensação entre o glicerol e ácidos graxos chamados triglicerídeos ou triacilglicerídeos (1).

Em relação aos índices de peróxidos, os valores médios do óleo comercial (15,67^a mEq/kg), apresentaram-se muito acima do valor do óleo extraído (8,59^a mEq/kg), estando ambos dentro da normalidade (no máximo 15 mEq/kg). O óleo de extração fria tem uma composição mais preservada das ligações insaturadas dos ácidos graxos. No entanto, a amostra comercial apresentou um valor mais alto devido as condições ambientais de armazenamento e temperatura dos processos, que interferiram na degradação do óleo. Segundo Filho *et al.* (6), em tempos modernos, a maioria dos óleos vegetais comercializados no Brasil são envasados em embalagens PET (tereftalato de etileno). Apesar de desempenharem o papel de uma boa barreira física contra o oxigênio e odores, o produto fica mais exposto à luz ambiente, além de permitir a alta permeabilidade ao vapor d'água, o que pode afetar a estabilidade oxidativa do óleo.

E quanto aos valores de iodo, ambas as amostras de óleo de girassol comercial e do óleo extraído desta mesma oleaginosa apresentaram valores (196,25^b g I₂/100 g e 226,60^a g I₂/100 g) significativamente acima dos valores de referência da AOCS (22). Esses dados foram impactantes para a esta pesquisa, indicando a riqueza de ligações poli-insaturadas na composição dos ácidos graxos destes óleos. Nos estudos de Rabonato (21) e Pighinelli (23) foram encontrados valores inferiores, que variaram entre 81 e 148 g I₂/100 g respectivamente.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que os índices oleoquímicas do óleo de girassol comercial, mostrou-se mais estável do ponto de vista da composição e armazenamento com relação aos índices de acidez e ácidos graxos livres. Isto pode ser devido à influência da adição dos aditivos antioxidantes naturais e a utilização de uma boa quantidade de vitamina E.

A avaliação oxidativa das duas amostras estavam em conformidade com a legislação. Enquanto para o índice de iodo as duas amostras de óleo, comercial e de extração, indicaram uma boa quantidade de insaturações na composição dele. Isto é muito importante para se recomendar esse óleo de girassol para o consumo como alimento saudável aos consumidores.

REFERÊNCIAS

- 1 Correia et.al. Avaliação das potencialidades e características físico-químicas do óleo de Girassol (*Helianthus annuus L.*) e Coco (*Cocos nucifera L.*) produzidos no Nordeste brasileiro. Scientia Plena. 2014;10, nº 03.
- 2 Biesdorf et al. Avaliação do Desenvolvimento de Cultivares de Girassol (*Helianthus annuus L.*) em Latosolo vermelho distrófico no Município de Santo Antônio de Leverger – MT. 2015. XXXV Congresso brasileiro de ciência do solo.
- 3 Lin TK, Zhong L, Santiago JL. Anti-inflammatory and skin barrier repair effects of topical application of some plant oils. International journal of molecular Sciences. 2018;9,(1), p.70,
- 4 Lania et al. Topical essential fatty acid oil on wounds: local and systemic effects. Plos one. 2019;14: p. e0210059, 2019.
- 5 CONAB. Boletim de grãos 2015. <https://www.conab.gov.br/>. Visto em 20 de fev de 2023.
- 6 Freitas IR. Caracterização físico-química e avaliação dos compostos bioativos de óleos de brutos e refinados de soja, canola, milho e girassol. 2015, 154f. Tese (Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos). Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração – Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista. São José do Rio Preto-SP. acesso em: 31 dez. 2022.

- 7 Telles M M. Caracterização dos grãos, torta e óleo de três variedades de girassol (*Helianthus annuus L.*) e estabilidade do óleo bruto, 2006, 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.
- 8 Lustri et al. Avaliação do desempenho agrônômico de cultivares de girassol (*Helianthus annuus L.*) no cultivo em safrinha na região Oeste Paulista. Periódico eletrônico Forum Ambiental da alta paulista. 2017:13 (1), 15p.
- 9 Madhavi BR. The importance of biodegradable bio-oil sunflower. International 29 Journal of Pharm Tech Research. 2010:2(3), p.1913-1915.
- 10 Castro et al. EMBRAPA. A cultura de girassol. 1996
- 11 ANVISA. Resolução RDC nº 481, de 15 de março de 2021. Dispõe sobre os requisitos sanitários para óleos e gorduras vegetais.
- 12 BRASIL. Normativa Mapa nº 49, de 22 de dezembro de 2006. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Óleos Vegetais Refinados; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- 13 Gazzola et. al. A cultura do girassol. 2012, 69f. Trabalho didático (Curso de graduação em Engenharia Agrônômica). Piracicaba – SP. Disponível em: <http://www2.esalq.usp.br/departamentos/lpv/lpv506/LPV-0506%20>
- 14 Baptista BC da S. Transesterificação etílica de óleo de girassol. 2015.47f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco- 2015.
- 15 Souza. Estudo da oxidação do óleo de soja com diferentes concentrações de aditivos anti-oxidantes, para uso em tratamentos térmicos de têmpera/ Ester Carvalho de Souza; orientador Lauralice de Campos Franceschini Canale.-- São Carlos, 2007. 160p.
- 16 Fuentes PHA. Avaliação da qualidade de óleos de soja, canola, milho e Girassol durante o armazenamento. 2011, 109f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC
- 18 Araújo. Estudo das propriedades físicas, químicas e termofísicas de óleos regionais e suas misturas. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2008.
- 19 Filho MS. Manejo da supressão e das frequências de irrigação e da fertirrigação nitrogenada na cultura do girassol. 2017, 112 f. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE. acesso em: 04 de dez. 2022.

- 20 Abreu et.al. Avaliação da oxidação de óleos, gorduras e azeites comestíveis em processo de fritura. Revista Ciência & Saúde, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 118-126, mai./ago. 2013
- 21 Rabonato LC. Otimização tecnológica do processamento de grãos de girassol alto oleico para a obtenção de óleo e biodiesel. 2017, 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Campinas, SP
- 22 AOCS; Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS: Champaign, 2004.
- 23 Pighinelli, ALMT. Extração mecânica de óleos de amendoim e de girassol para produção de biodiesel via catálise básica. 2007, 94f. Dissertação (Engenharia Agrícola na área de concentração de Máquinas Agrícolas), Campinas- SP.
- 24 BRASIL. Resolução RDC n° 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- Ministério da Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Anexo 5.
- 25 BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n.º 482, de 23 de setembro de 1999. Regulamento técnico para fixação de Identidade e Qualidade de Óleos e Gorduras vegetais. Diário Oficial da União, Brasília-DF, v.196. 13 de out de 1999. Seção I, p.82-87.



BIOTECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Capítulo 10

Doi.org/10.53934/9786585062060-10

**TÉCNICAS DE SÍNTESE DE LIPOSSOMAS APLICADOS À
BACTERIOCINAS****Mariana Teixeira de Avila ¹; Camila Ramão Contessa ²; Mariano Michelin ³;
Caroline Costa Moraes ⁴; Janaína Fernandes de Medeiros Burket ⁵**

¹Graduanda de Engenharia Bioquímica – FURG. – Email: marianateixeiradeavila@gmail.com

²Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos – PPGECA – FURG. E-mail: camilaramao@hotmail.com

³Docente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos – PPGECA – FURG. E-mail: michelonmariano@gmail.com

⁴Docente no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PPGCEM – UNIPAMPA. E-mail: caroline.moraes@unipampa.edu.br

⁵Docente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos – PPGECA da Universidade Federal do Rio Grande - FURG. E-mail: jfmb@furg.br

Resumo: Com o atual interesse em temáticas como *plant-based* e os avanços tecnológicos, há uma busca por novas tecnologias para a conservação de produtos alimentícios visando a segurança dos alimentos e a ausência de conservantes químicos, visto os malefícios que estes causam a saúde. Conservantes naturais, como as bacteriocinas, são alternativas promissoras como substituintes aos conservantes químicos. No entanto, sua instabilidade quando aplicados em matrizes alimentícias complexas caracteriza-se como uma limitação. Os lipossomas são pequenas vesículas, podendo variar de dimensões nanométricas até micrométricas, que contém um núcleo interno aquoso e uma membrana formada por fosfolípidios em bicamadas. A estrutura de núcleo hidrofílico e bicamada fosfolipídica, além da composição de sua parede semelhante à das membranas celulares, os torna veículos eficientes. O objetivo desta revisão é abordar aspectos gerais sobre o encapsulamento de bacteriocinas, sobretudo em lipossomas, afim de melhorar sua estabilidade como conservantes naturais para alimentos. A obtenção de lipossomas pode se dar por uma variedade de técnicas, envolvendo quatro princípios básicos: secagem dos lipídios dissolvidos em solvente orgânico, exposição dos lipídios em solução aquosa, purificação do lipossoma e análise do produto final. Assim, vale ressaltar que testes com diferentes solventes orgânicos devem ser realizados e estudos para o escalonamento da produção se fazem necessários, afim de analisar a possibilidade de encapsulamento e aplicação dos lipossomas em escala industrial, visto que o tema se mostra promissor.

Palavras-chave: antibacteriano; biossegurança; encapsulação; nanolipossoma;

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, houve um crescente interesse das políticas públicas de alimentação e dos consumidores, além do constante avanço tecnológico, por novas tecnologias para a conservação de alimentos visando a segurança alimentar, a ausência de conservantes químicos e o mínimo de processamento (1,2). No entanto, a fabricação de produtos alimentícios com baixa ou nenhuma quantidade de conservantes químicos pode resultar na diminuição da vida útil do alimento e aumentar a possibilidade de proliferação de microrganismos deterioradores e patogênicos (3). Assim, uma alternativa para este aspecto é a utilização de antimicrobianos naturais, como as bacteriocinas (4).

As bacteriocinas são definidas como substâncias de natureza proteica com capacidade antimicrobiana em determinadas concentrações, sintetizadas no ribossomo de procaríotos, que possuem massa molecular de 3 a 10 kDa e 20-60 aminoácidos, são catiônicas e possuem ponto isoelétrico elevado. Há variação quanto ao seu espectro de ação de acordo com o microrganismo produtor, propriedades bioquímicas e peso molecular. São classificadas em 3 classes: I (lantibióticos), II (não-lantibióticos) e III (termolábeis) (5–7). Devido mostrarem-se seguras e eficazes como conservantes naturais, além de seu amplo espectro bacteriano, o interesse quanto ao uso das bacteriocinas cresceu (2,8).

No geral, as bacteriocinas nos alimentos podem ser afetadas por condições físicas, químicas e biológicas que podem influenciar negativamente seu uso como bioconservantes, levando a uma interferência na sua atuação ou sua inativação total (9). Uma estratégia que pode ser utilizada para contornar a instabilidade das bacteriocinas causada por essa interação indesejada é o uso de metodologias de encapsulação, como a encapsulação em lipossomas (10,11).

Os lipossomas são partículas esféricas constituídas por uma ou mais bicamadas fosfolipídicas concêntricas separadas por compartimentos aquosos (12). Sua estrutura é atribuída devido à natureza anfipática dos fosfolipídios, caracterizados por uma região polar, capaz de interagir com a água, e uma apolar constituída por uma ou duas cadeias carbonatadas. A composição de sua parede faz com que sejam sistemas de transporte biocompatíveis, biodegradáveis, atóxicos e não imunogênicos (13,14). Assim, podem ser utilizados para encapsulação de substâncias hidrofílicas em seu núcleo e compostos hidrofóbicos em sua bicamada, fazendo com que forneçam proteção aos compostos ativos instáveis contra as condições do ambiente e promovam melhorias em sua absorção e biodisponibilidade (14,15).

Diante do exposto, esta revisão tem por objetivo abordar aspectos gerais sobre o encapsulamento de bacteriocinas, sobretudo em lipossomas, afim de melhorar sua estabilidade como conservantes naturais para alimentos.

ENCAPSULAMENTO DE COMPOSTOS ATIVOS

Diversos alimentos contêm compostos ativos, como vitaminas, compostos fenólicos, ácidos graxos essenciais, óleos essenciais, entre outros. A maioria desses são hidrofóbicos ou pouco solúveis em água, além de apresentarem baixa estabilidade devido à sensibilidade frente a alguns fatores (15). Dentre as estratégias para melhorar o desempenho e a instabilidade de alguns compostos ativos, estão as tecnologias de encapsulação (16).

A encapsulação pode ser definida como uma técnica de isolamento ou “blindagem” de uma substância ou partícula dentro de outra substância, que constituirá a parede da célula (17,18). O processo engloba a formação de dois tipos de partículas: cápsulas e esferas (Figura 1). As cápsulas são sistemas do tipo reservatório, onde o núcleo se concentra na

região central e está envolto por uma camada do agente encapsulante. Enquanto nas esferas o núcleo é envolvido em uma rede matricial, constituída por um polímero que dá formação a uma cadeia tridimensional onde uma parte do núcleo pode estar adsorvida na superfície da partícula, incorporada ou ligada covalentemente à matriz polimérica (19).

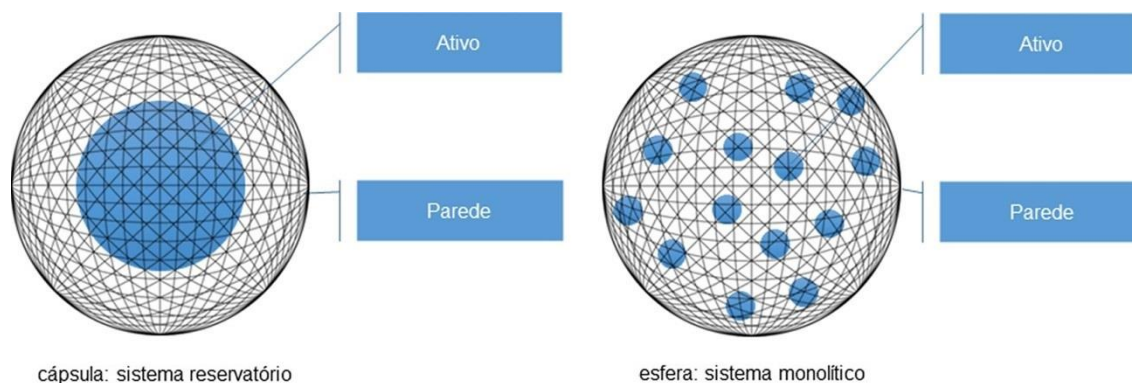


Figura 1 – Morfologia da cápsula e da esfera
 Fonte: Pereira et al. (20)

A técnica de encapsulação pode ser utilizada afim de estabilizar o material encapsulado, atuar com liberação sustentada, controlar as reações oxidativas, mascarar sabores, cores ou odores, proteger os compostos de valor nutricional e prolongar a vida útil (21). É importante salientar que apesar de aumentar a dispersão dos compostos pouco solúveis em água, não deve causar alterações nas propriedades sensoriais dos produtos alimentícios (17).

Variados procedimentos de encapsulação vêm sendo propostos, porém nenhum destes pode ser considerado como aplicação universal para os compostos ativos, uma vez que eles têm sua própria estrutura molecular característica. Isto é, demonstram diversas diferenças em relação a massa molecular, polaridade, solubilidade, entre outros. Assim, diferentes técnicas de encapsulação devem ser aplicadas, a fim de satisfazer os requisitos físico-químicos e moleculares de cada composto, além de resistir às condições externas (18,22)

As técnicas de encapsulação são classificadas em três grupos: i) métodos físicos, incluindo secagem por *spray-dryer*, liofilização, precipitação de fluído super crítico e evaporação de solvente; ii) métodos físico-químicos, como coacervação complexa, lipossomas e gelificação iônica; iii) métodos químicos, sendo polimerização interfacial e complexação por inclusão molecular (23).

A encapsulação em lipossomas tem sido utilizada em estudos com compostos ativos em alimentos (12,24–26), para desenvolver sistemas de liberação frente a fatores como pH, temperatura, luz e oxigênio. Além de apresentar capacidade de encapsular moléculas hidrofílicas e hidrofóbicas simultaneamente e alta flexibilidade na composição, tamanho e compatibilidade com tecidos animais devido sua estrutura (27).

LIPOSSOMAS

Os lipossomas (LPS) são um dos transportadores mais antigos, utilizados para a entrega de agentes bioativos às células e tecidos, protegendo-os de barreiras fisiológicas. Constituídos principalmente por fosfolipídios anfifílicos, seu revestimento aumenta o tempo de vida *in vitro* além de permitir que estes se acumulem nos sítios de destino (28,29). São

vesículas coloidais, com tamanho que pode variar da escala nanométrica à micrométrica formadas por bicamadas fosfolipídicas (lamelas) orientadas de forma concêntrica em torno de um núcleo aquoso (Figura 2) (12,30). Esse núcleo permite realizar o carregamento de substâncias hidrofílicas, assim ocorrendo um ganho de eficácia da substância ativa (30).

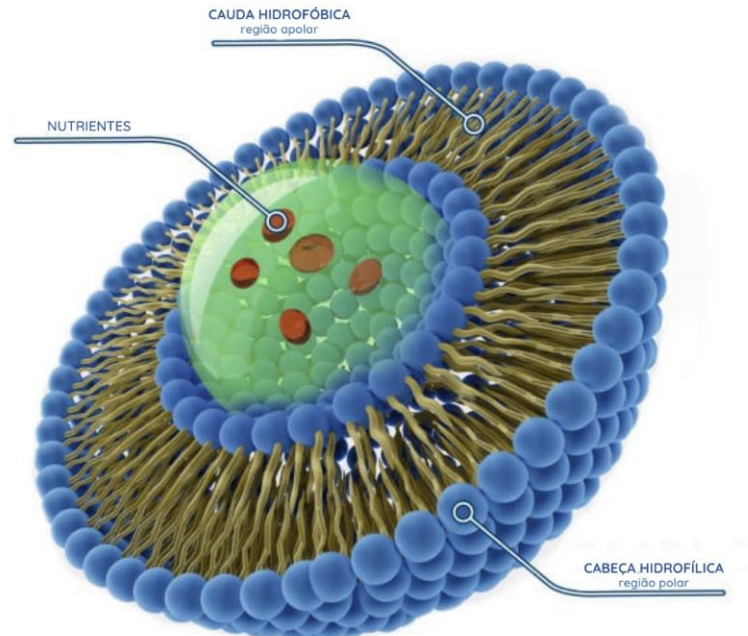


Figura 2 – Estrutura de um lipossoma
Fonte: Adaptado de IStock Photo (31)

Sua estrutura contém fosfolípidios insolúveis em água, no entanto, em meio aquoso formam dispersões e se ordenam em agregados, devido as interações hidrofílicas em regiões polares e hidrofóbicas em regiões apolares, originando as bicamadas fosfolipídicas. Isso permite que o exterior do lipossoma seja hidrofílico e seu núcleo envolto por uma membrana lipofílica (27,31). A parede destes tem como principais materiais: fosfatidilcolina (PC), fosfatidiletanolamina (PE), fosfatidilserina (PS) e fosfatidilglicerol (PG) (28,32).

Os LPS podem apresentar carga superficial (positiva ou negativa) ou serem Zwitteriônico, o que depende de sua composição e permitem o encapsulamento de compostos hidrofílicos, hidrofóbicos e anfifílicos, melhorando sua farmacocinética e protegendo contra a atividade hidrolítica de enzimas (30,33,34). Além disso, também podem variar quanto suas propriedades físico-químicas, como tamanho, composição lipídica, número e fluidez da bicamada fosfolipídica (35).

Com base na estrutura, os lipossomas podem ser classificados em duas categorias, vesículas multilamelares (MLV, *MultiLamellar Vesicles*) e unilamelares, de acordo com o número de bicamadas fosfolipídicas. As unilamelares podem ser sub-classificadas pelo tamanho, em gigantes (GUV, *Giant Unilamellar Vesicles*), grandes (LUV, *Larga Unilamellar Vesicles*) e pequenas (SUV, *Small Unilamellar Vesicles*). Enquanto os lipossomas unilamelares possuem apenas uma camada fosfolipídica em torno de um compartimento aquoso, os MLV apresentam uma estrutura onde diversos lipossomas unilamelares se formam no interior de outro lipossoma, apresentando as bicamadas fosfolipídicas separadas por compartimentos aquosos (36,37).

TÉCNICAS DE SÍNTESE DE LIPOSSOMAS

A formação dos lipossomas ocorre quando os fosfolipídios interagem com moléculas de água, onde os grupos polares finais dos fosfolipídios são expostos a fase aquosa e as caudas hidrofóbicas dos hidrocarbonetos são forçadas a formar uma bicamada. Assim torna-se possível a encapsulação de solutos presentes no meio aquoso (38).

A escolha da técnica de obtenção de lipossomas depende de alguns parâmetros, sendo eles i) características físico-químicas do material a ser encapsulado; ii) concentração e toxicidade da substância encapsulada; iii) possibilidade de produção em larga escala (39,40).

As técnicas convencionais de obtenção de lipossomas seguem quatro princípios básicos: i) secagem de lipídios dissolvidos em solvente orgânico, permitindo a distribuição uniforme destes na mistura; ii) exposição de lipídios em meio aquoso, ocorrendo a formação das bicamadas lipídicas; iii) purificação de lipossomas, afim de remover compostos indesejáveis; iv) análise do produto final (41).

Na literatura, são encontradas diversas técnicas para sua obtenção, que incluem hidratação do filme lipídico, evaporação em fase reversa, pró-lipossomas, injeção de solvente e remoção de detergente. Ademais, algumas técnicas para promover a redução do tamanho dos lipossomas também vêm sendo utilizadas, como: ultrassom, extrusão de alta pressão e microfluidização (40,42).

A técnica de hidratação do filme lipídico, também conhecida como método de Bangham, é uma das primeiras técnicas para obtenção de lipossomas e a mais utilizada. Consiste na solubilização de lipídios em solvente orgânico, seguida pela etapa de evaporação do mesmo, o que resulta em um filme lipídico seco no fundo de um balão de vidro. Posteriormente o filme é hidratado através da adição de um meio aquoso e submetido ao processo de agitação, onde ocorre a formação dos lipossomas (Figura 3) (43,44).

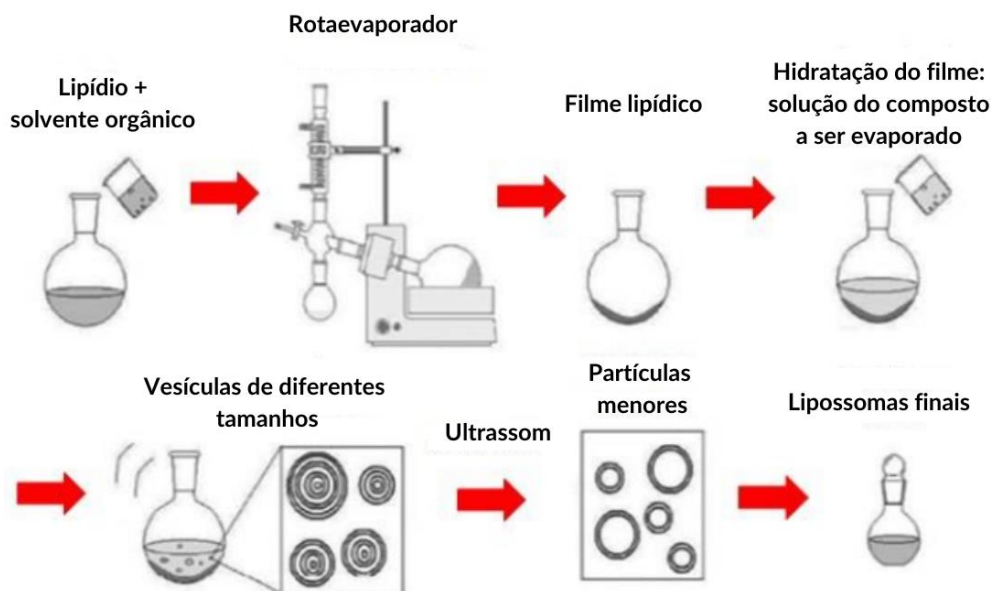


Figura 3 – Técnica de hidratação do filme lipídico.
 Fonte: adaptado de Heckler (45)

A evaporação em fase reversa baseia-se na dissolução dos fosfolipídios em solvente orgânico. Posteriormente o composto bioativo a ser encapsulado é injetado nessa solução e é homogeneizada no ultrassom originando uma microemulsão água-em-óleo. Com a remoção do solvente em rotaevaporador com baixo vácuo, é originado um gel. O gel é

submetido à agitação em vórtex, fazendo com que sofra colapso e a suspensão de lipossomas seja formada (41).

Na técnica pró-lipossomas ocorre o preparo da mistura de lipídios secos, posteriormente a mistura é hidratada para formação de lipossomas MLV. As partículas secas podem ser produzidas através de atomização, que resulta em estruturas amorfas, significativamente mais fáceis de hidratar se comparado a outros métodos (38).

O método de injeção de etanol consiste em injetar uma solução de etanol contendo fosfolipídios em água pura. Nessa etapa, as fases aquosa e orgânica entram em contato diluindo imediatamente o etanol na fase aquosa. Assim, ocorre a auto agregação das moléculas formando fragmentos de bicamadas. Durante o processo o sistema é agitado, levando a organização das bicamadas e, conseqüentemente, a formação dos lipossomas (47).

Remoção de detergente é uma técnica baseada na solubilidade de lipídios em detergente, onde são formadas micelas mistas de detergente/lipídio. A formação dos lipossomas ocorre na remoção do detergente através de diálise. Esse método forma diferentes tipos de lipossomas e tem capacidade de produzir lipossomas com distribuição de tamanhos homogênea (38).

De modo complementar, a Tabela 1 apresenta as vantagens e desvantagens das técnicas de obtenção dos lipossomas.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens das técnicas de obtenção dos lipossomas

Técnica de obtenção	Vantagens	Desvantagens	Fonte
Hidratação do filme lipídico	Processo simples	Longo período na etapa de remoção de solvente; produção em pequena escala; baixa eficiência de encapsulamento; uso de solventes orgânicos com potencial tóxico	Bangham et al. (48)
Evaporação em fase reversa	Alta eficiência de encapsulação	Resíduo de solvente orgânico	Maherani et al. (44)
Pró-lipossomas	Componente bioativo previamente incorporado nas partículas de pró-lipossomas; alta eficiência de encapsulação; técnica simples e prática; facilidade para produção em grande escala	Formação de lipossomas com distribuição de diâmetros heterogêneos; somente formação de MLV	Lopes (38)
Injeção de etanol	Processo relativamente simples	Resíduo de etanol	Maherani et al. (44)
Remoção de detergente	Projeto simples; controle do tamanho das partículas, dispersão homogênea	Resíduo de detergente; longo tempo de processo; baixo rendimento	Lopes (38)

Fonte: adaptado de Lopes (38)

BACTERIOCINAS ENCAPSULADAS

Peptídeos antimicrobianos têm sido estudados como potenciais bioconservantes devido a atividade antimicrobiana em sua forma isolada. No entanto, podem sofrer redução em seu efeito devido à degradação proteolítica e a interação do peptídeo com lipídios e proteínas presentes no alimento. Assim, o encapsulamento de bacteriocinas em lipossomas é uma alternativa devido ao potencial de atividade biológica, aumento de estabilidade e proteção contra a degradação molecular (7,44,49).

Em um estudo, Malheiros, Daroit e Brandelli (50) investigaram a eficácia de nisina encapsulada em nanolipossomas, em comparação a nisina livre, frente a *Listeria monocytogenes* em queijo minas frescal. O encapsulamento da nisina comercial em lipossomas de lecitina de soja parcialmente purificada foi realizado pelo método de hidratação do filme lipídico. Os resultados obtidos mostraram que a nisina livre apresentou efeito bactericida e a encapsulada apenas efeito bacteriostático., no entanto, isso ocorreu pela inibição da atividade da nisina provocada pela lecitina, possivelmente pela formação de complexos nisina-fosfolipídeos estáveis.

Malheiros et al. (51) encapsularam a bacteriocina P34, através do método de hidratação do filme lipídico, em lipossomas preparados com fosfatidilcolina de soja parcialmente purificada apresentando resultados com alta eficiência de encapsulação e estabilidade durante o armazenamento, além de apresentar ação contra a bactéria patogênica *L. monocytogenes*.

Jiao et al. (52) investigaram a atividade anti-listerial da bacteriocina CAMT2 encapsulada em nanolipossomas de fosfatidilcolina comparada a CAMT2 livre. A encapsulada apresentou alta atividade anti-listerial em ágar e aumento na estabilidade em alimentos à temperatura de refrigeração (4°C). Em leite desnatado refrigerado, ambas apresentaram bom efeito. Ainda assim, em leite integral a bacteriocina encapsulada apresentou melhor desempenho.

A estabilidade e a liberação sustentada de pediocina extraída de *Pediococcus pentosaceus* KC692718 apresentaram melhoras no desempenho devido ao encapsulamento em nanolipossomas, diminuindo 2 log de *L. monocytogenes* em meio com caldo de soja tríplico e extrato de levedura durante 48h de incubação (53).

A aplicação de bacteriocinas encapsuladas em alimentos tem sido focada principalmente em leite cru, queijo e produtos cárneos devido sua capacidade de inibir o crescimento de *L. monocytogenes*. Apesar de apresentarem eficiência contra um amplo espectro de patógenos de origem alimentar, poucos estudos foram feitos a respeito de seu uso para a conservação de frutas, sucos, vegetais, creme e iogurte (54). Nesse sentido, lipossomas carregados com bacteriocinas, permitem o aumento da estabilidade, além de proporcionar em alguns casos, a liberação gradual e sustentada destes compostos proteicos.

CONCLUSÕES

Com a busca por alimentos mais saudáveis e seguros, a técnica de encapsulação em lipossomas se apresenta como uma abordagem viável e eficiente para contornar a instabilidade das bacteriocinas frente a matrizes alimentícias complexas. A estrutura dos lipossomas proporciona melhorias na biodisponibilidade e adsorção, além de aumentar a estabilidade. A tecnologia de lipossomas tem sido aplicada em produtos alimentícios, no entanto, vale ressaltar que por se tratar do encapsulamento de bacteriocinas cuja origem é proteica, testes com diferentes solventes orgânicos devem ser realizados. Além disso,

estudos para o escalonamento da produção devem ser avaliados, afim de analisar a possibilidade de encapsulamento e aplicação dos lipossomas em escala industrial.

REFERÊNCIAS

1. Dwivedi S, Prajapati P, Vyas N, Malviya S, Kharia A. A review on food preservation: Methods, harmful effects and better alternatives. *Asian J Pharm Pharmacol.* 2017;3(6).
2. Cleveland J, Montville TJ, Nes IF, Chikindas ML. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *Int J Food Microbiol.* 2001;71(1):1–20.
3. Mills S, Ross RP, Hill C. Bacteriocins and bacteriophage; a narrow-minded approach to food and gut microbiology. Vol. 41, *FEMS Microbiology Reviews.* Oxford University Press; 2017. p. S129–53.
4. Hammami R, Fliss I, Corsetti A. Editorial: Application of protective cultures and bacteriocins for food biopreservation. Vol. 10, *Frontiers in Microbiology.* Frontiers Media S.A.; 2019.
5. Chikindas ML, Weeks R, Drider D, Chistyakov VA, Dicks LM. Functions and emerging applications of bacteriocins. Vol. 49. *Current Opinion in Biotechnology.* 2018.
6. Sulthana R, Archer AC. Bacteriocin nanoconjugates: boon to medical and food industry. Vol. 131, *Journal of Applied Microbiology.* 2021.
7. Contessa CR, Moraes CC, Burkert JFM. Bacteriocinas enquanto conservante alimentar. *Pesquisas e Atualizações em Ciência dos Alimentos.* Agron Food Academy. 2022.
8. Sobrino-López A, Martín-Belloso O. Use of nisin and other bacteriocins for preservation of dairy products. *Int Dairy J.* 2008;18(4):329–43.
9. Singh VP. Recent approaches in food bio-preservation - a review. Vol. 8. *Open Veterinary Journal.* 2018.
10. Soltani S, Hammami R, Cotter PD, Rebuffat S, Said LB, Gaudreau H, et al. Bacteriocins as a new generation of antimicrobials: Toxicity aspects and regulations. Vol. 45, *FEMS Microbiology Reviews.* 2021.
11. Lopes NA, Brandelli A. Nanostructures for delivery of natural antimicrobials in food. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2018;58(13).
12. Mattos MVC, Michelon M, Burkert JFM. Production and stability of food-grade liposomes containing microbial carotenoids from *Rhodotorula mucilaginosa*. *Food Structure.* 2022 Jul;33:100282.
13. Chen W, Zou M, Ma X, Lv R, Ding T, Liu D. Co-encapsulation of EGCG and quercetin in liposomes for optimum antioxidant activity. *J Food Sci.* 2019;84(1).

14. Gulzar S, Benjakul S. Characteristics and storage stability of nanoliposomes loaded with shrimp oil as affected by ultrasonication and microfluidization. *Food Chem.* 2020;310:125916.
15. Rezaei A, Fathi M, Jafari SM. Nanoencapsulation of hydrophobic and low-soluble food bioactive compounds within different nanocarriers. *Food Hydrocoll.* 2019;88:146–62.
16. Arribas C, Cabellos B, Cuadrado C, Guillamón E, Pedrosa MM. Cooking effect on the bioactive compounds, texture, and color properties of cold-extruded rice/bean-based pasta supplemented with whole carob fruit. *Foods.* 2020;9(4).
17. Sauvant P, Cansell M, Hadj Sassi A, Atgié C. Vitamin A enrichment: Caution with encapsulation strategies used for food applications. *Food Research International.* 2012;46(2):469–79.
18. Vos P, Faas MM, Spasojevic M, Sikkema J. Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. *Int Dairy J.* 2010;20(4):292–302.
19. Souza PK. Microemcapsulação de extratos vegetais e suas aplicações: Revisão sistemática. *Bagé;* 2021.
20. Pereira KC, Ferreira DC, Alvarenga GF, Pereira MS, Barcelos MC, Costa JM. Microencapsulation and release controlled by the diffusion of food ingredients produced by spray drying: A review. *Brazilian Journal of Food Technology.* 2018;21.
21. Menezes CR, Barin JS, Chicoski AJ, Zepka LQ, Jacob-Lopes E, Fries LL, Terra NN. Microencapsulation of probiotics: progress and prospects. 2013;(7):1309–16.
22. Betoret E, Betoret N, Vidal D, Fito P. Functional foods development: Trends and technologies. *Trends Food Sci Technol.* 2011;22(9):498–508.
23. Ozkan G, Franco P, de Marco I, Xiao J, Capanoglu E. A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. *Food Chem.* 2019;272:494–506.
24. González-Ortega R, Šturm L, Skrt M, di Mattia CD, Pittia P, Poklar Ulrih N. Liposomal encapsulation of oleuropein and an olive leaf extract: Molecular interactions, antioxidant effects and applications in model food systems. *Food Biophys.* 2021;16(1).
25. Pettinato M, Trucillo P, Campardelli R, Perego P, Reverchon E. Bioactives extraction from spent coffee grounds and liposome encapsulation by a combination of green technologies. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification.* 2020;151.
26. Sarkar A, Carvalho E, D'souza AA, Banerjee R. Liposome-encapsulated fish oil protein-tagged gold nanoparticles for intra-articular therapy in osteoarthritis. *Nanomedicine.* 2019;14(7):871–87.

27. Maurya VK, Bashir K, Aggarwal M. Vitamin D microencapsulation and fortification: Trends and technologies. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2020;196:105489.
28. Hasan M, Elkhoury K, Belhaj N, Kahn C, Tamayol A, Barberi-Heyob M, et al. Growth-inhibitory effect of chitosan-coated liposomes encapsulating curcumin on MCF-7 breast cancer cells. *Mar Drugs.* 2020;18(4).
29. Melo VF, Coelho JL, Sousa CM, Fernandes EA, Brito RT, Santana WJ. Pharmacological applications of controlled release drugs. *Amadeus International Multidisciplinary Journal.* 2020;5(9):124–8.
30. Wang DY, van der Mei HC, Ren Y, Busscher HJ, Shi L. Lipid-based antimicrobial delivery-Systems for the Treatment of Bacterial Infections. Vol. 7, *Frontiers in Chemistry.* 2020.
31. IStock Photo [Internet]. 2019 [acesso em 25 Fev 2023]. Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br/vetor/estrutura-de-lipossomas-gm1126691190-296720909>
32. Luna-Herrera J, Pérez-Martínez DE, Barradas-Hernández VM, Zenteno-Cuevas R. Nanoparticles as drug transporters: A promising tool against tuberculosis. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2021;38(1):143–52.
33. Li Y, Li X, Lu Y, Chaurasiya B, Mi G, Shi D, et al. Co-delivery of Poria cocos extract and doxorubicin as an ‘all-in-one’ nanocarrier to combat breast cancer multidrug resistance during chemotherapy. *Nanomedicine.* 2020;23.
34. Sandoval-Yañez C, Rodriguez CC. Dendrimers: Amazing platforms for bioactive molecule delivery systems. Vol. 13, *Materials.* 2020.
35. Santos NC, Castanho MA. Lipossomas: a bala mágica acertou? *Quim Nova.* 2002;25(6b).
36. Barros NB, Macedo SRA, Ferreira AS, Tagliari MP, Zanchi FB, Kayano AM, et al. Liposomes containing an ASP49-phospholipase A2 from Bothrops jararacussu snake venom as experimental therapy against cutaneous leishmaniasis. *Int Immunopharmacol.* 2016;36:225–31.
37. Batista CM, Carvalho CM, Magalhães NS. Lipossomas e suas aplicações terapêuticas: estado da arte. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas.* 2007;43(2):167–79.
38. Lopes NA. Desenvolvimento de lipossomas nanométricos para armazenamento e liberação controlada de peptídeos antimicrobianos. Porto Alegre; 2018.
39. Deodhar S, Dash AK. Long circulating liposomes: challenges and opportunities. *Ther Deliv.* 2018;9(12):857–72.

40. Bozzuto G, Molinari A. Liposomes as nanomedical devices. *Int J Nanomedicine*. 2015;975.
41. Neves MT, Santos FR, Gonçalves DJR, Fernandes JG, Justino HFM, Júnior BRC, et al. Uso da tecnologia de lipossomas no encapsulamento de compostos bioativos - Revisão. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*. 2021;7(4).
42. Pinilla CMB. Estudo da estabilidade em longo prazo e aplicação de nanolipossomas contendo nisina e extrato de alho. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2020.
43. Bertolini D. Coencapsulação em lipossomas de compostos bioativos provenientes de cultivo de *Chryseobacterium* sp. kr6. Porto Alegre; 2019.
44. Maherani B, Arab-Tehrany E, R. Mozafari M, Gaiani C, Linder M. Liposomes: A review of manufacturing techniques and targeting strategies. *Curr Nanosci*. 2011;7(3):436–52.
45. Heckler C. Avaliação do potencial inibitório de timol e carvacrol livres e encapsulados em nanovesículas sobre um pool de *Staphylococcus aureus* aderido em aço inoxidável. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/175456/Poster_52062.pdf?sequence=2. 2017.
46. Oliveira JÉ. Estudos de caracterização e aplicação de lipossomas associados à peptídeos antifúngicos derivados de histitina-5 visando o combate de *candida albicans*. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; 2022.
47. Melo AC. Sistemas de nanopartículas de base lipídica para a entrega de ácidos nucleicos. [Coimbra]: Universidade de Coimbra; 2022.
48. Bangham AD, Standish MM, Watkins JC. Diffusion of univalent ions across the lamellae of swollen phospholipids. *J Mol Biol*. 1965;13(1):238-IN27.
49. Terra ALM, Contessa CR, Rasia TA, Vaz BS, Moraes CC, Burkert JFM, et al. Nanotechnology Perspectives for Bacteriocin Applications in Active Food Packaging. *Industrial Biotechnology*. 2022;18(3):137–46.
50. Malheiros PS, Daroit DJ, Brandelli A. Inhibition of *Listeria monocytogenes* in minas frescal cheese by free and nanovesicle-encapsulated nisin. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2012;43(4):1414–8.
51. Malheiros PS, Sant’Anna V, Micheletto YM, da Silveira NP, Brandelli A. Nanovesicle encapsulation of antimicrobial peptide P34: physicochemical characterization and mode of action on *Listeria monocytogenes*. *Journal of Nanoparticle Research*. 2011;13(8):3545–52.
52. Jiao D, Liu Y, Liu Y, Zeng R, Hou X, Nie G, Sun L, Fang Z. Preparation of phosphatidylcholine nanovesicles containing bacteriocin CAMT2 and their anti-listerial

- activity. *Food Chem.* 2020;314:126244. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.126244. Epub 2020 Jan 18. PMID: 31982854.
53. Soto KM, Hernández-Iturriaga M, Loarca-Piña G, Luna-Bárceñas G, Mendoza S. Antimicrobial effect of nisin electrospun amaranth: pullulan nanofibers in apple juice and fresh cheese. *Int J Food Microbiol.* 2019;295:25–32.
54. Eghbal N, Viton C, Gharsallaoui A. Nano and microencapsulation of bacteriocins for food applications: A review. *Food Biosci.* 2022;50.



**CIÊNCIA SENSORIAL E
ESTUDOS DE CONSUMO**

PERCEPÇÕES DOS CONSUMIDORES SOBRE O USO DE SUBPRODUTOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS NA ELABORAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

Isabel Pereira de CARVALHO *; Gilsandro Alves da COSTA ; Mateus Sabino de Souza FERREIRA 

*Isabel Pereira de Carvalho - isabelpereira5@hotmail.com

Resumo: O Brasil é um dos maiores produtores de frutas e hortaliças, ocupando a 4ª posição dos produtores mundiais, contudo, um terço desta produção é desperdiçada, sendo que ocupada a 10ª posição mundial nesse quesito. Pensando no melhor aproveitamento dessas matérias-primas, redução dos desperdícios de alimentos, aliado ao aproveitamento integral de alimentos e a consumo consciente, é que sugerimos a utilização de subprodutos derivados da indústria de processamento de fruta e hortaliças na elaboração de novos produtos alimentícios, como sendo fontes alternativas aos produtos convencionais. O trabalho se propõe a exposição de formulações alimentícias, com receitas simples e fáceis de serem elaboradas, resultados de subprodutos vegetais. As receitas foram divulgadas em perfis das redes sociais durante 7 meses. Os efeitos e as observações com as percepções dos seguidores do projeto foram realizados através da coleta de dados feita através de questionários aplicados com links do Google Forms nas redes sociais. Boa parte do público participante eram jovens adultos, possuindo graduação incompleta e algum vínculo com a UFPB. 78% dos participantes já ouviram falar sobre tecnologia de frutas e hortaliças, 38% não consideram o assunto importante em sua cozinha, 95,4% dos participantes associam o consumo de produtos elaborados com resíduos como sendo algo saudável que pode trazer benefícios à saúde. Ficou claro que boa parte dos participantes consideram que esses produtos devem ser apresentados aos consumidores ainda na infância e que esses produtos deveriam ser comercializados em grades redes para uma maior aceitação.

Palavras chaves: alimentos; aproveitamento; redes sociais; resíduos; vegetais.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de frutas e hortaliças ocupando a 4ª posição entre os produtores mundiais. O desperdício de alimentos tem inicia-se desde a plantação até o chegar à mesa do consumidor, esse desperdício chega a 35% da produção anual, colocando o Brasil entre os 10 países que mais desperdiça alimentos no mundo (1). No entanto, os desperdícios durante toda cadeia alimentar têm as seguintes origens: 10% no campo; 50% no manuseio do transporte; 30% nos centros de abastecimentos; 10% nos supermercados e consumidores. Estas perdas não só geram um prejuízo econômico como também aglomerados de resíduos que impactam na segurança alimentar e nutricional da população. No entanto, a falta de conhecimento sobre o reaproveitamento de alimentos pode ser um dos fatores que levam a insegurança alimentar. Para Galindo (2), desde 2017 a um aumento significativo de insegurança alimentar no Brasil, que em 2020 alastrou-se devido a pandemia, gerando mais desigualdades alimentares em 50% dos brasileiros.

Para divulgar esses novos produtos, algumas pessoas utilizam as redes sociais como comunicador abrangendo um público maior. Hoje em dia as redes sociais vêm sendo um grande fator de impacto na alimentação da população. As palavras como “estilo de vida saudável” e “alimentação saudável” são uma das mais procuradas em pesquisas, não obstante do fato de que tem crescido o número de consumidores veganos. Utilizando-se de um marketing estratégico onde seu público-alvo são jovens adultos que desejam mudar a sua relação com a comida, alguns influenciadores digitais buscam atingir por meio de publicações, e stories divulgando o seu dia a dia (3).

Diante disso, esse trabalho tem como objetivo identificar a percepção dos consumidores referente ao tema e a divulgação de formulações alimentícias elaboradas com subprodutos vegetais nas redes sociais.

DESENVOLVIMENTO

O trabalho realizado pelos extensionistas da UFPB, foi desenvolvido e implementado pelos alunos do curso de Engenharia de Alimentos do Centro Tecnológico (CT), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado no Campus I na cidade de João Pessoa-PB. As redes sociais utilizadas foram o Instagram e o Facebook. A atualização do perfil do projeto nas redes sociais foi feita semanalmente, por meio de post para o “feed” e para os “stories”. Para criação do conteúdo foram utilizados programas Photoshop e site Canva.

A criação de conteúdos para as postagens foi elaborada com base em artigos científicos, livros e livretos da área de reaproveitamento de frutas e hortaliças. Nos posts se encontravam os ingredientes referentes a receita, o modo de preparo e curiosidades referente a matéria prima utilizada na receita, como por exemplo, a descrição dos benefícios à saúde de algumas vitaminas, minerais e outros nutrientes.

A pesquisa teve como finalidade ser explicativa, devido ao fato de que queríamos explicar a influência das crenças, conhecimentos e da ciência na utilização de subprodutos para a alimentação humana. O método utilizado na pesquisa foi o quantitativo analítico, devido ao fato de que os dados coletados no questionário aplicado contribuíram na formulação de hipóteses sobre o tema da pesquisa.

Após o tempo de exposição das postagens nos perfis das redes sociais (7 meses), foi elaborado e aplicado um questionário que serviu como coletada de dados para a avaliação do trabalho com a discussão das hipóteses que foram levantadas através dos quesitos no questionário aplicado. O questionário foi elaborado e postado no *Google Forms*, foram disponibilizados no Instagram, grupos de *Whatsapp* e pelo Facebook para os seguidores das redes sociais e também para a comunidade acadêmica da universidade de uma forma em geral. O questionário aplicado continha as seguintes perguntas conforme exposto no **Quadro 1** abaixo.

Quadro 1 - Questionário aplicado nas redes sociais:

Questionário 1	
Questões	Perguntas
1	Qual a sua faixa etária?
2	Qual a cidade de residência
3	Assinale a alternativa que se adequa ao seu grau de escolaridade
4	Você é aluno ou tem conhecidos matriculados em um dos cursos de graduação da UFPB?
5	Você conhece ou já ouviu falar em Tecnologia ou Processamento de Frutas e

	Hortaliças?
6	Para você, quão importante é o aproveitamento dos resíduos de frutas e hortaliças nos dias atuais?
7	Você concorda que o aproveitamento integral de frutas e hortaliças, reduz a produção de lixo, promove o uso do alimento por um maior tempo e promove a segurança alimentar?
8	O uso consciente de cascas, talos e sementes de frutas e hortaliças, para a elaboração de novos produtos, pode garantir uma contribuição redobrada de componentes nutricionais essenciais para a saúde. Sobre essa afirmação, qual a sua opinião?
9	O desenvolvimento de receitas utilizando subprodutos de frutas e hortaliças podem estar associados a questões econômicas. Sobre essa afirmação, qual a sua opinião?
10	Que nível de importância os resíduos de frutas ou hortaliças recebem em sua cozinha?
11	Você associa o uso dos resíduos de frutas e hortaliças como sendo destinado a alimentação animal?
12	Você associaria o uso de resíduos de frutas e hortaliças para a alimentação humana com a ingestão de agrotóxicos (agroquímicos)?
13	Das receitas que foram publicadas no perfil do Instagram reaproveitamento de frutas 2022 , você se interessou a elaborar alguma delas?
14	Você associaria o consumo constante de resíduos de frutas e hortaliças como sendo algo saudável a ser praticado e que possa trazer benefícios a saúde?
15	Em sua opinião, o que mais reflete a realidade do tema na informação abaixo é. A influência do maior/menor consumo de resíduos de frutas e hortaliças se dá devido a questões como:
16	O que significa o consumo integral dos alimentos, no caso das frutas e hortaliças?
17	Você tem conhecimento sobre o fato de consumir ou não, algum produto industrializado que tenha sido resultado do aproveitamento de resíduos de frutas e hortaliças?
18	Em relação ao consumo consciente . Qual das alternativas abaixo descreve melhor esse conceito.
19	Em sua opinião, por que os alimentos derivados de resíduos de frutas e hortaliças não são largamente consumidos? Embora sejam conhecidos por possuírem maior quantidade de fibras, vitaminas e minerais.
20	Caso esses produtos fossem comercializados em supermercados, feiras e restaurantes, você estaria disposto a experimentar ou até mesmo adquirir para consumo?
21	Na sua opinião, os produtos derivados de resíduos de frutas e hortaliças devem ser inseridos em nossa alimentação ainda na infância para que possuam uma maior aceitabilidade?

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em relação ao perfil dos entrevistados tivemos que a maioria do público participante era composta por jovens, representando 59,4% do total, com idades entre 15 a 25 anos e 26,9% do total de entrevistados eram adultos com idades entre 25 a 35 anos. A grande maioria do público participante da pesquisa tem residência em João Pessoa – PB, cerca de 58%.

No quesito escolaridade, o público participante possui graduação incompleta, sendo eles 47,7% do total. No entanto, 94,5% dos participantes conheciam algum aluno da UFPB, estabelecendo um vínculo com a comunidade. Esses dados nos permitiram pensar que em sua maioria o nosso público participante são estudantes de graduação na UFPB, e sendo assim, supõe-se um nível de conhecimento como sendo básico sobre o assunto, ou ao menos, possuir condições para exercer crítica e assumir posturas diferenciadas em relação ao assunto. Esse conhecimento crítico permite que os jovens adultos tenham uma preocupação tanto no consumo, como na sustentabilidade do planeta (4).

Em relação ao conhecimento sobre o assunto de Tecnologia ou Processamento de Frutas e Hortaliças 78,1% do público participante já tinha ouvido falar. No caso da importância do aproveitamento de frutas e hortaliças 75,5% consideraram muito importantes. O processamento de frutas e hortaliças é qualquer processo que tenha intuito de conservar o alimento vegetal aumentando a vida útil dele tornando prontos para o consumo ou preparo. O conhecimento sobre assunto auxilia na conservação dos alimentos, na qualidade do produto perante o consumo e agregação do produto (5).

Quando sendo questionados sobre o aproveitamento integral de frutas e hortaliças, cerca de 86,8% dos participantes disseram concordar com a afirmação de que: o aproveitamento integral de frutas e hortaliças reduz a produção de lixo, promove o uso do alimento por um maior tempo e promove a segurança alimentar. Para a pergunta do que significa consumo integral dos alimentos (sendo eles frutas e hortaliças), 45% consideraram que “O aproveitamento integral dos alimentos, é aquele onde se é utilizado a polpa casca e sementes do alimento”. A segurança alimentar é o acesso aos alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer outras necessidades essenciais e no Brasil apenas 50% da população brasileira está dentro dessas condições (6). Claramente podemos entender que, se o conceito de consumo integral ganha uma popularidade de forma educativa, poderíamos ter um número mais significativo em relação a segurança alimentar em nosso País, tendo em vista, o grande número de desperdício de alimentos em nossa nação. A insegurança alimentar no Brasil poderia ser reduzida se a população aproveitasse integralmente os alimentos, isto é, se utilizassem no caso das frutas e hortaliças também as cascas, sementes e talos, com sendo fontes de alimentação através da geração de novos produtos (7). Este assunto vem sendo um fator preocupante nos últimos tempos, a grande maioria da população brasileira mostra-se preocupada com esse tema. Estudos comprovam que as folhas, talos, cascas e sementes podem conter boa quantidade de fibras, vitaminas e minerais (8).

O processamento dos resíduos de frutas e hortaliças tem o propósito de aumentar a vida útil do produto por uma série de procedimentos tornando-o próprio para consumo por um maior tempo. No Brasil em 2022, foi gerado 27 milhões de toneladas de resíduo de frutas e hortaliças sendo que nem um terço desses foram destinados a serem reciclados ou até reaproveitados de outra forma. O acúmulo desses resíduos gera doenças para população como no caso da dengue (9).

Para afirmação feita no questionário “o uso consciente de cascas, talos e sementes de frutas e hortaliças, para a elaboração de novos produtos, pode garantir uma contribuição redobrada de componentes nutricionais essenciais para a saúde”, tivemos que 90,5% do público participante concordou totalmente com a afirmação. No entanto, pode-se perceber

que na prática um pouco mais da metade dos participantes exercem de fato o aproveitamento de resíduos como alimentos. A essa discrepância podemos associar o fato de que o discurso é meramente teórico e não condiz com a prática. Podemos levantar a possibilidade de pensarmos sobre preconceitos no uso dos resíduos de alimentos para destinação a alimentação humana, como estando sobreposto ao conhecimento de que esses produtos são ricos em nutrientes. É como se a tradição, a crença ou o conceito concebido sobre o assunto, impedisse a absorção do entendimento para as novas tecnologias (10).

A discussão acima fica validada pelo fato de que, 68,2% dos participantes concordam totalmente com o fato de que “o desenvolvimento de receitas utilizando subprodutos de frutas e hortaliças podem estar associadas a questões econômicas”, ou seja, o fato de elaborar receitas de resíduos de frutas e hortaliças está ligado a escassez de recurso para a compra de alimentos, em outras palavras, só a classe C faz isso (11). E quando questionados sobre o interesse por alguma receita publicada em nossas redes sociais, apenas 49% dos participantes disseram ter interesse em elaborar as receitas. Em cima da afirmação podemos entender a não realização da elaboração das receitas pode ter origem em prejulgamentos sobre a questão nutritiva, microbiológica e sensorial do produto.

Para o público participante 37,9% dão pouca importância aos resíduos de frutas e hortaliças em suas cozinhas. Quando consideramos o nível de escolaridade do público respondente, esse número pode ser considerado baixo, tendo em vista de que, é na universidade onde são construídos ou burilados os senso críticos de acordo com novos conceitos trazidos pela ciência. O aumento do lixo está ligado a essa falta de interesse dos consumidores em adotar medidas ou práticas de redução de consumo. Desconhecimento sobre conceitos como o consumo consciente, a pouca familiaridade com questões ambientais também podem ser interpretadas nesse percentual de respostas nesse quesito (12). Pintado e Teixeira (13), relatam que os subprodutos vêm ganhando espaço no mercado, tanto por um fator econômico para a indústria, como também por ser um nicho de um novo mercado instalando-se no contexto da vida contemporânea, e não deixando de ressaltar o grande boom com os setores de P&D dentro das indústrias de alimentos vem sofrendo nos últimos anos.

Ao perguntar se consideravam os resíduos de frutas e hortaliças como destinado a alimentação animal, 59,9% consideram que sim. Este fato ocorre com frequência ainda nas cidades e populações rurais, pois nas pequenas e grandes criações de animais, como a suinocultura, grande maioria dos resíduos de alimentos é destinada como ração para esses animais (14). A falta de informação acompanhada de uma divulgação deficiente, podem ser fatores que se somam contribuindo para que haja um aumento no desperdício de subprodutos de alimentos. As crenças populares também são grandes influenciadoras de tal prática, tendo em vista que, para muitos, as cascas não devem ser consumidas, pois podem ocasionar problemas a saúde, devendo ser descartadas ou destinadas ao uso na alimentação animal (15).

Quando perguntado sobre a associação do uso de resíduos na alimentação humana com a ingestão de agrotóxico, 53,7% consideram que não. A ingestão destes agrotóxicos ocasiona em graves problemas de saúde caso esse consumo seja em excesso e frequente. No entanto, para algumas pessoas os resíduos de agrotóxicos permanecem na casca dos alimentos não importando o tratamento que recebam (16). Entendemos que alguns fatores devem ser levados em consideração pelos consumidores no momento de decidirem pelo uso ou não integral dos produtos vegetais na alimentação. As cascas de frutas e hortaliças muitas vezes estão associadas a estarem contaminadas com agrotóxicos, tendo em vista que, o uso de agrotóxicos nas plantações em frutas e hortaliças é um fator comum e preocupante para

população brasileira. Segundo o MAPA (17), um terço dos alimentos consumidos pelos brasileiros, estão contaminados com algum tipo de pesticidas e esse tipo de informação tem bastante relevância entre os consumidores e isso independe do nível de conhecimento, escolaridade entre outros.

Perguntamos também se associariam o consumo constante de resíduos de frutas e hortaliças como sendo algo saudável a ser praticado e que possam trazer benefícios a saúde, então tivemos que, 95,3% dos participantes responderam que sim. No entanto, podemos perceber aqui que em níveis de conhecimento os participantes se mostram familiares do assunto. Assim, ao serem questionados sobre o maior ou menor consumo de resíduos de frutas e hortaliças por falta de informação vimos que, 76,3% dos participantes consideram essa como sendo a principal causa na baixa pelo consumo desses produtos.

Ao questionar se o público participante tinha conhecimento sobre o fato de consumir algum produto industrializado de resíduos de frutas e hortaliças, tivemos que, 56,9% do total de participantes respondeu que não. Ao serem questionados sobre o não consumo de alimentos derivados de resíduos, 41,3% dos participantes responderam que não possuíam conhecimento sobre o produto. Questionamos sobre se consumiriam caso este produto fosse comercializado em supermercados, feiras e restaurantes, e tivemos que, 76,1% do total de participantes consideravam que consumiriam. Aqui podemos entender que a maior divulgação, e tecnologias implantadas pelas indústrias para confecção desses tipos de produtos poderiam em elevar a aceitação e conseqüente consumo desses produtos. Vimos que não apenas pode ser traduzido pela responsabilidade do consumidor em aproveitar resíduos, mas que os centros de pesquisas com alimentos, e as indústrias têm importante papel a realizar com a sociedade nesse sentido. Ainda pode ser destacado como tendo influência para consumidor o fato de não existirem uma variedade de produtos desenvolvidos de resíduos de alimentos que sejam comercializados tal como os demais alimentos convencionais. A falta de informação gerada pela pouca divulgação, leva consumidores a ignorância e desconhecimento do fato de que, na realidade os subprodutos vegetais podem conter variação de quantidade e qualidade de nutrientes como, proteínas, lipídeos, minerais, vitaminas, carotenoides, entre outros

Quando questionamos se esses produtos derivados de resíduos de frutas e hortaliças devem ser inseridos ainda na infância em nossa alimentação para que possuam maior aceitabilidade, tivemos que, 87,1% dos participantes consideraram que sim. É fundamental que alimentos de origens saudáveis sejam ofertados ainda na infância principalmente aqueles que sejam ricos em vitaminas, minerais e fibras, para que auxiliem a redução do risco do aparecimento de doenças crônicas não transmissíveis (18). Alguns resíduos de frutas são extremamente ricos, como no caso das cascas de jabuticaba. As cascas de jabuticaba apresentam altas concentrações de compostos fenólicos e possuem atividade antimicrobiana (19). Outros resíduos de fruto rico em nutriente, é a semente de maracujá, sendo ela antiaterogênico e hipocolesterolêmico (20).

CONCLUSÃO

Entendemos que os consumidores têm percepções ainda equivocadas sobre o tema abordado na pesquisa, e que os grandes detentores para alavancar o conhecimento e consumo desses produtos seriam as grandes indústrias de alimentos (produção e investimento), juntamente com as grandes redes de comercialização e distribuição (disponibilização).

Entende-se ainda que produtos elaborados com resíduos devem ser apresentados na alimentação as pessoas quando são ainda crianças. A isso entende-se que a aceitação desses produtos seria maior se a educação fosse trabalhada desde a primeira infância.

REFERÊNCIAS

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food wastage footprint & climate change. Acesso dia 26 fevereiro de 2023. Disponível em:< <http://www.fao.org/3/a-bb144e.pdf>> .
2. Galindo E, Teixeira MA, De Araújo M, Motta RP, Mendes ML, Renno L et al. Efeitos da pandemia na alimentação e na situação da segurança alimentar no Brasil. 2021; 2.
3. Pilař L, Pilařová L, Chalupová M, Kvasničková Stanislavská L, Pitrová J et al. Blogueiros de comida na rede social do Twitter: Comida saborosa, saudável, caseira vegana. *Alimentos* . 2022; 11(18):2798.
4. Freitas MFQ, Souza J. Pensar a formação e a pesquisa na pós-graduação stricto sensu. *Educar em Revista*. [Internet]. 2018. Sep 34. 09-18. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/er/a/RdZtcxFbV9kzZ7D7GvDzrCN/?lang=pt#>
5. Alvarenga PDL, Cavatti LS, Valiati BS, Machado BG, Capucho LC, Domingos MM, Silva MN, Vieira MS, De São José JFB. Aplicação do ultrassom no processamento de frutas e hortaliças. *Brazilian Journal of Food Technology*. [Internet]. 2021; 24. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/mWbwW66WBWxFhbLFJdnCHtv/abstract/?lang=en#>.
6. De Souza BFNJ, Bernardes MS, Vieira VCR, Francisco PMSB, Marín-León L, Camargo DFM, Segall-Corrêa AM et al. (In) segurança alimentar no Brasil no pré e pós pandemia da COVID-19: reflexões e perspectivas:(In) segurança alimentar no pré e pós pandemia. *InterAmerican Journal of Medicine and Health*. [Internet]. 7 de fevereiro 2021;4. Disponível em: <https://iajmh.emnuvens.com.br/iajmh/article/view/160>.
7. Ministério da Saúde (BR). Guia Alimentar para a população brasileira, 2014. 15-44. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=guia+alimentar+2014&oq=guia+alimentar+2014&aqs=chrome..69i57j0i512i2j0i22i30i2.16435j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.
8. Aiolfi AH, Basso C. Preparações elaboradas com aproveitamento integral dos alimentos. *Disciplinarum Scientia Saúde*. 2013; 109-114.
9. Sobral MFF, Sobral AIGP. Casos de dengue e coleta de lixo urbano: um estudona Cidade do Recife, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2019;24. 1075-1082.
10. Padilha M do R de F, Shinohara NKS, Oliveira FHPC de, Silva SM da, Matsumoto M. Alimentos elaborados com partes não convencionais: avaliação do conhecimento da comunidade a respeito do assunto. *AAPCA* [Internet]. 21º de dezembro de 2016

- [citado 26º de fevereiro de 2023];11:216-25. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/1122>
11. Costa Filho DV, Silva AJ, Silva PAP, Sousa FC et al. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. In: II Congresso Internacional das Ciências Agrárias–COINTER–PDVAgro. 2017.
 12. De Souza CHM, Cunha Filho EP, Queiroz HM, Vieira J , Pinto MM, et al. Perdas e Desperdício de Alimentos. 2021
 13. Pintado ME, Teixeira JA. Valorização de subprodutos da indústria alimentar: obtenção de ingredientes de valor acrescentado.2015
 14. Pedrassolli IMI, Junior ACH, Pandolfi MAC. Aproveitamento dos resíduos de manga das agroindústrias. 2015 SIMTEC [Internet]. 24set.2017 [acessado em 27 fevereiro 2023];3(1):7. Disponível em: <https://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/247>
 15. Pinheiro APC, Szczerepa SB. Aproveitamento integral dos alimentos entre usuários dos centros de referência da Assistência Social de Ponta Grossa-PR. Revista Nutrir-ISSN 2358-2669. 2018; 1. 10.
 16. Vinha MB, Pinto CLO, Pinto CMF, Souza CF, Souza MRM, Oliveira LL ,et al. Impactos do uso indiscriminado de agrotóxicos em frutas e hortaliças. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável. RBAS [Internet]. 1º de julho de 2013 [citado 3º de março de 2023];3(1). Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2788>.
 17. Ministério da Saúde. (BR) Instrução Normativa nº 27 de 30 de agosto de 2010. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
 18. Cristo TW, Lima FL, Silva VC, Candido CJ, Santos EF, Novello D, et al. Aproveitamento da casca de batata doce na produção de panetone: caracterização físico-química e aceitabilidade sensorial entre crianças. Conexão CI. 2018. 13. 21-28.
 19. Oliveira FC, Marques TR, Machado GHA, Carvalho TCL, Caetano , Batista LR, Corrêa AD. Jabuticaba skin extracts: phenolic compounds and antibacterial activity. Brazilian Journal of Food Technology.[Internet]. 2018; 21. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/9CMkYCspFh683FX4kGTzhTN/abstract/?lang=en#>.
 20. Vieira ELS. Determinação do potencial nutricional, antiaterogênico e hipocolesterolêmico do óleo da semente de maracujá via cromatografia gasosa.[Trabalho de Conclusão de Curso]. Belém. Universidade Federal do Pará. 2019.

Capítulo 12

Doi.org/10.53934/9786585062060-12

INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CULTIVO DE DIFERENTES REGIÕES BRASILEIRAS NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE FILÉS DE GAROUPA-VERDADEIRA (*Epinephelus Marginatus*)

Diana Carla Fernandes Oliveira *; Jeison Bruno de Paulo Ribeiro ; Ana Luiza de Souza Miranda ; Louise Paiva Passos ; Francielly Corrêa Albergaria ; Letícia Tavares Martins ; Maria Emília de Sousa Gomes 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
diana_zootecnista@yahoo.com.br

Resumo: Garoupas são peixes bastante apreciados na culinária devido às suas propriedades sensoriais agradáveis. Entretanto, as características sensoriais das espécies de peixe são influenciadas pela idade, sistema de criação, regime alimentar, dentre outros, os quais podem afetar a aceitação pelo mercado consumidor. Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar diferenças sensoriais no filé de garoupas criadas em três sistemas de cultivo, sob diferentes regimes alimentares, localizadas em três regiões do Brasil, através das conclusões de um grupo de foco. O estudo foi dividido em duas etapas. Na primeira, os participantes do grupo de foco analisaram amostras in natura de exemplares de cada sistema de criação, sem a utilização do paladar, orientados a avaliar aparência, textura aparente e aroma das amostras. Na segunda etapa, os participantes analisaram amostras assadas e foram autorizados a degustá-las. Nesta última etapa, cada participante recebeu 3 amostras, sendo duas delas da mesma região e a outra de uma região diferente, sendo orientados a apontar, de forma descritiva, os atributos sensoriais, além de inferir notas a cada amostra baseados em uma escala hedônica de nove pontos. Sendo estas notas utilizadas para calcular o Índice de Aceitabilidade (IA) de cada amostra. Observou-se que, na primeira etapa, não foi possível identificar diferenças entre as amostras ocasionadas pelo modo de cultivo. Entretanto, na segunda etapa houve percepção de diferenças entre as amostras de cada região com seu respectivo método de cultivo e regimes alimentares distintos.

Palavras-chave: avaliação hedônica; consumidor; método de cultivo; regime alimentar

INTRODUÇÃO

A garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*), pertence à família Serranidae, que compreende 159 espécies, distribuídas em 15 gêneros (1). Com ampla distribuição geográfica, tem ocorrência do Sul da Bahia até a Patagônia Argentina (2,3). É uma espécie marinha muito apreciada, bastante utilizada pela gastronomia brasileira, sendo considerada um peixe nobre, por ter uma carne saborosa e proporcionar benefícios a saúde humana, principalmente ao apresentar baixos níveis de gordura e alto valor nutritivo (4).

Além de fortalecer o turismo local, ao ser apresentada como diferencial gastronômico em muitas regiões do país (5,6).

A espécie *E. marginatus* é caracterizada como hermafrodita sequencial protogínica monândrica (7,8,9), ou seja, os indivíduos primeiro se reproduzem como fêmeas e, após a inversão sexual, tornam-se machos. Além disso, possuem alta fidelidade ao local, crescimento lento, maturidade sexual tardia e suscetível à sobrepesca, isto é, a espécie é pescada além da sua capacidade natural de reprodução (10). Sua população vem diminuindo consideravelmente, pois a espécie é vulnerável à pesca, mesmo a artesanal (11). Por isso, desde 1996, a garoupa verdadeira está listada na lista vermelha da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (12), e classificada como EM A2d o que significa que a espécie corre risco de extinção na natureza. (13).

A produção da piscicultura marinha mundial tem apresentado uma taxa de crescimento anual superior a 10% nos últimos 20 anos (FAO, 2012) (14). E pode ser uma boa alternativa para amenizar os impactos da sobrepesca em populações naturais (15). Segundo dados da FAO (2021) (16), a produção mundial de garoupas (não só *E. marginatus*) mais que dobrou nos últimos 10 anos, sendo o continente asiático o único produtor na atualidade. Os principais países produtores foram a China (65% da produção total), Taiwan (17%) e Indonésia (11%) (17). A produção em cativeiro (aquicultura) de *E. marginatus* pode diminuir a pressão de pesca sobre a espécie, fornecendo ao mercado um produto com rastreabilidade e certificado de origem (18). O cultivo de garoupas tem sido realizado na Ásia principalmente em sistemas de tanque-rede no mar ou em viveiros escavados, e recentemente alguns criadores da China e Hong Kong têm investido em sistemas de recirculação (19).

A criação da garoupa em cativeiro utilizando o sistema de fluxo contínuo, na qual a água é bombeada direto do mar até os reservatórios, surge como uma alternativa viável para fins comerciais, a Redemar Alevinos, empresa privada localizada em Ilhabela SP, realiza reprodução e criação neste sistema. Ainda, há a possibilidade da utilização de tanques de rede no mar, técnica aplicada pela empresa Fazenda Maricultura Costa Verde, localizada em Angra dos Reis, RJ. Além da possibilidade de utilização de tanques escavados, comumente usados na criação de camarões (20), método utilizado pela empresa Mar do Brasil, localizada em Laguna, SC.

A aquicultura enfrenta grandes desafios, dentre eles é fazer com que o produto que chega ao acesso do consumidor seja semelhante ao capturado na natureza, seja no aspecto nutricional e no sensorial. Entretanto, sabe-se que existem diferenças na composição de nutrientes, propriedades físico-químicas e sensoriais entre os peixes ‘selvagens’ e os provenientes da aquicultura, e o principal fator para tais diferenças, é a dieta que o animal é submetido (21).

A análise sensorial é uma disciplina científica, amplamente utilizada na indústria de alimentos para interpretar, analisar, medir e qualificar as características sensoriais dos produtos, através dos sentidos humanos: a visão, o olfato, o paladar, o tato e até mesmo a audição (22). Existem diversas técnicas que podem ser aplicadas dentro da análise sensorial, dependendo do objetivo que se deseja atingir, do tipo de alimentos, entre outros fatores que influenciam na escolha da metodologia.

A carne de pescado apresenta atualmente um grande potencial de mercado, pois esse produto industrializado ou in natura pode atender às necessidades do consumidor com relação aos aspectos nutricionais, sensoriais (sabor agradável, suave e característico) e conveniência (fácil preparo ou pré-pronto).

A técnica do grupo focal, foi primeiramente explorada pelos profissionais do marketing, cerca de 50 anos atrás, entretanto, ao longo do tempo foi se consolidando em outras áreas, por ser uma técnica adaptável a qualquer tipo de abordagem. O principal objetivo de um grupo focal é identificar percepções, sentimentos, atitudes e ideias dos participantes a respeito de um determinado assunto, produto ou atividade (23).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo verificar a influência do sistema de cultivo e da alimentação nas características sensoriais de garoupas verdadeiras produzidas em três regiões brasileiras. Para tanto, utilizou-se do grupo de foco para analisar as diferentes percepções observadas pelos julgadores e elucidar os descritores sensoriais de cada amostra.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais

As garoupas-verdadeiras (*Epinephelus marginatus*) usadas no trabalho, foram criadas em diferentes sistemas de cultivo comercial, sendo elas: I) sistema de fluxo contínuo (SFC), em Ilhabela/SP, a uma densidade de 50 peixes/m³ em tanque com água bombeada continuamente do mar para o sistema de criação, e alimentados com ração comercial extrusada para peixes carnívoros marinhos, II) sistema de tanque rede no mar (TRM), posicionados próxima a costa no mar, em Angra dos Reis/RJ, a uma densidade de 8 peixes/m³, alimentados com resíduo de pesca (*trash fish*); e III) viveiro escavado (VE) revestido com gel membrana, em Laguna/SC, a uma densidade de 4 peixes/m³, com água bombeada de lagunas que se comunicam com o mar por meio de canais, tornando a água salobra ou salgada, e os animais foram alimentados com ração extrusada para peixes carnívoros marinhos (Figura 1).

Figura 1- Imagens ilustrativas dos sistemas de cultivo: sistema de fluxo contínuo (I), sistema de tanque rede ao mar (II) e viveiro escavado (III).



As garoupas foram abatidas com cerca de 2 anos de idade, evisceradas e congeladas pelos criadouros e transportadas, de cada localidade, em caixas térmicas à Planta Piloto de Processamento de Pescado, no Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras, em Lavras-MG.

Os peixes inteiros e eviscerados foram descongelados por 24 h em refrigerador (modelo RDV48, Continental, Curitiba, PR, Brasil) com temperatura controlada a 7 °C (± 2 °C). Após, foram lavados em água corrente clorada e submetidas à mesa serra fita (modelo 1,69, CAF Máquinas, Rio Claro, SP, Brasil) para retirada da cabeça e das

nadadeiras, retirada de pele e filetagem. Os filés foram armazenados em freezer (modelo GTPC – 575, Gelopar, Chapada Araucária, PR, Brasil) a -18 °C.

Grupo de foco

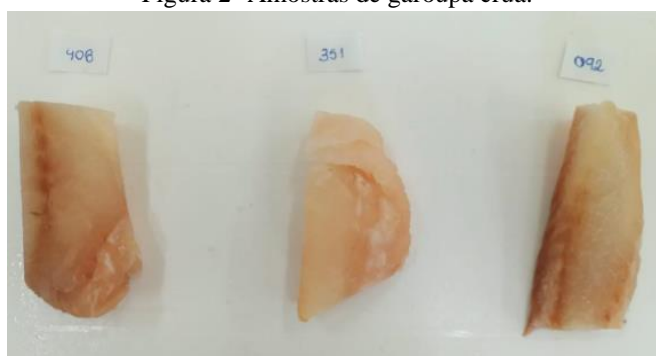
O projeto foi aprovado, sob o parecer número 5.265.757, pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) em seres humanos vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa da UFLA (CAAE: 31930114.3.0000.5148).

Para a realização das análises pelo grupo de foco do filé *in natura* e assado, as amostras foram descongeladas sob refrigeração com temperatura controlada a 7 °C (± 2 °C) por 12 h. Os filés assados, foram envoltos por papel alumínio em forno convencional a gás (modelo Facilite, Consul, Joinville, SC, Brasil), sob temperatura de 150 °C por, aproximadamente, 40 minutos. Após o processo de cocção, as amostras foram partidas em aproximadamente 50 g e dispostas em copos plásticos de 50 mL para apresentação aos julgadores.

O grupo de foco foi composto por uma moderadora, e por 6 julgadores não treinados, consumidores frequentes de carne de peixe, e devidamente orientados a não se alimentarem, não tomarem café e a não fazerem o uso de cigarros por, no mínimo, 4 h antes dos testes, para não influenciar na percepção sensorial.

O grupo de foco foi dividido em dois momentos: 1) análise das amostras *in natura* e 2) análise das amostras assadas, sem a utilização de sal ou qualquer especiaria para tempero. Na primeira etapa, as 3 amostras *in natura* dos filés de garoupa cultivadas em diferentes regiões (Figura 2), foram apresentadas aos julgadores e, em seguida, os mesmos foram orientados a analisar as características visuais, olfativas e táteis das amostras, e descreverem a caracterização percebida da aparência, textura aparente e aroma das amostras, podendo fazer uso do artifício da análise referencial, isto é, se amostra remetia ao participante o aroma de peixe marinho, por exemplo, ele poderia relatar tal referência. Os participantes foram orientados a relatar o maior número de características que conseguirem individualmente, ou seja, não comparar as amostras entre si.

Figura 2- Amostras de garoupa crua.



Fonte: Dos autores

Na segunda etapa do experimento, cada participante recebeu 3 amostras de garoupa assadas codificadas com três dígitos de forma aleatória, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Amostras assadas apresentadas aos julgadores de filés de garoupas cultivadas em diferentes regiões brasileiras.



Fonte: Dos autores

Inicialmente, os participantes foram orientados a analisar as características visuais e táteis, e em seguida, degustarem cada amostra individualmente da esquerda para a direita, e, entre uma amostra e outra, beber água mineral para a limpeza das papilas gustativas. Após, descreverem todos aspectos sensoriais e afetivos que as amostras lhe remetessem nos seguintes quesitos: Aparência; Aroma; Textura e Sabor.

Além disso, os julgadores conferiram a cada amostra uma nota de 1 a 9, utilizando uma escala hedônica, em que a nota 1 significa desgostei extremamente máxima, e a nota 9 significa gostei extremamente. Para mais, calculou-se o índice de aceitabilidade (IA) de cada amostra baseando-se nos resultados da análise sensorial, adotando-se a expressão: $IA (\%) = A \times 100/B$; sendo “A” a nota média obtida para o atributo da amostra, e “B”, a nota máxima dada à amostra. Para que o IA seja considerado satisfatório, os atributos sensoriais têm que apresentar um resultado maior ou igual a 70% (24,25). Somente após a etapa da apresentação dos resultados de cada participante, foi revelado a eles que, duas das três amostras eram da mesma região, e a outra era de uma região diferente.

Considerando que o teste de aceitação por escala hedônica pode medir, com certo nível de segurança, o grau de gostar e a aceitação de um produto, é possível indicar através dos resultados desses testes, se o produto tem potencial para se tornar sucesso comercial (26). Existem opiniões contraditórias a respeito das características que mais influenciam a qualidade e aceitabilidade dos alimentos (27). Segundo Dutcoski (2007) (28), e Castro et al., (2007) (29) para que um produto seja considerado como aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha um Índice de Aceitabilidade (I.A.) de no mínimo 70%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização sensorial dos filés in natura de garoupa cultivadas em diferentes regiões brasileiras

A avaliação sensorial é baseada na observação de diversos atributos do peixe como aparência da pele, mucosidade superficial, aspectos dos olhos, brânquias, opérculos, vísceras, musculatura e odor (30).

A cor e textura da carne do peixe são muito avaliados pelos consumidores, sendo que o armazenamento do pescado em gelo pode modificar sua coloração e a textura, além, é determinada também pela composição química de cada espécie. Logo, os teores de umidade e gordura, os tipos e quantidades de carboidratos estruturais e as proteínas que compõem a carne do peixe agem na sua textura, alterações na mesma são causadas por fatores como perda de umidade ou gordura, formação ou quebra de emulsões e géis, hidrólise de carboidratos poliméricos e coagulação ou hidrólise de proteínas (31, 32). Diante disto, se percebe que a análise sensorial é um fator determinante na aceitação do produto pelo consumidor, além se der fundamental no controle de qualidade dos alimentos (33).

O objetivo da análise das amostras in natura, foi, além de realizar a caracterização sensorial através de descritores, verificar se os métodos de criação e alimentação influenciam nos aspectos visuais, olfativos e táteis do filé, a ponto de os julgadores conseguirem distinguir as amostras.

De acordo com os julgadores, o filé de garoupa (amostra 408) cultivada no sistema de Fluxo Contínuo (SFC), proveniente de Ilhabela, SP, pode ser descrita como: Coloração avermelhada, mioseptos visíveis, pouco úmida, porém mais firme, carne mais magra, aroma típico de peixe marinho. Já o filé de garoupa (amostra 351) cultivada no sistema de Viveiros Escavados (VE), proveniente de Laguna, SC, apresenta uma coloração levemente marrom, mioseptos pouco visíveis, pouca umidade aparente, firmeza aparente bem flácida, com manchas pretas ou cinzas, carne gorda aparentemente. E o filé de garoupa (amostra 092) cultivada no sistema de Tanque de Rede no Mar (TRM), proveniente Angra dos Reis, também possui uma coloração levemente marrom, entretanto mais opaca, com os mioseptos pouco visíveis, firmeza aparente bem rígida, carne magra aparentemente, coloração mais viva, aroma mais suave que remete e maresia.

Não houve acertos ao apresentar amostras de diferentes regiões, solicitando aos julgadores que apontassem se as amostras eram diferentes. Com base nessas observações, constata-se que não se pode inferir que o sistema de cultivo e a alimentação influencia na aparência, textura, cor e odor dos filés de garoupa in natura.

Caracterização sensorial de filés assados de garoupa cultivadas em diferentes regiões brasileiras

O objetivo da segunda etapa foi verificar através das características percebidas, e da nota correspondente dada a cada amostra, se era possível distinguir as amostras provenientes de cada região e modo de cultivo.

Os descritores para os atributos sensoriais analisados - aparência, aroma, textura e sabor – dos filés assados de garoupas cultivadas em diferentes regiões brasileiras, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Perfil descritivo com base nas conclusões dos provadores sobre os atributos das amostras dos diferentes sistemas de cultivo.

	Aparência	Aroma	Textura	Sabor
Laguna, SC	Boa aparência, lascas evidentes, carne branca, crosta dourada, aparentemente seca.	Característico de peixe assado de água salgada.	Textura firme, lascas evidentes e bem formadas.	Característico de peixe de água salgada, levemente adocicado.

Ilhabela, SP	Carne branca, aparentemente úmida, carne fibrosa, soltando uma espécie de gosma branca.	Levemente salgado, aroma de peixe de água marinha barrenta, fundo de tanque, cheiro forte de peixe cru.	Seca, mais firme que o ideal, grudenta.	Característico de peixe de água salgada, levemente adocicado.
Angra dos Reis, RJ	Crosta bem escura, carne branca, aparentemente firme.	Cheiro de peixe bem forte, aroma agradável, aroma pouco doce.	Aparentemente firme, aparência úmida.	Sabor característico de peixe marinho, sabor adocicado, suculento, sabor ruim, passado, gosto de fundo de tanque.

A nota global atribuída à cada amostra de filé assado de garoupa cultivada em diferentes regiões brasileiras, está demonstrada na Tabela 2.

Tabela 2: Notas atribuídas pelos provadores, corresponde as amostras analisadas.

Julgador	Amostra	Nota global
1	Laguna, SC	8
	Laguna, SC	6
	Angra dos Reis, RJ	1
2	Angra dos Reis, RJ	7
	Ilhabela, SP	3
	Ilhabela, SP	3
3	Laguna, SC	8
	Laguna, SC	6
	Angra dos Reis, RJ	5
4	Angra dos Reis, RJ	9
	Angra dos Reis, RJ	9
	Ilhabela, SP	8
5	Ilhabela, SP	7
	Laguna, SC	8
	Laguna, SC	8
6	Ilhabela, SP	6
	Ilhabela, SP	6
	Laguna, SC	8

Analisando as notas aplicadas às amostras e a caracterização feita pelo grupo de foco, pode-se notar algumas diferenças entre os animais de cada meio de cultivo. Os peixes provenientes de Ilhabela, SP, criados no sistema de fluxo contínuo (SFC), receberam notas variando de 3 a 6, o que correspondem a “desgostei moderadamente” e “gostei ligeiramente”, respectivamente. Quanto aos descritores sensoriais, verifica-se que foram notadas, pelos julgadores, características negativas em todos os atributos sensoriais avaliados.

Já os animais oriundos de Angra dos Reis (RJ), criados no sistema de Tanque de Rede no Mar (TRM), dividiram opiniões entre os participantes, recebendo notas variando

de 1 a 9, que representavam “desgostei extremamente” e “gostei extremamente”, respectivamente, tendo agradado demasiadamente dois participantes em relação as suas outras amostras, levando em conta também aos descritores sensoriais atribuídos. Entretanto, em dois dos três casos onde os participantes receberam amostras de Angra dos Reis e de Laguna criados no sistema de viveiros escavados (VE), para análise, tanto as notas conferidas quanto as características relatadas, mostram que ambos provadores demonstraram aprovação superior nas amostras de Laguna, esta, que recebeu notas variando entre 6 e 8, que correspondem a “gostei ligeiramente” e “gostei muito”, respectivamente, e teve seus descritivos sensoriais majoritariamente positivos.

Na análise sensorial de douradas oriundas de pesca e da aquicultura, Dias (2012) (34) avaliou quatro atributos sensoriais (cor, sabor, textura, apreciação global), e observou que as diferenças entre os dois tipos de dourada não foi consistente. Para a cor, a dourada selvagem apresentou uma classificação pior e inferior quando comparada com a de aquicultura, enquanto que para o sabor verificou-se o contrário. No atributo textura obtiveram-se resultados semelhantes, mas a dourada de aquicultura obteve uma gama de classificação menor (entre 6 e 8) do que a dourada selvagem (entre 4 e 9). Os dados revelam que a cor da dourada selvagem obteve melhor aprovação.

Em relação ao índice de aceitabilidade (IA), as amostras provenientes de Angra dos Reis e Ilhabela obtiveram um percentual de 68,9% e 68,7%, respectivamente, abaixo do considerado, sendo classificado como “repercussão favorável” ($IA\% \geq 70\%$) (24,25). Ao passo que o IA% do filé assado de garoupa cultivado em Laguna, atingiu 92,9%, apresentando alta aceitabilidade por parte dos julgadores.

Ribeiro & Tobinaga (2002) (35), utilizaram o teste de aceitabilidade para avaliar as características sensoriais das amostras de filés de peixe matrinxã (*Brycon cephalus*) secos e defumados. Os resultados mostraram que houve diferença significativa entre as amostras em relação ao odor e a aceitabilidade, que variou de 67,78% a 82,22%, e em relação ao sabor, houve uma variação de 65,56% a 94,44%. Observou-se também que houve uma ótima aceitabilidade em relação à textura das amostras, a qual variou de 73,33% a 92,22%.

Com isso, o modo de cultivo, bem como a alimentação submetida ao animal podem ter influência direta nas características sensoriais dos animais. Em conjunto, as condições climáticas do ambiente, modelo de captura, processo de abate e manipulação, também podem ocasionar efeitos na qualidade do filé.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos após a análise dos perfis descritivos, através das conclusões do grupo de foco, juntamente com as avaliações conferidas fazendo uso de escala hedônica, baseadas na aplicação da equação do índice de aceitabilidade, e das características relatadas pelos participantes, mostram que foram perceptivas as diferenças entre as amostras assadas oriundas de cada local, cultivadas em meios de cultivo diferentes, fazendo uso de sistemas de alimentação distintos. Todavia, o mesmo não pode ser inferido para as amostras in natura.

O estudo indica que um experimento realizado em maior escala, com maior número de provadores, utilizando métodos estatísticos, conseguiria obter padrões significativos da diferença entre os três tipos de cultivo.

REFERÊNCIAS

1. Heemstra PC, Randall, JE. Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. FAO Species Catalogue, 1993;16:382.
2. Irigoyen AJ, Galván DE. & Venerus, LA. Occurrence of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in gulfs of northern Patagonia, Argentina. *Journal of Fish Biology*, 2005;67;6:1741-1745.
3. Conдини MV, Fávaro LF, Varela JR, A. S. & Garcia AM. Reproductive biology of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) at the southern limit of its distribution in the south-western Atlantic. *Marine and Freshwater Research*, 2013; 65;2:142-152.
4. Jasmine. (2018). *Os melhores peixes para a manutenção da saúde*. <<http://bit.ly/30wMbyQ>.
5. Conдини MV, García-charton JA & Garcia A.M. A review of the biology, ecology, behavior and conservation status of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2018; 28;301:301-330.
6. Schunter C, Carreras-Carbonell J, Planes S, Sala E, Ballesteros E, Zabala M, Harmelin JG, Harmelin-Vivien M, Macpherson E, PascuaL M. Genetic connectivity patterns in an endangered species: the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2011; 401:126-133.
7. Marino G, Azzurro E, Massari A, Finoia MG, Mandich A. Reproduction of the dusky grouper from the Southern Mediterranean. *Journal of Fish Biology*. 2001; 58: 909–927.
8. Andrade AB, Machado LF, Hostim-Silva M, Barreiros JP. Reproductive biology of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2003; 46: 373-381.
9. Filho JAR, Sanches EG, Garcia CEOG, Pannuti CV, Sebastiani EF, Moreira RG. Threatened fishes of the world: *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Serranidae: Epinephelinae). *Environmental Biology of Fishes*. 2009; 85:301–302.
10. Harmelin JG, Harmelin-Vivien ML. A review on habitat, diet and growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Mar Life*. 199; 9:11–20.
11. Begossi A, Salivonchik S, Silvano RAM. Collaborative research on dusky grouper (*Epinephelus marginatus*): catches from the small-scale fishery of Copacabana beach, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Coastal Zone Management*. 2016; 19 :12.
12. Pollard DA, Afonso P, Bertoncini A A, Fennessy S, Francour, P, Barreiros J. *Epinephelus marginatus*. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2018.
13. Kerber CE, Azevedo HKS, Santos PA, Sanches EG. Reproduction and larviculture of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) in Brazil. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*. 2012; 2: 229-234.
14. FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2010*. Rome: FA O, 2012.

15. FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Fishery Statistical Collections (2021). Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>. Acesso em: 22 jan. 2023.
16. Pierre S, Gaillard S, Prévot-D'Alvise N, Aubert J, Rostaing- Capaillon O, Leung-Tack D, Grillasca J P. Grouper aquaculture: Asian success and Mediterranean trials. *Aquatic Conservation: Marine and freshwater ecosystems*. 2008; 18: 297-308.
17. Ahn BI, Liao PA, Kim H. Impacts of the cross-straits economic cooperation framework agreement on the grouper fish markets in Taiwan and mainland China. *China Agricultural Economic Review*. 2014; 6: 574-597.
18. SancheS EG, Henriques MB, Fagundes L, Silva A. Viabilidade econômica do cultivo da garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*) em tanques-rede, região sudeste do Brasil. *Informações econômicas*. 2008;36: 8.
19. Begossi A, Lopes PFM. **Garoupa e pescadores (*Epinephelus marginatus*)**. São Carlos: RiMa Editora. 2020:130.
20. Kerber CE. Garoupas em cativeiro. **Boletim APAMVET**. 2011; 2: 18-21.
21. Borghesi R, Hisano H, Sucasas LFA, Lima LK, Oetterer M. Influencia da nutrição sobre a qualidade do pescado: especial referência aos ácidos graxos. – Corumbá : Embrapa Pantanal; Dourados : Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 21 p.; 29 cm - (Documentos / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7223 ; 124; Documentos / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-043X; 121).
22. Teixeira LV. Análise sensorial na indústria de alimentos. *Ver. Inst. Latic. “Cândido Tostes”*, Jan/Fev, nº 366.2009; 64: 12-21.
23. Dias CA, GRUPO FOCAL: Técnicas de coleta de dados em pesquisas qualitativas. 2000; 10 :2.
24. Teixeira E, Meinert E, Barreta PA. Análise sensorial dos alimentos. Florianópolis: UFSC, 1987.
25. Dutcosky SD. Análise sensorial de alimentos. Curitiba: DA Champagnat, 1996.
26. Grizotto RK, Menezes HC. Avaliação da aceitação de "chips" de mandioca. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2003; 23: 79-86.
27. Roman JÁ, Mendonça SNTG, Sgarbieri VC. Avaliação físico-química, microbiológica, sensorial e atitude do consumidor de gelatina de elevado valor nutricional. *Revista Alimentos e Nutrição*. 2009; 20: 41-51.
28. Dutcoski SD. Análise sensorial de alimentos. Curitiba: Champagnat, 2007. 123p.

29. Castro LI, Vila Real CM, Pires IS, Pires CV, Pinto NA, Miranda LS, Rosa BC, Dias PA. Quinoa (*chenopodium quinoa willd*): digestibilidade in vitro, desenvolvimento e análise sensorial de preparações destinadas a pacientes celíacos. *Revista Alimentos e Nutrição*. 2007; 18: 413-419.
30. Farias MCA, Freitas JA. Qualidade microbiológica de pescado beneficiado em indústrias paraenses. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*. 2008; 67:113-117.
31. Fellows PJ. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

32. HONORATO et al., 2014 HONORORATO, C. A. *et al.* Caracterização física de filés de surubim (*Pseudoplatyostoma* sp.), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e pirarucu (*Arapaimas gigas*). **Arq. Ciênc. Vet. Zool.** Umuruama, v. 17, n. 4, p. 237-242, 2014.
33. Abreu MG. *et al.* Caracterização sensorial e análise bacteriológica do peixe-sapo (*Lophius gastrophysus*) refrigerado e irradiado. **Ciência Rural.**2008; 38.
34. Dias MF. **Qualidade sensorial de peixes de aquicultura vs peixes capturados no mar.** 2012. Tese de Doutorado. Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril.
35. Ribeiro SCA, Tobinaga, S. Avaliação sensorial de filés de matrinhã (*Brycon cephalus*) processados por métodos combinados. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais.* 2002; 4: 101-106.

Capítulo 13**Doi.org/10.53934/9786585062060-13****IDENTIFICAÇÃO DO USO DE CANUDOS PLÁSTICOS E A
TENDÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE CANUDOS BIODEGRADÁVEIS
NO ALTO OESTE POTIGUAR**

Layane Vitória Freire Gurgel *; Maria Clara de Almeida ; Raimunda Valdenice da Silva Freitas ; Gleison Silva Oliveira ; Rerisson do Nascimento Alves ; Elisabete Piancó de Sousa ; Thamirys Lorrane Santos Lima* 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: thamirysl2012@hotmail.com

Resumo:

O canudo plástico é um produto que faz parte do processo de alimentação de muitas pessoas, visto a facilidade atribuída ao consumo de bebidas, entretanto, a exacerbada utilização e o descarte inadequado deste material vem acarretando em diversos problemas ecossistêmicos. Assim, diante da necessidade de mudança de tais parâmetros, insere-se como alternativa a utilização de canudos biodegradáveis para mitigar os malefícios do uso do plástico convencional. À luz disso, objetivou-se por meio desta pesquisa, realizar a avaliação do perfil dos utilizadores de canudos plásticos e da aceitabilidade dos canudos biodegradáveis no Alto Oeste Potiguar. Nesse viés, foi aplicado um questionário com 19 questões, 16 de múltipla escolha e 3 discursivas, o qual ficou disponível pelo Google Forms por 30 dias, e aplicado presencialmente, em 2 dias, obtendo 191 respostas. Do público-alvo, 68% afirmam saber o que são canudos biodegradáveis, e 79% afirmaram que alterariam a utilização de canudos plásticos por biodegradáveis. Dessa maneira, evidencia-se que há uma tendência positiva quanto a utilização de canudos biodegradáveis no Alto Oeste Potiguar para os próximos anos.

Palavras-chave: Biodegradável; Canudo; Impacto; Plástico.

INTRODUÇÃO

O canudo mais antigo já encontrado na história foi datado por volta dos 3.000 A.C, em uma tumba da realeza, podendo assim afirmar que os "tubos para beber" estão presentes no nosso cotidiano há milhares de anos (1). De acordo com Broda-Baham (2), a popularidade do canudo cresceu exponencialmente, mas só em 1950, a partir dos avanços sociais-tecnológicos, os canudos fabricados com plástico chegaram ao mercado. O grande advento dos canudos plásticos deu-se através da Segunda Grande Guerra Mundial e sua necessidade de inovação e expansão de formas de combate, que proporcionou ao globo, através da indústria petroquímica, e por meio de uma série de desenvolvimentos com materiais plásticos, uma verdadeira revolução social (3).

O crescimento populacional e a dinâmica global disseminaram a utilização dos plásticos no dia a dia, “exigindo mais produção de alimentos e industrialização de matérias-primas, transformando-as em produtos industrializados, contribuindo, assim, para o aumento dos resíduos sólidos” (4,5). Tendo, a indústria de alimentos, como a principal geradora desses resíduos plásticos. Silva, Rosas e Oliveira (5) afirmam que “a sociedade e o meio ambiente, [...] vivem em um intenso processo dinâmico, pois, os fatores sociais, dentre eles o aumento do consumo e a geração de resíduos, afetam o meio ambiente, e este, por sua vez responde a esse processo”.

Segundo Pereira e Ferreira (6) problemas em relação a produção e consumo de plásticos surgiram devido a sua baixa degradabilidade no ambiente, somado ao errôneo descarte desse material, os quais, de acordo com Cardoso et al. (7) são depositados em locais impróprios, contaminando mananciais e solos. Dados publicados pela Organização das Nações Unidas (8) em relatório acerca da poluição plástica, afirma-se que, no Brasil, são produzidos cerca de 3 milhões de toneladas de plástico de uso único por ano, em que os 13% dessa totalidade pode ser representada por produtos como canudos, copos, talheres, pratos e sacolas plásticas, sendo descartados anualmente, os quais transformam-se em lixo, e por conseguinte, em poluição. Estes levam cerca de 20 a 500 anos para se decompor e, de toda forma, nunca desaparecem por completo, dividindo-se em partes cada vez menores, os microplásticos, alcançando índices e locais ainda maiores de poluição (9).

À luz disso, preocupados com o meio ambiente e com os impactos causados pelo lixo plástico, a indústria nacional e internacional tem se ajustado à luta contra os descartáveis e começam a surgir alternativas biodegradáveis para substituição do polipropileno (PP) e poliestireno (PE), utilizados na confecção de canudos, por polímeros biodegradáveis.

“O termo biodegradável define todos os materiais capazes de sofrerem decomposição em dióxido de carbono, água, metano, compostos inorgânicos ou biomassa, sendo a ação enzimática de microrganismos o mecanismo predominante de decomposição.” (10,11) “Desta forma, a biodegradação pode ser definida como a degradação de um material orgânico causada por atividade biológica principalmente pela ação enzimática de microrganismos.” (11,12).

Segundo Brito et. al (11), recentemente a produção e utilização de biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes surge como mais uma alternativa, a qual, devido sua viabilidade técnica e econômica, apresenta grande potencial de expansão. A substituição do uso de canudos plásticos por biodegradáveis é de grande importância, visto que estes conseguem se decompor rapidamente. Dito isso, os canudos biodegradáveis sofrem uma insigne redução, dividindo-se em fragmentos menores que serão facilmente

desintegrados por meio de micro-organismos presentes na natureza, não sendo considerados microplásticos, além de não se acumularem no ambiente. Assim, ocasionando na redução da poluição plástica em um todo, sem que o meio ambiente e os seres desse ecossistema sejam afetados.

Nesta perspectiva, ao observar o impacto que a indústria do plástico causa no meio ambiente, notou-se a viabilidade de elaborar um estudo com ênfase na projeção da aceitação social de canudos inovadores e sustentáveis, que pudessem substituir os plásticos convencionais, e por conseguinte, mitigar a problemática ambiental. Dessa maneira, objetivou-se com o desenvolvimento deste estudo, através de uma pesquisa com os consumidores, a identificação do uso de canudos plásticos e a tendência de utilização de canudos biodegradáveis em bares, restaurantes e lanchonete de cidades do Alto Oeste Potiguar.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa foi fundamentada diante da abordagem quali-quantitativa, em que segundo Taborda e Rangel (13), os dados qualitativos oferecem maior subjetividade a pesquisa, ou seja, permite maior manifestação seja por parte do pesquisador ou dos sujeitos da pesquisa, e por sua vez, os dados quantitativos, no que concernem sua exatidão, abordam e explicam a complexa realidade. Isto posto, estes juntos se complementam, conseguindo abranger e expressar amplas áreas destinada à pesquisa. Sendo caracterizado pela identificação do uso de canudos plásticos e a tendência de utilização de canudos biodegradáveis em bares, restaurantes e lanchonete de cidades do Alto Oeste Potiguar.

Para a formulação dos dados desta pesquisa, utilizou-se a ferramenta on-line de questionários (Google Forms), e a aplicação do questionário de forma física (presencialmente). O seguinte formulário foi composto por 18 questões (15 de múltipla escolha e 3 dissertativas) relacionadas a utilização de canudos plásticos e a tendência de utilização de canudos biodegradáveis. Assim, o formulário on-line ficou disponível através das redes sociais (WhatsApp, Instagram e Twitter) por um período de 30 dias, onde foram obtidas 151 respostas. Já o questionário presencial foi aplicado durante 2 dias em bares, restaurantes e lanchonetes dos municípios de Pau dos Ferros-RN e Francisco Dantas-RN, obtendo-se 40 respostas, totalizando assim 191.

As questões foram divididas em 3 áreas, sendo a primeira a caracterização socioeconômica, com questões voltadas ao gênero, idade, ocupação atual, grau de escolaridade e local de residência. A segunda área, com perguntas centradas na utilização e no saber acerca do impacto dos canudos plásticos, dessa maneira, com as questões relacionadas a frequência de utilização dos canudos plásticos, o oferecimento ou pedido desse item nos bares, restaurantes e lanchonetes frequentados, bem como a coleta da identificação do destino final dos canudos plásticos por parte dos entrevistados e o conhecimento com relação ao impacto gerado por esses.

Na terceira área de desenvolvimento do questionário, há o estudo acerca da caracterização dos canudos biodegradáveis e a tendência de utilização desses, sendo apresentados questionamentos em torno do conhecimento sobre o que são canudos biodegradáveis; se há a utilização destes por parte dos bares, restaurantes e lanchonetes

frequentados; se os interrogados os utilizariam, e se sim, dos modelos apresentados quais teriam mais aceitabilidade; e quais as dificuldades encontradas para a utilização dos canudos biodegradáveis. À vista disso, foram postas perguntas no que tangem à tendência da consolidação do canudo biodegradável na sociedade ser longínqua ou próxima, além da caracterização por parte dos interrogados referente à sua opinião acerca da respectiva pesquisa.

Os dados do questionário foram agrupados em planilhas, por meio do Microsoft Excel (2016), sendo organizadas em tabelas e gráficos. Ademais, no que diz respeito aos dados percentuais tabulados que excederem a normativa dos 100%, estes estão atrelados às questões em que tinha-se mais de uma alternativa como opção de escolha, desta maneira, obtendo um número de respostas maior do que o número daqueles que responderam ao questionamento. Além disso, uma nuvem de palavras acerca de como os entrevistados conceituariam esta pesquisa foi elaborada a partir do Mentimeter.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil de mercado dos possíveis usuários de canudos plásticos e biodegradáveis da região do Alto Oeste Potiguar

Perfil socioeconômico dos possíveis usuários

Com relação a caracterização do perfil socioeconômico dos prováveis utilizadores, observa-se na Tabela 1, que dos 191 participantes, 55,5% eram do sexo feminino, 53% tinham entre 14 a 18 anos de idade, 40,8% possuíam ensino médio incompleto, 72,3% eram estudantes, sendo 100% destes residentes da região nordeste do Brasil, mais especificamente no Alto Oeste Potiguar do Rio Grande do Norte. Resultados congruentes a estes foram obtidos por Oliveira e Leandro (14), em um estudo acerca da análise comportamental do uso de canudos plásticos em bebidas na cidade de Botucatu/SP.

Tabela 1. Perfil socioeconômico dos possíveis utilizadores de canudos plásticos ou biodegradáveis.

SEXO	n= 191	%=100
Feminino	106	55,5
Masculino	84	44
Prefiro não dizer	1	0,5
IDADE		
14 a 18 anos	101	53
19 a 24 anos	40	21
24 a 34 anos	20	10
35 a 44 anos	15	8
45 a 54 anos	7	4
55 a 64 anos	6	3
65 anos ou mais	2	1
ESCOLARIDADE		
Ensino Fundamental completo	24	12,6
Ensino Fundamental incompleto	4	2,1
Ensino Médio completo	39	20,4
Ensino Médio incompleto	78	40,8
Ensino superior	25	13,1

Pós graduação incompleta	4	2,1
Pós graduação completa	16	8,4
Outro	1	0,5
OCUPAÇÃO ATUAL		
Estudante	138	72,30
Funcionário Público	20	10,50
Funcionário privado	11	5,80
Agricultor	0	0
Desempregado	6	3,00
Outro	16	8,40

Percepção dos possíveis usuários quanto a utilização de canudos plásticos

Questionados sobre a utilização de canudos plásticos, os entrevistados expuseram que, em sua grande maioria, totalizando 69% destes, como observado na Figura 2A, não utilizavam canudos plásticos.

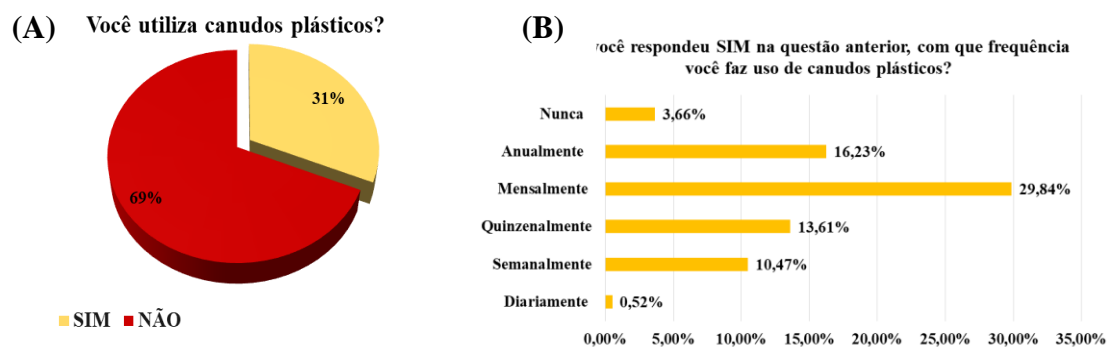


Figura 2 – (A) Utilização de canudos plásticos (B) Tendo respondido sim anteriormente, qual frequência de utilização de canudos plásticos.

Essa porcentagem, porém, diverge com o estudo de Oliveira e Leandro (14), acerca da análise comportamental do uso de canudos plásticos em bebidas, uma vez que neste ao questionar tal utilização, obtém-se que a maioria do público (54%), utilizam canudos plásticos, havendo uma notória disparidade acerca da utilização dos mesmos de um estudo para o outro. Segundo os autores, a obtenção deste resultado deve-se ainda a habituação dessa utilização dentre as pessoas, entretanto, a apresentação deste questionamento mesmo dois anos após e em localidades distintas, com resultados negativos à utilização de plásticos, reflete a constante luta pela mudança de hábitos contra a utilização desse material.

Ademais, referente a frequência de utilização dos canudos plásticos (Figura 2B), através do questionamento aqueles que responderam sim para estas utilizações, obtivemos que as principais reiterações observadas dos entrevistados foram mensalmente (24,84%) e anualmente (16,23%), reforçando o estereótipo da baixa utilização e frequência deste. Tal mudança de hábito advém porém, tanto da diminuição do uso de canudos plásticos, que pode ser explicada devido ao surgimentos de projetos de leis, como por exemplo a lei 10.439/2018, a qual proíbe a utilização de canudos de plástico, exceto os biodegradáveis, em restaurantes, bares, quiosques, ambulantes, hotéis e similares em todo o território do Rio

Grande do Norte, representando um impacto nesta pesquisa, uma vez que a utilização destes recursos diminuíram exatamente nessa região. Como também, podemos afirmar que há uma maior conscientização por parte da população em relação aos malefícios advindos da utilização de canudos plásticos, como afirmado na Figura 4A.

Em relação a oferta de canudos plásticos em bares, restaurantes e lanchonetes do Alto Oeste Potiguar, 87% dos entrevistados (Figura 3A) desta pesquisa informaram que estes locais oferecem o canudo plástico para consumo. Desse modo, no seguinte questionário foi feito o levantamento acerca de como era feita essa oferta, se o canudo estava disponível para caso pedissem ou se ele já vinha junto à bebida, com esse questionamento, obteve-se na Figura 3B que em 77% dos casos, o canudo vinha sem que a pessoa pedisse, levantando a ideia de que as bebidas só podem ser consumidas unicamente desta forma, pré-determinada pelos fornecedores, os quais acabam estimulando a utilização indiscriminada dos canudos plásticos.

À luz disso, resultados semelhantes à esse foram obtidos no estudo de Lia e Vasconcelos (15), acerca do consumo de canudos plásticos em bares e restaurantes de Campo Grande - MS, em que em parte esmagadora dos casos, os canudos plásticos eram entregues rente à bebida pedida, sem que houvesse uma consulta ao cliente no tocante a esta utilização, com dados em que nos locais onde a entrega era efetuada, a utilização dos canudos plásticos era maior, segundo Lia e Vasconcelos (15), “chegando a alcançar um número de 50 a 100 canudos por dia em 16 dos casos, e 100 a 150 canudos por dia em cinco dos casos”, consagrando o setor e a indústria alimentícia como um dos que mais ajudam na proliferação do plástico de uso único.

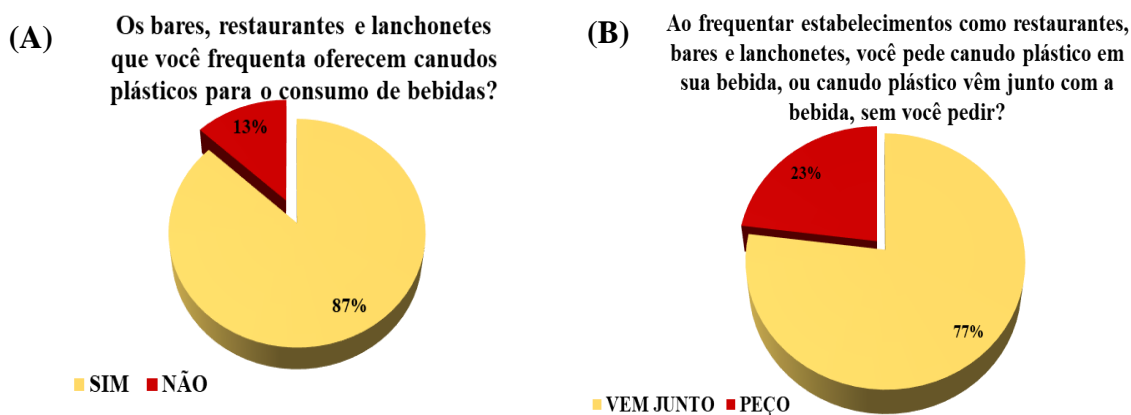


Figura 3 – (A) Oferta de canudos e (B) Maneiras de oferta de canudos

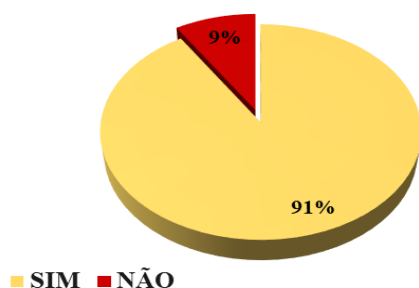
Diante deste cenário, na Figura 4A, os dados demonstram que a grande maioria dos entrevistados (91%) são conscientes acerca do impacto que os canudos plásticos trazem para o meio ambiente, resultado compatível com o estudo de Rodrigues e Souza (16), que obtiveram mais de 80% respostas “sim” ao perguntarem sobre “o conhecimento em relação aos impactos causados pelos canudos plásticos”. Posteriormente, questionou-se sobre o destino final desse produto e obteve-se destaque na opção “Mar” (52,9%), na Figura 4B, tese justificada, por exemplo, pelos dados coletados na Ocean Conservancy - organização que ajuda a formular políticas oceânicas nos níveis federal e estadual- que divulgou em 2021 resultados de sua Limpeza Costeira Internacional (ICC) de 2020, no qual relatou os dez itens

mais coletados por voluntários nos oceanos ao redor do mundo, com o canudo ocupando o 7º lugar no ranking.

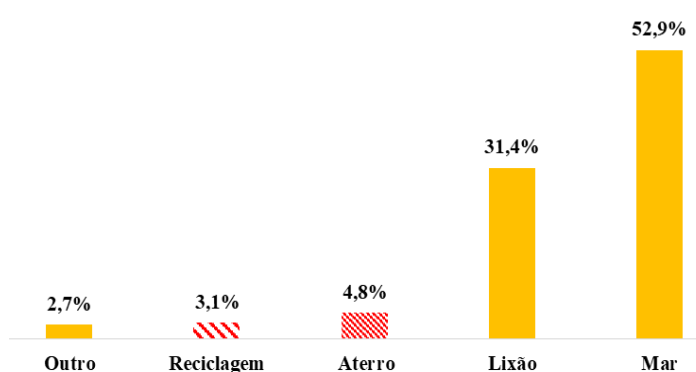
Dessa maneira, o canudo é um dos maiores agentes plásticos poluentes, isso dá-se porque, segundo Silva (17), as toneladas de plástico, ao se tornarem lixos, “deveriam ir para o aterro sanitário e serem recicladas, mas acabam em lixões e outra grande quantidade tem sido encontrada nos mares e rios”, sendo nesta pesquisa, o “Lixão” outra alternativa significativamente escolhida pelos entrevistados (31,4%) na Figura 4B, em relação ao destino final do canudo. Tal nefasto cenário, conforme Brito et. al (11), “contribui para o acúmulo de lixo plástico sem destino apropriado que levará de dezenas a centenas de anos para ser novamente assimilado pela natureza”.

(A)

Você conhece o impacto ambiental causado pelo o uso de canudos plásticos?



(B) Se Respondeu SIM na questão anterior, qual das opções você acredita que seja o destino final?



*Os valores ultrapassam 100% porque alguns entrevistados optaram por mais de um destino.

Figura 4- (A) Conhecimento acerca do impacto ambiental do plástico e (B) Destino final.

Percepção dos usuários quanto a utilização de canudos biodegradáveis

Acerca dos canudos plásticos, Oliveira e Leandro (14) afirmam que “diversas ações governamentais e privadas no mundo vêm proibindo a utilização de canudos plásticos em bebidas, devido ao impacto ambiental que ocasiona nos oceanos”. Nesse sentido, a fim de mitigar e substituir tal utilização, inserem-se os biodegradáveis como uma alternativa viável para a população e o meio ambiente. Desse modo, enquanto questionados acerca do conhecimento sobre o que são canudos biodegradáveis (Figura 5A), 68% do público entrevistado afirma conhecer ou saber definir o que são canudos biodegradáveis, bem como, 93% destes (Figura 5B), afirmam que os bares, restaurantes, lanchonetes que frequentam não oferecem canudos biodegradáveis. Dessa maneira, pode inferir-se que a falta de oferta desses canudos biodegradáveis nos locais propícios a sua utilização, acarreta em um maior desconhecimento populacional perante essa substituição e, conseqüentemente, um baixo índice de utilização do mesmo.

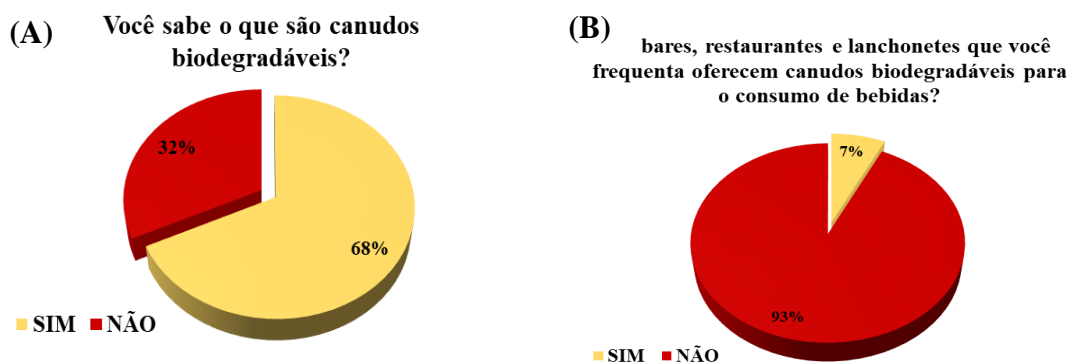


Figura 5 – (A) Conhecimento acerca dos canudos biodegradáveis e (B) Oferta de canudos biodegradáveis.

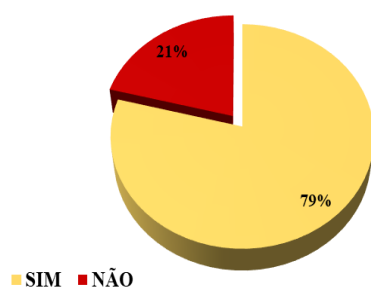
A presente pesquisa, a fim de verificar a tendência da utilização de canudos biodegradáveis em substituição aos canudos plásticos, verificou que 79% dos entrevistados fariam essa troca (Figura 6A). Dados similares a estes foram obtidos por Rodrigues e Souza (16) quando questionam sobre a disposição em optar por canudos biodegradáveis, os quais obtiveram uma porcentagem de 100% em 3 dos 4 restaurantes que foram, obtendo no 2º restaurante uma porcentagem também positiva de 97%. Dessa maneira, demonstrando em ambas as pesquisas que grande parte das pessoas estão aptas a fazer a substituição do plástico convencional para o biodegradável. Todavia, apesar da grande aferição à utilização dos canudos biodegradáveis, faz-se mister analisar as dificuldades encontradas para essa efetiva substituição através de questionamentos. Nesse viés, os resultados de maior porcentagem estão entre as dificuldades de encontrar canudos biodegradáveis no comércio regional (67%), e a não oferta dos canudos biodegradáveis em bares, restaurantes e lanchonetes (61%), Figura 6B.

À vista disso, é notório uma falta de oferta de canudos biodegradáveis em vários âmbitos, em especial no de venda e distribuição, o que propicia a manutenção da utilização de canudos plásticos, devido ao déficit no fornecimento do material que pode substituí-lo. Dessa maneira, pode inferir-se que a falta de oferta desses canudos biodegradáveis nos locais propícios a sua utilização, acarreta em um maior desconhecimento populacional perante essa substituição e, conseqüentemente, um baixo índice de utilização do mesmo, apesar de sua grande aceitabilidade.

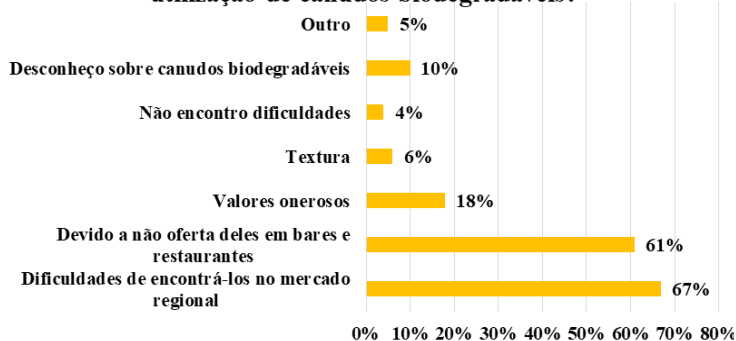
(A)

(B)

Você utilizaria canudos biodegradáveis em vez de canudos de plástico?



Qual (is) dificuldade (s) você encontra para a utilização de canudos biodegradáveis?



*Os valores ultrapassam 100% porque os entrevistados relataram mais de um motivo.

Figura 6 – (A) Substituição por canudos biodegradáveis e (B) Dificuldades encontradas para utilização de canudos biodegradáveis.

Perfil de usuários de canudos biodegradáveis e suas tendências

Ao tentar arquitetar um perfil de prováveis usuários de canudos biodegradáveis, foi feito um levantamento acerca dos 10 principais estudos com canudos biodegradáveis nacionais e internacionais do mercado, sendo feito uma listagem destes, conforme a Tabela 2, como também um questionamento sobre o tipo de canudo que mais seria aceito, levando em consideração os materiais de produção dos mesmos, rente a Figura 7.

Tabela 2- Resumo de alguns estudos realizados sobre a elaboração de canudos biodegradáveis.

Produto	Origem	Formulação	Classificação	Referências
Canudo	Nacional	À base de amido e tubérculos	Biodegradável e comestível	Oliveira et al. (18)
Cocanudo	Nacional	À base de fibra de frutas	Biodegradável	Duarte et al (19) Borges et. al (20)
Canudo	Nacional	À base de amido e gel <i>Aloe vera</i>	Biodegradável	Silva et al., (21)
Canudo	Nacional	À base de pectina	Biodegradável e comestível	Molena, Vidotto e Guerra (22)
Canudo	Nacional	À base de amido de mandioca	Biodegradável	Layoun, Piucci e Pardo (23)
Canudo	Internacional (Indonésia)	À base de carragenina e gelatina	Biodegradável e comestível	A Yun, Triastuti e Saputra (24)
Canudo “sorbos”	Internacional (Espanha)	À base de gelatina, açúcar e amido	Biodegradável e comestível	Ferreira, Silva e Madeira (25)
“Seaweed Straws”	Internacional (Estados Unidos)	Palha à base de algas marinhas e adoçante comestível	Biodegradável e comestível	Zhou, Yi e Deng (26)

Rice straws	Internacional (Coreia)	Palha à base de arroz e mandioca	Biodegradável e comestível	Zhou, Yi e Deng (26)
Pasta Straws	Internacional (Itália)	À base de massa de macarrão	Biodegradável e comestível	Zhou, Yi e Deng (26)

Apresentado ao público entrevistado esses modelos, os três principais tipos de canudos que se sobressaíram a escolha dos prováveis usuários de canudos biodegradáveis foram os à base de fibras de frutas (56%), à base de amido de mandioca (28%) e o canudo à base de gelatina, açúcar e amido com (27%), como exposto na Figura 7. Em análise, é possível depreender que todos os três canudos biodegradáveis mais escolhidos pelo público da pesquisa, se enquadram como advindos de matérias-primas amplamente conhecidas por estes, seja regional ou mundialmente, ou seja, fazendo com que estes optem por materiais que já conhecem e consomem. Logo, os canudos biodegradáveis enquanto produto e material ainda novo no mercado, principalmente como agente na luta por sua substituição e sustentabilidade no meio, é notório que este tome destaque quando produzidos com insumos conhecidos pela população, acarretando na sua maior proliferação e utilização, em razão do canudo plástico.

Se respondeu SIM na questão anterior, quais desses canudos biodegradáveis você utilizaria?

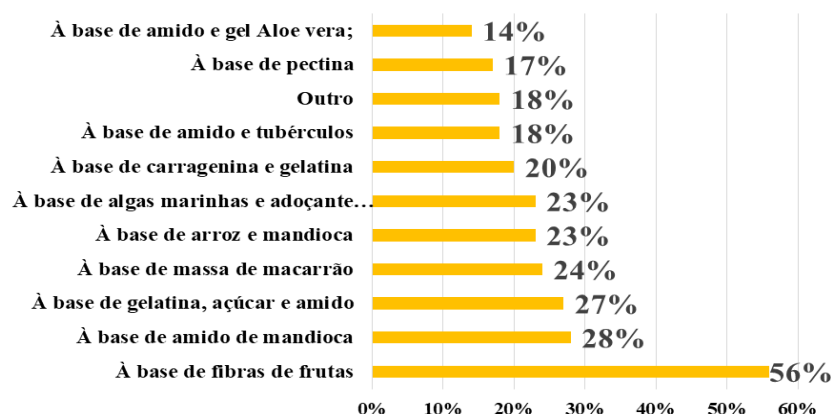


Figura 7- Tipos de canudos biodegradáveis.

Na última pergunta do questionário deste estudo, foi instaurado o seguinte questionamento: “Você acredita que a utilização de canudos biodegradáveis possa ser uma tendência para as próximas gerações?”. Diante dos dados apresentados pela Figura 8, observa-se 2 grandes blocos de respostas, divididas entre os entrevistados que acreditam que esta tendência será instaurada em um futuro próximo, caracterizando cerca de 79,60%, e o bloco dos que acreditam que esta tendência será instaurada, mas em um futuro distante, configurando 18,30% dos entrevistados. Por meio disso, é possível constatar que a grande parte do público acredita que a utilização dos canudos biodegradáveis é uma tendência para as gerações vindouras, seja as próximas ou as mais distantes -, acarretando em um somatório de cerca de 97,9% daqueles que responderam esta pesquisa.

Tal perspectiva marcante, dá-se conforme Póvoa Neto et al (27), devido a instauração de que a sociedade contemporânea, através do uso exacerbado de plásticos, tem acarretado

sérios problemas para o ecossistema global que habitamos. Em especial no que tange aos plásticos de uso único, como o canudo, que tem como característica majoritária sua não degradabilidade ao meio, e a poluição e mortandade gerada devido a apresentação desta, havendo uma urgente necessidade de instituir variáveis que combatam e substituam o plástico convencional: como a utilização de canudos biodegradáveis, que mitigariam parte da utilização do plástico e atenuaria os dados maléficis crescentes de problemas socioambientais.

Você acredita que a utilização de canudos biodegradáveis possa ser uma tendência para as próximas gerações?

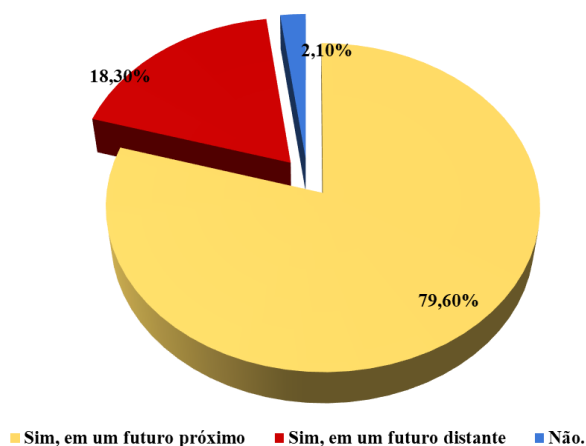


Figura 8 - Tendência de utilização de canudos biodegradáveis

Relato de opinião dos entrevistados

Acerca da opinião dos entrevistados sobre a relevância da pesquisa, foi demonstrado que termos como “Importante”, “Necessária”, “Interessante”, foram os que mais se sobressaíram entre as respostas. Isto, sendo um indicativo da relevância que esta temática tem frente às questões socioambientais já supracitadas, e presunçosa quanto a mudança de hábitos.



Figura 9 - Nuvem de palavras acerca da opinião dos entrevistados sobre o presente trabalho.

Boa parte dos entrevistados definiu a pesquisa como “Inovadora”, refletindo um dos objetivos da pesquisa: o surgimento de um novo hábito benéfico, que mitigue o tão maléfico uso de plásticos. Assim como, a presente pesquisa foi descrita como “Sustentável”, “Consciente” e de grande “Responsabilidade Ambiental”, onde, por meio dessas palavras, torna-se notável como a pesquisa influenciou na própria auto avaliação dos utilizadores de canudos plásticos, promovendo a tendência de utilização de canudos biodegradáveis. Para mais, as caracterizações segundo alguns dos entrevistados deste trabalho de que “A pesquisa tem uma grande importância de papel socioambiental, uma vez que ela investiga um causador de impacto social que muitas vezes as pessoas não conhecem, ou não fazem ideia da potencial da poluição”, juntamente com “Orientadora” e “Esclarecedora”, vão de encontro ao viés conscientizador e moldador que esta tese apresenta frente a ideia “Biotecnológica” e “Ambiental”, sendo assim vista como “Educativa” e “Eficiente”, termos esses que podem ser observados na Figura 9.

Seguindo essa máxima, outras respostas que a temática organizacional e produtiva dessa tese recebeu, perante aos parâmetros de importância, objetividade, utilidade, e organização, compuseram os seguintes termos: “Relevante”, “Objetiva”, “Útil”, “Reflexiva”, “Esclarecedora”, “Completa” e “Inteligente”.

CONCLUSÕES

A tendência de utilização de canudos biodegradáveis mostra-se crescente para os anos vindouros, uma vez que os usuários demonstraram-se motivados por questões socioambientais, em relação aos impactos causados pelo uso de canudos plásticos perante ao meio ambiente, em busca da proteção da flora e fauna ecossistêmica, principalmente, marinha, e os efeitos adjacentes dessas aos seres humanos, o que evidencia um perfil consciente, e a necessidade de utilização de produtos biodegradáveis que inviabilizam tais impactos. Com isso, observa-se que apesar da grande aceitabilidade de utilização de canudos biodegradáveis, ainda é muito baixa a disponibilidade de canudos biodegradáveis em bares, restaurantes e lanchonetes da região do Alto Oeste Potiguar, fazendo-se mister a providência desses produtos sustentáveis por parte do comércio regional, a fim de impulsionar tal utilização.

Entretanto, faz-se necessário citar as limitações da presente pesquisa, dada a restrição relacionada apenas a região do Alto Oeste Potiguar, área de aplicação do formulário do presente estudo, como também a delimitação apenas ao canudo, tendo em vista que há outros utensílios plásticos também causadores de efeitos negativos à natureza, como: sacolas, pratos, talheres e copos descartáveis. Dessa maneira, a fim de contribuir para que existam mais estudos sustentáveis com o objetivo de minimizar o impacto que a indústria plástica causa ao meio ambiente, sugere-se que novas pesquisas nesse segmento possam ser realizadas.

REFERÊNCIAS

1. Maeir AM, Garfinkel Y. Coadores de cerveja com ponta de palha de osso e metal do antigo Oriente Próximo. Levante. 1992; 24:218-223.

2. Broda-Bahm CA verdade direta sobre o canudo flexível. Centro Lemelson para estudo de invenção e inovação, 1 jun. 2002. [acesso em 08 jun 2022]. Disponível em: <http://invention.si.edu/straight-truth-about-flexible-drinking-straw>.
3. BCC News Brasil, Oito razões pelas quais o plástico conquistou o mundo. São Paulo, 24 jun. de 2018. [acesso em 10 jun 2022]. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-44502689>.
4. Fonseca E. Iniciação ao estudo dos resíduos sólidos e da limpeza urbana. 1. ed. União; 2001.
5. Silva KC, Rosas LSP, Oliveira SRN. Gestão dos Resíduos Sólidos do Brasil evolução e desafios a caminho: Uma Revisão Integrativa. *Scientia Amazonia*. 2018; 7:1-15.
6. Pereira JC, Ferreira M. Polímeros e meio ambiente: uma proposta para o ensino de química. *Educação Ambiental em Ação*. 2011; 36:1-13.
7. Cardoso RS, Xavier LH, Gomes CFS, Adissi PJ. Uso de SAD no apoio à decisão na destinação de resíduos plásticos e gestão de materiais. *Pesquisa Operacional*. 2009; 29: 67-95.
8. Organização das Nações Unidas. IFOOD é o primeiro aplicativo a se comprometer por um #DeLivreDePlástico. Brasília, 17 de ago. 2021. [acesso em 10 jul 2022]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/140478-ifood-e-o-primeiro-aplicativo-se-comprometer-por-um-delivredeplastico>.
9. Organização das Nações Unidas. Exposição mostra impacto duradouro da poluição por plástico no planeta. Brasília, 30 de jun. 2021. [acesso em 10 jul 2022]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/133819-exposicao-mostra-impacto-duradouro-da-poluicao-por-plastico-no-planeta>.
10. ASTM D5488-94de1. Standard Terminology of Environmental Labeling of Packaging Materials and Packages.
11. Brito GF, Agrawal, P, Araújo EM, Mélo TJA. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. *Revista eletrônica de materiais e processos*. 2011; 6:127-139.
12. Bastioli C. *Handbook of Biodegradable Polymers*. Shawbury: Rapra Technology Limited, 2005.
13. Tabora M, Rangel M. Pesquisa Quali-quantitativa On-line: Relato de uma experiência em desenvolvimento no campo da saúde. *CIAIQ*. 2015; 1:1-12.

14. Oliveira C, Leandro JB. Análise comportamental do uso de canudo plástico em bebidas. In: IX JORNACITEC - Jornada Científica e Tecnológica. Botucatu – SP. 2020; 1;1-8.
15. Lia GGJB, Vasconcelos AM. Consumo de canudos plásticos em bares e restaurantes de Campo Grande-MS. In: 2º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Foz do Iguaçu-PR, 2019; 1-6.
16. Rodrigues MP, Souza MS. Utilização do canudo biodegradável D2W como alternativa ao canudo plástico: condições de degradabilidade e aceitabilidade da população [trabalho de conclusão de curso]. Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.
17. Silva TAD. “É só mais um canudinho”: uma análise sobre a adoção de canudos reutilizáveis. 2019.
18. Oliveira LEAD, Oliveira BAM., Filho MTCS, Barezani ASA, Rodrigues JF. Desenvolvimento de um canudinho vegano e biodegradável. IX Seminário de Iniciação Científica. 2021.
19. Duarte JLG, Fernandes KLL, Santos L. Canudo biodegradável feito à base da fibra do coco. In: X Feira de Tecnologias, Engenharias e Ciências de Mato Grosso do Sul. Mato Grosso do Sul - MS, 2020.
20. Borges YS, Kasszany Neto M, Lacerda LC, Mendes LR, Silva MVMS. Produção de canudos biodegradável comestível a base de pectina e morango [trabalho de conclusão de curso]. São Paulo: Escola Técnica Estadual Irmã Agostina; 2022.
21. Silva LA, Souza TD, Lima CMG, Benedito LZ, Santana RF, Pinto Júnior WR. Protótipo de canudo biodegradável à base de amido e gel de Aloe vera: caracterização e análise da integridade. Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2021;1.
22. MOLENA, A. C.; VIDOTTO, A. A.; GUERRA, A. Produção de canudos biodegradáveis e comestíveis a base de pectina [trabalho de conclusão de curso]. São Paulo: Escola Técnica Estadual Irmã Agostina; 2019.
23. Layoun GC, Piucci GS, Pardo I. Canudo biodegradável à base de amido de mandioca. Revista Internacional D´ Humanitats. 2021; 8:51-62.
24. A'yun SN, Triastuti J, Saputra E. Formulação de canudo comestível a partir de caragenante e gelatina como solução na redução de resíduos plásticos. In: Série de Conferências do IOP: Ciências da Terra e do Meio Ambiente. Publicação IOP, 2021.
25. Ferreira D, Silva P, Madeira TF. Embalagens verdes: conceitos, materiais e aplicações. Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação. 2019; 1:28-39.

26. Zhou X, Yi C, Deng D. Estratégia de desenvolvimento sustentável de canudos de bebidas para redução de carga ambiental. In: Série de Conferências do IOP: Ciências da Terra e do Meio Ambiente. 2021.
27. Póvoa Neto HH, Rangel SA.; Correa Sobrinha MA, Delatorre AB, Aguiar CDJ, Rodrigues PM. Sacolas plásticas: consumo inconsciente. Perspectivas Online: Biológicas e Saúde. 2011; 1:1-10.



PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM ALIMENTOS



Capítulo 14

Doi.org/10.53934/9786585062060-14

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA COM POLPA DE PITAYA VERMELHA (*Hylocereus costarricensis*) E MORANGO (*Fragaria X ananassa* Duch.)

Elisabeth Mariano Batista ¹; Edilene Ferreira da Silva ^{*2}; Samuel Carneiro de Barcelos ³; Daniele Maria Alves Teixeira Sá ⁴; Marlene Nunes Damaceno ⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil; ²Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil; ³Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia em Agropecuária, RENORBIO, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Brasil; ⁴Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte, Brasil.

*Autor correspondente (Corresponding author) Email:silvaedilene16@hotmail.com

Resumo: A bebida láctea fermentada é uma alternativa para o aproveitamento do soro pelas indústrias lácteas, sem a necessidade de grandes investimentos ou mudanças na rotina de fabricação. Diante disso, objetivou-se neste trabalho desenvolver e avaliar três formulações de bebida láctea fermentada adicionada de diferentes concentrações de polpa de pitaya vermelha (0, 15 e 5%) e morango (0, 5 e 15%), F1, F2 e F3 respectivamente, visando o aproveitamento do soro de leite e uso das polpas de pitaya vermelha e morango, para agregar valor nutricional e melhoria nas características sensoriais do produto final. Para a formulação das bebidas lácteas realizou-se a homogeneização dos ingredientes, seguida da pasteurização a 95 °C por 15 minutos, resfriamento a 45 °C em banho de gelo, e da inoculação da cultura. Após a adição das polpas as bebidas lácteas foram envasadas em recipientes de 500 mL, armazenadas a 5 °C até a caracterização físico-química, microbiológica e sensorial. As bebidas lácteas estavam dentro dos padrões exigidos e apresentaram aceitabilidade sensorial superior a 70% para todas as formulações. A formulação F1 destacou-se quanto aos atributos de sabor, aroma e textura, a F2 no aroma e F3 na aparência, aroma e cor. As características microbiológicas, físico-químicas e aceitação sensorial mostraram ser viável a possibilidade de produção da bebida láctea fermentada com adição de polpa de pitaya vermelha e morango.

Palavras-chave: análise sensorial; leite fermentado; soro lácteo

INTRODUÇÃO

O soro lácteo é um subproduto líquido resultante da produção de queijos, que compõe entre 80 e 90% do volume total do leite usado, no entanto, estima-se que 40% do soro de leite gerado no Brasil não recebe o tratamento adequado, sendo ainda desperdiçado sob a forma líquida em efluentes, gerando prejuízos sociais, econômicos e ambientais, quando

poderia ser facilmente aproveitado, tendo em vista o alto teor de proteína e outros nutrientes (1; 2; 3).

O desenvolvimento de produtos com soro de leite, como ricota, doce de leite e bebida láctea fermentada, é uma alternativa promissora para o aproveitamento desse subproduto da indústria de derivados lácteos, sem a necessidade de grandes investimentos ou de grandes mudanças na rotina de fabricação. Nesse contexto, as indústrias diminuem o desperdício, e a poluição ambiental, gerando novos recursos e, principalmente, agregam valor nutritivo aos produtos desenvolvidos (4; 5).

De acordo com a legislação, bebida láctea é o produto lácteo resultante da mistura do leite (*in natura*, pasteurizado, esterilizado, *ultra-high temperature* (UHT), reconstituído, concentrado, em pó, integral, semidesnatado ou parcialmente desnatado e desnatado) e soro lácteo (líquido, concentrado e em pó) adicionado ou não de produto(s) ou substância(s) alimentícia(s), gordura vegetal, leite(s) fermentado(s), fermentos lácteos selecionados e outros produtos lácteos (6). A base láctea deve representar pelo menos 51% do total de ingredientes do produto (7).

As bebidas lácteas constituem uma alternativa de produto que pode ser adicionado de polpas de frutas, conferindo sabor agradável, contribuindo para a aparência, especialmente a cor, e agregando valor nutricional deste alimento (8; 9).

Uma das frutas que pode ser incorporada no desenvolvimento de bebida é a pitaya, conhecida como uma fonte de tiramina, vitamina C, cálcio, ferro, fósforo e potássio, além de possuir uma considerável quantidade de fibras. Estudos relatam dentre os muitos benefícios que a pitaya pode oferecer ao consumidor, encontram-se a prevenção de doenças cardiovasculares, complicações respiratórias e circulatórias, como também o combate ao diabetes tipo 2, câncer e mal de Alzheimer, além da redução das infecções bacterianas (10; 11).

Outra fruta que também pode ser usada para incorporar sabor, cor e aroma as bebidas, é o morango, fonte de vitamina C, também contém expressivo teor de minerais, como cálcio, potássio, magnésio, manganês, ferro, zinco e cobre (12), além dos compostos bioativos, que visam à promoção da saúde (13). Objetivou-se desenvolver uma bebida láctea fermentada com polpa de pitaya vermelha (*Hylocereus costarricensis*) e morango (*Fragaria X ananassa* Duch.) com características sensoriais atrativas e adequadas às expectativas de futuros potenciais consumidores que buscam alimentos saudáveis, tornando assim possível uma maior agregação de valor ao produto lácteo.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa realizada foi do tipo básica de natureza experimental e abordagem qualiquantitativa, classificada como explicativa em termos de objetivos, pois visa verificar as relações de causa e efeito dos dados coletados em laboratório (14;15).

Procedência dos frutos

As pitayas da polpa vermelha foram colhidas no estágio de maturação fisiológica em pomar comercial da Empresa Frutacor, localizada no Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodí (DIJA), no município de Limoeiro do Norte, Ceará, Brasil, enquanto os morangos, foram adquiridos em supermercado localizado na cidade de Limoeiro do Norte, Ceará, Brasil.

Ambos os frutos foram lavados e sanitizados em solução clorada na concentração de 50 ppm por 15 minutos.

Preparação da subcultura láctea

Para a produção da subcultura láctea, foi utilizado leite UHT (*Ultra High Temperature*) integral (Betânia®). O leite foi resubmetido ao tratamento térmico em recipiente (frasco *schott*) de vidro estéril, aplicando o binômio tempo/temperatura de 90 °C (± 2 °C) por 15 minutos em banho-maria, e em seguida, resfriado imediatamente até atingir 37 °C (± 2 °C). Utilizou-se como inóculo iogurte natural integral (Nestlé®) contendo cepas de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, utilizado como “cultura-mãe”, com inoculação (ativação) na proporção de 10% (v.v⁻¹) sob o volume de leite utilizado no preparo da subcultura láctea e incubado a 37 °C (± 3 °C), sob repouso por 24 horas. O leite e a cultura láctea foram adquiridos em supermercado localizado na cidade de Limoeiro do Norte, Ceará, Brasil.

Elaboração das bebidas lácteas fermentadas

O soro de leite foi adquirido em laticínio localizado no município de Russas-CE e transportado em caixa isotérmica até o laboratório de leites e derivados, onde permaneceu sob refrigeração (4 °C).

Os demais ingredientes como: leite fluido, leite em pó e açúcar refinado, foram adquiridos em supermercado local, e em seguida, encaminhados para a planta piloto de leites e derivados.

As polpas de pitaya e morango foram elaboradas a partir do processamento dos frutos *in natura*. As polpas foram pasteurizadas a 95 °C por 15 minutos.

Foram elaboradas três formulações de bebida láctea, F1: controle (sem adição das polpas de frutas); F2: com adição de 15% de polpa de pitaya e 5% de polpa de morango; F3: com adição de 5% de polpa de pitaya e 15% de polpa de morango, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Formulações das bebidas lácteas fermentadas.

Ingredientes	Formulações %		
	F1	F2	F3
Soro de leite	49	29	29
Leite fluido	41	41	41
Polpa de pitaya	-	15	5
Polpa de morango	-	5	15
Açúcar	9	9	9
Leite em pó desnatado	1	1	1
	100	100	100

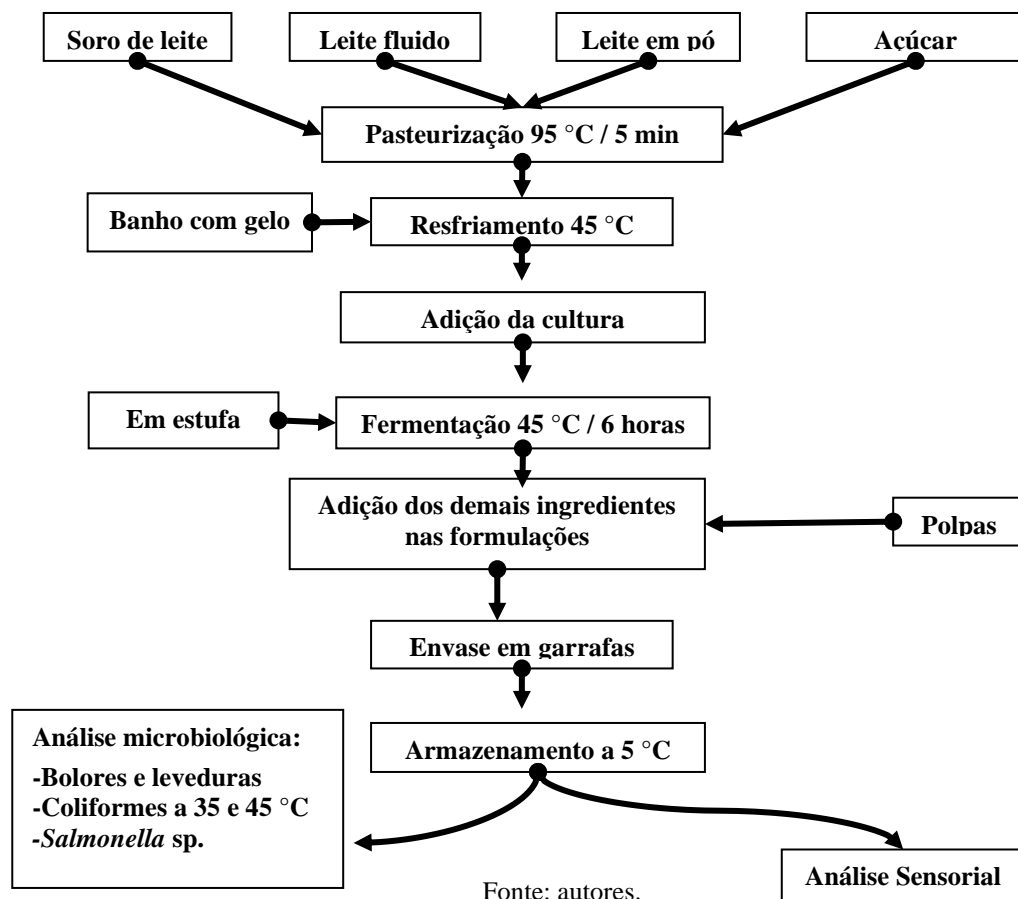
Notas: F1: sem adição de polpa de pitaya e polpa de morango; F2: com adição de 15% de polpa de pitaya e 5% de polpa de morango; F3: com adição de 5% de polpa de pitaya e 15% de polpa de morango.

Fonte: autores.

Para o processamento das bebidas lácteas fermentadas foi feita a pesagem dos ingredientes, seguida de mistura dos ingredientes: açúcar, soro de leite, leite fluido e leite em pó desnatado, com posterior homogeneização e pasteurização a 95 °C por 15 minutos, seguido de resfriamento a aproximadamente 45 °C em banho de gelo. Foi então realizada a

inoculação da cultura, adicionando-se iogurte natural, com fermentação em estufa a 45 ± 1 °C por 6 horas, até atingir pH 4,7. Após esse período as bebidas foram resfriadas a aproximadamente 4 °C, as polpas de pitaya e morango foram adicionadas, com posterior homogeneização (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma de elaboração da bebida láctea.



As bebidas lácteas fermentadas prontas, foram envasadas em garrafas de 500 mL armazenadas a 5 °C até a realização das análises (Figura 2).

Figura 2 – Bebidas lácteas elaboradas.



Notas: F1: sem adição de polpa de pitaya nem polpa de morango; F2: com adição de 15% de polpa de pitaya e 5% de polpa de morango; F3: com adição de 5% de polpa de pitaya e 15% de polpa de morango. Fonte: autores.

Caracterização físico-química das bebidas lácteas fermentadas

As análises físico-químicas foram: pH em potenciômetro de bancada (Lucadema, Luca-210); sólidos solúveis em refratômetro digital de bancada (Abbe Refractometer, Optronics-WYA-1S) com resultados expressos em °Brix, e acidez titulável por titulação com solução de NaOH (0,1 M) com resultados expressos em mg de ácido láctico.g⁻¹. Todas as análises realizadas de acordo com os métodos do Instituto Adolfo Lutz (IAL) (16). A determinação de vitamina C por método titulométrico, seguiu as instruções de Strohecker & Henning (17) e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico.g⁻¹. A análise de cor foi realizada em colorímetro digital MiniScan EZ - HunterLab (BrasEq, Jarinu-São Paulo) e os resultados expressos de acordo com as coordenadas CIE/LAB que incluem as variáveis L*, a* e b*. Todas as determinações supracitadas foram realizadas em triplicata.

Qualidade microbiológica

A avaliação da qualidade microbiológica das bebidas foi realizada de acordo com a legislação brasileira, Instrução Normativa n° 161, de 01 de julho de 2022 (18), que estabelece os padrões microbiológicos para leite fermentado e bebida láctea fermentada. As determinações incluíram avaliação de *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes ou a coliformes a 45 °C e *Salmonella* sp., além disso, para maior controle de qualidade, também foram investigados a presença de *Escherichia coli* e estafilococos coagulase positiva.

A investigação de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e estafilococos coagulase positiva, foi realizada imediatamente após a elaboração das bebidas lácteas fermentadas. Foram determinados em duplicata por semeadura em placas Petrifilm (3M Microbiology, St. Paul, MN, EUA), para contagens de coliformes (incubadas a 45 °C/24 h); de *E. coli*, (incubadas a 35-37°C/24h) e de *Staphylococcus aureus* (incubadas a 35-37°C/24h) de acordo com os métodos AOAC 991.14, AOAC 997.02 e AOAC 2003.08 (19;20), e presença de *Salmonella* sp., foi verificada seguindo metodologia convencional, preconizada pela American Public Health Association (21).

Análise sensorial e índice de aceitabilidade

A avaliação sensorial foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana do IFCE - Fortaleza, Brasil, sob Parecer: 2.538.172 e realizada no Laboratório de Análise

Sensorial de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará-IFCE, *campus* Limoeiro do Norte.

As bebidas lácteas fermentadas foram avaliadas através do teste afetivo de aceitação por escala hedônica estruturada de nove pontos [1=desgostei muitíssimo e 9=gostei muitíssimo] para avaliação dos atributos aparência, aroma, cor, sabor, textura e aceitação global; intenção de compra utilizando escala estruturada de cinco pontos [1=certamente não compraria e 5=certamente compraria] e frequência de consumo (22). A análise foi conduzida com 120 avaliadores não treinados, de ambos os gêneros e ampla faixa etária.

As amostras de bebida láctea fermentada foram servidas (aproximadamente 25 mL) com temperatura de 4 °C (± 2 °C) em copos plásticos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos. Os avaliadores receberam as amostras, biscoito (água e sal), água, caneta, o termo de consentimento livre e esclarecido e ficha para avaliação.

Foi calculado o índice de aceitabilidade (IA%) das bebidas lácteas, sendo as mesmas consideradas de boa aceitação quando o IA% foi maior ou igual a 70%, de acordo com a fórmula descrita por Dutcosky (23) (Equação 1):

$$IA(\%) = (A/B) \times 100 \quad (\text{equação 1})$$

onde: IA%: Índice de aceitabilidade; A: Nota média obtida no atributo; B: Maior nota dada ao atributo.

Análise estatística

Os dados das análises estão apresentados como médias \pm desvio padrão, avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) seguida de teste de comparação de médias de Tukey ($p < 0,05$). O software estatístico utilizado para as análises físico-química e sensorial foi o programa estatístico Action-2.9 (suplemento do Excel).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises físico-químicas

A Tabela 2 mostra os resultados estatísticos das análises físico-químicas das três formulações de bebida láctea fermentada.

Tabela 2 – Resultados das análises físico-químicas das bebidas lácteas fermentadas com e sem polpa de pitaya e morango.

Parâmetros	Formulação		
	F1	F2	F3
Acidez (g/100 g)	0,90 \pm 0,01 ^a	0,78 \pm 0,06 ^b	0,89 \pm 0,06 ^{ab}
Vitamina C (mg/100 mL)	1,56 \pm 0,00 ^c	6,25 \pm 0,00 ^a	3,12 \pm 0,00 ^b
Sólidos solúveis (°Brix)	17,2 \pm 0,10 ^a	13,96 \pm 0,23 ^b	3,76 \pm 0,12 ^b
pH	3,95 \pm 0,03 ^a	3,99 \pm 0,00 ^a	3,87 \pm 0,02 ^b
Cor			
L*	82,72 \pm 2,96 ^a	54,38 \pm 1,34 ^c	65,16 \pm 3,66 ^b
a*	-3,03 \pm 0,27 ^c	41,42 \pm 0,72 ^a	26,17 \pm 0,98 ^b
b*	12,04 \pm 0,66 ^a	-17,69 \pm 0,32 ^c	-6,03 \pm 0,40 ^b

Notas: F1: sem adição de polpa de pitaya nem polpa de morango; F2: com adição de 15% de polpa de pitaya e 5% de polpa de morango; F3: com adição de 5% de polpa de pitaya e 15% de polpa de morango. Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: autores.

Os resultados do parâmetro acidez total apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as formulações com e sem polpas de frutas (F1 e F2). A F1 sem adição de polpa, justifica a acidez encontrada no produto, já que naturalmente a bebida láctea é um alimento pouco ácido. A F2 continha polpa de pitaya (15%) e polpa de morango (5%), características que favorecem um valor de acidez menor em relação a F1. A maior ou menor porcentagem de polpas de frutas presentes nas formulações, alteram diversos constituintes, como a acidez na F3, onde a polpa de morango em quantidade maior que a polpa de pitaya contribuíram para o aumento significativo da acidez no produto, levando em consideração que o morango é uma fruta mais ácida em relação à pitaya.

A acidez influencia diretamente no sabor do alimento assim como em sua aceitabilidade, devendo haver um equilíbrio entre os nutrientes para que não haja rejeição por parte dos consumidores. A baixa acidez das bebidas lácteas tem importância no aspecto visual do produto e a determinação da acidez representa ainda um índice importante na avaliação da conservação dos alimentos (24).

Os dados para o teor de vitamina C diferiram significativamente entre todas as formulações desenvolvidas ($p < 0,05$), com teor mais expressivo verificado na F2 (6,25 mg/100 mL), formulação com maior quantidade de polpa de pitaya, demonstrando que a polpa de pitaya vermelha pode ser uma fonte considerável de vitamina C, desde que a quantidade presente no produto final esteja dentro do estabelecido pela legislação, além de depender também da frequência de consumo do produto. A F1 apresentou o menor teor de vitamina C (1,56 mg/100 mL), formulação que não continha as polpas de pitaya e morango, podendo ser considerado que a adição de polpas de frutas no desenvolvimento de produtos agrega valor nutricional desejável, com constituintes essenciais para o organismo humano.

A vitamina C é um constituinte de importância tanto nutricional como de defesa do organismo pela sua potente ação antioxidante, estando presente principalmente em frutas como a pitaya, morango entre outras.

O teor de sólidos solúveis apresentou resultados semelhantes estatisticamente para F2 e F3, e diferiu significativamente ($p < 0,05$) da F1 com valor de 17,2 °Brix, formulação na qual não foram acrescentadas as polpas de pitaya e morango. Os sólidos solúveis representam os açúcares dissolvidos no meio, de forma indireta, o que contribui para uma boa aceitação do produto pelos avaliadores, correlacionando este parâmetro com o atributo de sabor.

Os valores de pH diferiram apenas para F3 (3,87) que continha maior quantidade de polpa de morango. O valor de pH varia conforme o alimento, estado de maturação, armazenamento, processamento, dentre outras alterações que o produto pode sofrer, sendo seu valor expresso no produto final. Esses valores de pH podem ser atribuídos também a presença da lactose, componente presente em maior porcentagem na porção sólida do soro lácteo (25).

As características físico-químicas dos produtos contribuem para alterações no mesmo, segundo Egea et al. (26) o pH e a acidez são fatores que exercem maior influência na qualidade e contribuem na aceitação do produto, quando em equilíbrio. A baixa acidez das bebidas lácteas causada pela presença do ácido lático, favorece sua aceitabilidade pelos consumidores por acentuar o sabor do produto (27).

A determinação do parâmetro cor instrumental apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as três formulações, com destaque para L^* e b^* a F1, e para a^* F2.

Os resultados na presente pesquisa mostraram que a F1 obteve resultado mais próximo de 100, com valor L^* 82,72, a qual foi a formulação que não continha polpa de pitaya e morango. A F2 continha mais polpa de pitaya (15%) e menos polpa de morango (5%), levando a uma diminuição da luminosidade da bebida. A F3 continha menor quantidade de polpa de pitaya (5%) e maior quantidade de polpa de morango (15%) que favoreceu um menor aumento da luminosidade da bebida, para L^* 65,16, como mostra a Tabela 2.

O parâmetro de cor a^* indica que a bebida está mais próxima da cor vermelha característica de bebida láctea com polpa de pitaya vermelha e morango, nesse sentido, a F2 apresentou resultado mais expressivo, atribuindo valor a^* 41,42, mais próximo do vermelho. Essa característica pode ser atribuída principalmente a polpa de pitaya vermelha, com formulação de maior porcentagem. A F1 apresentou valor negativo, visto que não continha as polpas em sua formulação. Os valores de b^* observados para esta formulação mostraram tendência de cor para o amarelo.

Conforme Silva et al. (28) valores discrepantes de cor podem ser explicados pelas partículas da casca das frutas na bebida, que, após passar pelo processo de filtragem, podem aparecer em maiores ou menores quantidades, independente da concentração de polpa na amostra.

Análises microbiológicas

As bebidas lácteas mantiveram-se em conformidade com os padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente (19), não sendo detectados coliformes totais, coliformes termotolerantes, *E. coli*, estafilococos coagulase positivo e *Salmonella* spp., em nenhuma das amostras.

A ausência de contaminação nas bebidas fermentadas estudadas está relacionada com a qualidade do produto e a eficiência das Boas Práticas de Fabricação (BPF), que garantem que o produto final seja seguro para consumo.

Fioravante (27) avaliando a qualidade de bebidas lácteas elaboradas com extrato hidrossolúvel da amêndoa de baru, observou que quanto as análises de coliformes termotolerantes, as amostras também estavam dentro dos limites preconizados pela legislação. Siqueira et al. (29) avaliando a vida de prateleira de bebida láctea simbiótica com soro de queijo e polpa de graviola, observou que durante a vida de prateleira as bebidas mantiveram sua qualidade microbiológica (coliformes, bolores e leveduras, estafilococos coagulase positiva e bactérias lácticas totais) em níveis aceitos pela legislação vigente.

Ao estudarem o aproveitamento do resíduo (polpa) gerada pela industrialização do suco de abacaxi para obtenção de três formulações de bebida láctea fermentada, Santos Filho; Dias e Ribeiro (30) observaram que os resultados microbiológicos para as contagens de fungos e leveduras, coliformes termotolerantes e *Salmonella* sp., apresentaram-se em conformidade com os valores exigidos pela legislação vigente. Os resultados obtidos pelos autores foram condizentes com os valores obtidos na presente pesquisa.

Ferreira (31) analisando vinte amostras de bebida láctea fermentada pasteurizada comercializada no Distrito Federal, obteve contagens de coliformes totais de 460 NMP/mL, apenas uma amostra apresentou desenvolvimento de coliformes termotolerantes. A presença de coliformes termotolerantes em alimentos pode ser um indicativo de contaminação de origem fecal, que pode ter ocorrido antes, durante ou após a elaboração do produto como por exemplo, a falta de condições higiênico-sanitárias da área de processamento e dos

manipuladores. Dessa forma, torna-se necessário adotar as Boas Práticas de Fabricação a fim de tornar os alimentos inócuos e conseqüentemente isentos de contaminação.

Barcelos et al. (32) avaliando a qualidade microbiológica de sete formulações de bebida láctea com polpa de buriti, verificou que a contagem de coliformes termotolerantes obteve valor entre 0,3 e 0,36 NMP/mL, estando em conformidade com os padrões de referência exigidos em legislação vigente.

A avaliação da qualidade microbiológica dos alimentos é importante para garantir que os mesmos não sejam causadores de enfermidades para o ser humano, do ponto de vista microbiológico, contagens de coliformes termotolerantes em alimentos representa um alto risco para a saúde dos consumidores, visto que esses microrganismos são importantes veiculadores de gastroenterites, além de serem indicadores de sanidade dos alimentos.

Estudo realizado por Reis et al. (33) investigando a qualidade microbiológica de derivados lácteos de origem bovina, e a adequação à legislação vigente, em cinco laticínios do Distrito Federal, observaram que 62% do total de lotes (21 = 13 iogurte, 4 de coalhada e 4 de bebida láctea fermentada) analisados todos estavam em conformidade com a legislação vigente para aeróbios mesófilos, psicrotróficos, coliformes termotolerantes, *Staphylococcus* coagulase positiva, *Salmonella* spp., bolores e leveduras e bactérias ácido- lácticas viáveis (BAL). Conforme os autores a bebida láctea fermentada foi o produto mais apto ao consumo (75%), iogurte (61,5%) e coalhada (50%), 20% das unidades amostrais de bebida láctea fermentada apresentaram contagem de coliformes totais acima do permitido, assim como 30% do produto apresentou contagens de bactérias lácticas abaixo dos limites mínimos específicos. Nenhuma amostra apresentou contagem de *E. coli* e *Salmonella* spp. Os autores ainda relatam a necessidade do rigor e cumprimento do controle de qualidade e fiscalização necessária nessas indústrias.

Análise sensorial

A Tabela 4 apresenta os valores médios obtidos para os atributos sensoriais avaliados nas três formulações de bebida láctea fermentada.

Tabela 4 – Resultados da análise sensorial das bebidas lácteas fermentadas com e sem polpa de pitaya e morango.

Atributo	Formulação		
	F1	F2	F3
Aparência	7,13 ± 1,57 ^a	6,84 ± 1,80 ^a	7,23 ± 1,29 ^a
Aroma	6,96 ± 1,62 ^a	6,94 ± 1,61 ^a	7,31 ± 1,36 ^a
Cor	6,92 ± 1,53 ^a	6,95 ± 1,93 ^a	7,38 ± 1,30 ^a
Sabor	7,36 ± 1,62 ^a	6,54 ± 1,93 ^b	6,48 ± 1,91 ^b
Textura	7,38 ± 1,54 ^a	6,43 ± 1,83 ^b	6,79 ± 1,51 ^b
Aceitação global	7,19 ± 1,52 ^a	6,67 ± 1,61 ^b	6,91 ± 1,56 ^{ab}

Notas: F1: sem adição de polpa de pitaya nem polpa de morango; F2: com adição de 15% de polpa de pitaya e 5% de polpa de morango; F3: com adição de 5% de polpa de pitaya e 15% de polpa de morango. Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem estaticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: autores.

Os resultados para o teste de aceitação por escala hedônica se encontram na região de aceitação com escores entre 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei moderadamente) para todos os atributos em todas as formulações. Observou-se que os atributos aparência, aroma e cor não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre as formulações desenvolvidas (F1,

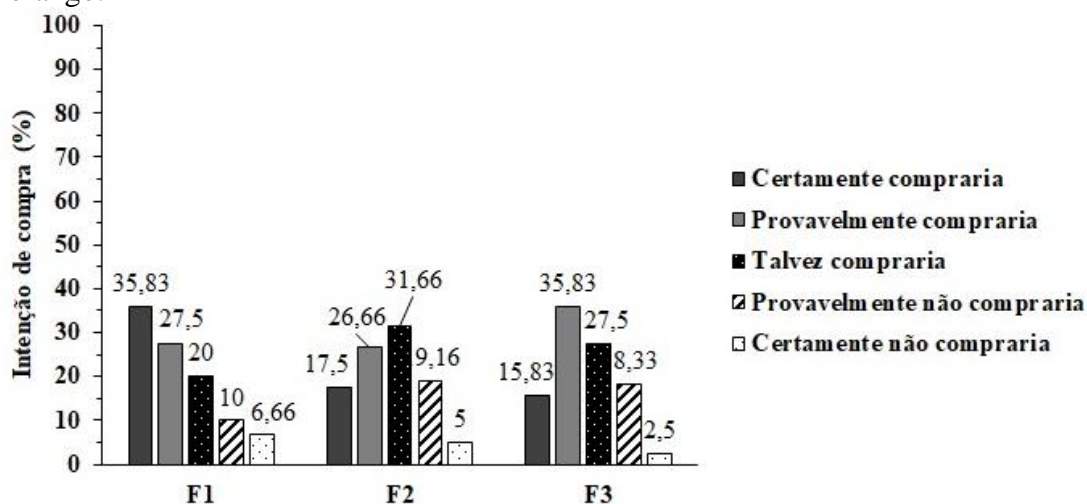
F2, F3), demonstrando que as diferentes quantidades de polpa de pitaya adicionadas não foram suficientes para interferir de forma significativa nesses atributos, ou seja, os avaliadores não conseguiram identificar uma diferença entre as três formulações, apesar das quantidades de polpas utilizadas. Para os atributos sabor e textura, observou-se diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre F1 (7,38) com as demais formulações adicionadas das polpas das frutas (F2 e F3). Essas diferenças levam a considerar que a adição das polpas de pitaya vermelha e polpa de morango, influenciaram diretamente no sabor e textura das formulações. Para o atributo aceitação global, houve diferença estatística significativa entre F1 e F2, formulação sem adição de nenhuma das polpas de frutas e com 15% de polpa de pitaya e 5% de polpa de morango, respectivamente, levando a conclusão de que a adição de polpas de frutas no produto pode interferir na avaliação podendo levar a sua aceitação ou não.

A F1 por não conter as polpas de frutas, não interferiu estatisticamente com relação aos seus atributos sensoriais, como a aparência, aroma e a cor, que são atributos de importância na aceitação de um novo produto, sendo os primeiros a serem observados pelos consumidores no ato da compra.

O sabor e a textura têm relação direta com a aceitação do produto elaborado, visto que os avaliadores provam as amostras para verificar se houve uma harmonia entre as características que formam esses dois atributos, levando-os a “aceitar ou não” o produto oferecido.

Os resultados para a avaliação de intenção de compra das bebidas lácteas foram divergentes para as três formulações (Figura 3).

Figura 3 – Intenção de compra das bebidas lácteas fermentadas com e sem polpa de pitaya e morango.



Notas: F1: sem adição de polpa de pitaya nem polpa de morango; F2: com adição de 15% de polpa de pitaya e 5% de polpa de morango; F3: com adição de 5% de polpa de pitaya e 15% de polpa de morango. Fonte: autores.

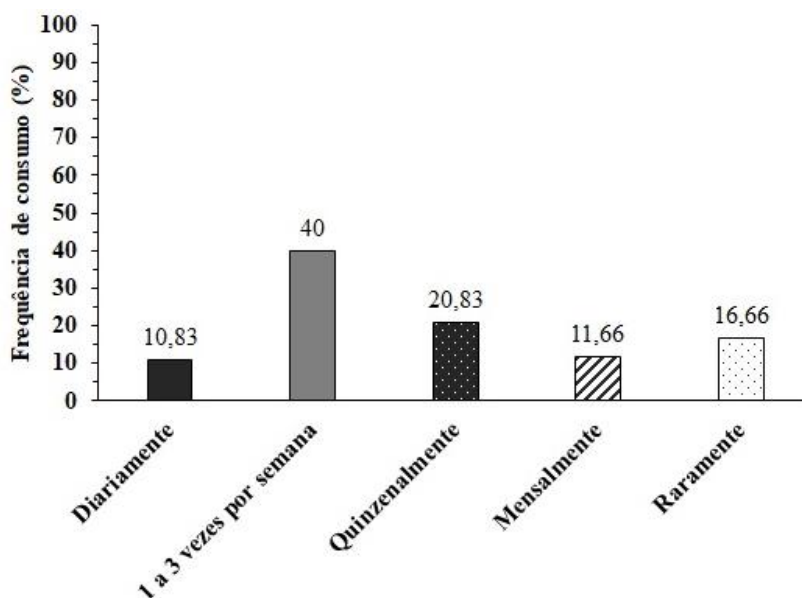
Os resultados da intenção de compra mostraram que 35,83% dos avaliadores responderam que “certamente comprariam” a bebida láctea F1 (controle), e F2 e F3 apresentaram menores percentuais, 17,5% e 15,83%, respectivamente. Para a opção “provavelmente compraria”, observou-se que a F3 foi que obteve 35,83% das respostas dos avaliadores, formulação com maior quantidade de polpa de morango (15%).

De acordo com os resultados o maior percentual de incerteza dos avaliadores na compra das bebidas lácteas, ao afirmarem que “talvez compraria” foi detectada para F2 (31,66%), que continha um percentual de 15% de polpa de pitaya e 5% de polpa de morango.

A intenção de compra de um produto pode é influenciada por um conjunto de características, como qualidade microbiológica, aparência, informações nutricionais, sabor, aroma, dentre tantos outros. No presente estudo as diferentes concentrações de polpa de pitaya vermelha e polpa de morango, não foram suficientes para os avaliadores definirem a que certamente comprariam, com percentuais bem próximos (17,5% e 15,83%, respectivamente).

A análise da frequência de consumo das bebidas utilizou para efeito de comparação, a bebida láctea fermentada comercial, com os escores atribuídos para cada termo, visto que no mercado não existe disponível bebida láctea fermentada com os sabores empregados na pesquisa (Figura 4).

Figura 4 – Frequência de consumo de bebida láctea fermentada comercial.



Fonte: autores.

Segundo os resultados apresentados na Figura 4, 40% dos avaliadores consumiam bebida láctea fermentada de 1 a 3 vezes por semana. Esse resultado mostra que a bebida láctea fermentada é um dos derivados lácteos mais presente na mesa dos consumidores, por ser um produto que se encontra em várias embalagens, sabores, fazendo uso de muitas frutas, buscando agregar cada vez mais qualidade e sabor ao mesmo, o que atrai o interesse de consumo pelos consumidores, que demandam por produtos versáteis, sem abrir mão de sua qualidade.

Quanto a avaliação da aceitabilidade das bebidas lácteas elaboradas observou-se que as três formulações obtiveram uma boa aceitação, alcançando valores acima de 70%, sendo este o menor percentual requerido para indicar o nível de aceitabilidade do produto (Tabela 5).

Tabela 5 – Índice de aceitabilidade (%) por atributo das bebidas lácteas fermentadas com e sem polpa de pitaya e morango.

Atributo	Formulação		
	F1	F2	F3
Aparência	79,22	76,00	80,33
Aroma	77,33	77,11	81,22
Cor	76,88	77,22	82,00
Sabor	81,77	72,66	72,00
Textura	82,00	71,44	75,44
Aceitação global	79,88	74,11	76,77

Notas: F1: sem adição de polpa de pitaya nem polpa de morango; F2: com adição de 15% de polpa de pitaya e 5% de polpa de morango; F3: com adição de 5% de polpa de pitaya e 15% de polpa de morango.

Fonte: autores.

Os resultados para o índice de aceitabilidade das bebidas lácteas elaboradas, indicaram que os atributos sensoriais aparência, aroma e cor apresentaram maiores valores para a F3, sendo de 80,33; 81,22; 82,00, respectivamente. Para os atributos sabor, textura e aceitação global, os maiores valores foram para F1, sendo de 81,77; 82,00 e 79,88, respectivamente. Em relação ao sabor observou-se em todas as formulações valores decrescentes para F1, F2 e F3. Levando em consideração que os resultados foram para a formulação sem polpas de frutas, com maior concentração de polpa de pitaya vermelha e maior concentração de polpa de morango, respectivamente, infere-se que as concentrações das polpas utilizadas não agradaram o paladar dos avaliadores, principalmente em termos de sabor, textura e aceitação global, que foram os atributos com resultados significativos.

Siqueira et al. (29) analisando as características sensoriais e estabilidade de dez formulações de bebida láctea simbiótica sabor graviola com 75 provadores não treinados, verificaram que a adição de 25% de polpa da fruta favoreceu a aceitação do produto quanto aos atributos de sabor e aroma. A baixa concentração de leite em pó desnatado e alta concentração de soro de queijo coalho favoreceu a melhor aceitação dentre as formulações elaboradas, segundo os autores. Ao avaliarem o índice de aceitação obtiveram valor inferior a 70%, que segundo os autores é o índice mínimo estipulado para que o produto seja aceito sensorialmente. Os autores relatam ainda que o desenvolvimento de um produto novo requer a avaliação da sua aceitação objetivando a previsão relacionada a seu comportamento diante do mercado consumidor. A intensão de compra apresentou maior média (4,03) para a bebida láctea com 25% de polpa de graviola e 71,5% de soro de queijo coalho.

Comparando estes resultados com os verificados na presente pesquisa observou-se que as bebidas lácteas fermentadas das três formulações apresentaram aceitação acima de 70%, sendo, portanto, aceitas.

Santos et al. (34) analisando a influência da concentração de soro de leite na aceitação sensorial de quatro formulações de bebida láctea fermentada, observaram que a substituição de leite por soro de queijo na concentração de 40% contribuiu para uma melhor aceitação sensorial referente a formulação B. Os autores afirmaram ainda que a aceitação sensorial foi influenciada em decorrência da menor formação do gel proteico, favorecido na porcentagem acima referida, fazendo uma consistência adequada e por conseguinte, melhor estabilidade da bebida láctea fermentada.

Estudo realizado por Fioravante (27), analisou a aceitação sensorial e a caracterização físico-química de bebida fermentada com extrato hidrossolúvel da amêndoa

de baru, com 21 provadores não treinados divididos em três blocos, observaram que não houve diferença significativa para os atributos de cor, aroma, sabor, textura, doçura e aceitação global entre as sete formulações. A F2 (20% de polpa de ameixa e 0% de açúcar) apresentou maiores escores para aparência, cor e doçura e F5 (15% de polpa de ameixa e 2,5% de açúcar) apresentou médias semelhantes para textura e aceitação global.

Segundo os autores, o teste de aceitação global das bebidas apresentou boa aceitabilidade variando do “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente para todas as formulações, não sendo observada diferença significativa tanto pela Anova como pelo teste de Tukey. O índice de aceitabilidade para todas as formulações ficou acima de 75% para todas as formulações. O índice de compra das sete formulações não apresentou diferença significativa, a formulação 4 com 28,57% concentrou a resposta de intensão de compra na faixa “decididamente eu compraria” e “provavelmente eu compraria”.

Pesquisa realizada avaliando a aceitação sensorial de sete formulações de bebidas lácteas fermentadas com polpa de buriti (5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5 e 20%), desenvolvida por Barcelos et al. (32) observaram que as formulações (5 e 10%) foram as mais preferidas pelos provadores. Observou-se ainda que o aumento no percentual de adição de polpa de buriti influenciou nos resultados obtidos e as amostras foram igualmente aceitas, para a intensão de compra os resultados foram significativamente iguais entre os tratamentos, sendo de 3,16 a 3,48, com destaque para a formulação 5% como sendo a mais aceita.

Silva et al. (28) avaliando a aceitabilidade de uma bebida láctea sabor cenoura e laranja com soro de leite de búfala com 60 provadores não treinados por meio de questionário, observaram que 38% afirmaram que comprariam o produto e apenas 3,33% não comprariam. Conforme os autores as médias foram semelhantes com relação aos atributos de aparência global, sabor, consistência e cor. O atributo de aroma apresentou média baixa. Para todos os atributos as médias ficaram na faixa entre 7 e 8 correspondendo a “gostei moderadamente” e “gostei muito”. A boa aceitabilidade da bebida, segundo os autores foi atribuída a inovação do sabor de cenoura e laranja.

Os resultados do estudo realizado por Santos Filho; Dias e Ribeiro (30) sobre o aproveitamento do resíduo da indústria de suco de abacaxi para a produção de três formulações de bebida láctea fermentada, mostraram que o índice de aceitação foi na faixa de 6,74 e 7,98 correspondendo aos termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Os autores relataram que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os atributos sensoriais para as três formulações, os dados da análise de intensão de compra foi de 46, 52 e 56%, para F1, F2 e F3, respectivamente.

Pesquisa realizada por Cavalari (35), avaliando sensorialmente uma formulação de bebida láctea fermentada de leiteiro (45,9%) sabor morango (1,8%) com 100 provadores não treinados, observou que o produto elaborado obteve uma boa aceitação sensorial obtendo nota de 7,5 ficando na faixa dos termos hedônicos “gostei moderadamente” a “gostei muito”. Os dados da intenção de compra foram de 74,5%, mostrando que os provadores “provavelmente comprariam” ou “certamente compraria” o produto, demonstrando o leiteiro ser uma ótima opção para bebidas lácteas e compostas.

Gajo et al. (36) avaliando a composição química e as características sensoriais de bebidas lácteas fermentadas utilizando 25, 35 e 45% de soro de leite e 5% de polpa de morango com 55 provadores não treinados, observaram que os resultados do atributo sabor das bebidas não tiveram diferença significativa ($p > 0,05$). As formulações com maior adição de soro (35 e 45%) obtiveram maior nota nos atributos de intenção de compra e aparência.

Atributos como textura, sabor e impressão global não houve diferença significativa entre os tratamentos. Estudo desenvolvido por Busanello (37), em que desenvolveu uma bebida láctea prebiótica com cajá-manga na qual foram elaboradas três formulações de bebida láctea: controle (sem adição de polpa) e duas com diferentes concentrações de polpa (25 e 30%). Nas três bebidas foi utilizado leite e soro de leite líquido na proporção de 70/30%. A análise sensorial demonstrou que as bebidas obtiveram boa aceitação sensorial e não houve preferência entre as mesmas.

É importante destacar que a composição da formulação influencia na aceitação sensorial, pois podem modificar atributos sensoriais como aroma e sabor, e que podem contribuir para a aceitação do produto desenvolvido (38).

CONCLUSÕES

As características físico-químicas das formulações da bebida láctea fermentada apresentaram índices expressivos dos constituintes analisados, concluindo que a adição das polpas das frutas pitaya vermelha e morango tiveram um efeito positivo no produto final.

A análise microbiológica também mostrou que todas as formulações estavam dentro do estabelecido pela legislação, isentas de contaminações, sendo seguras para consumo.

Os dados da análise sensorial mostraram que as bebidas lácteas fermentadas obtiveram boa aceitação com porcentagem acima de 70% para todas as formulações, contudo, a F1 destacou-se quanto aos atributos sabor, aroma e textura. A partir disso, conclui-se que o aproveitamento do soro de leite para elaboração de bebida láctea fermentada é uma alternativa viável, e que o uso de polpas de frutas como pitaya vermelha e morango podem agregar valor tanto nutricional como características sensoriais que agradam os consumidores.

Para tanto, são necessários mais estudos com diferentes concentrações de polpa de pitaya vermelha, contribuindo para a redução das perdas pós-colheita e melhor aproveitamento dela.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por seu suporte financeiro à pesquisa, além da bolsa de estudos do primeiro e segundo autor (Mestrado/IFCE), e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela bolsa de estudos do terceiro autor (Mestrado/IFCE).

REFERÊNCIAS

1. Rocha T, Carli EM. Utilização de diferentes concentrações de soro para elaboração de uma bebida láctea acidificada. *Unoesc & Ciência-ACET*. 2017; 8 (2): 163-172.
2. Lino DL, Silva DD, Ramos GL, Turon T, Silva MC, Cruz AG. Desenvolvimento e análise sensorial de bebida láctea de jamelão. *Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente*. 2020; 1(4): 63-77.
3. Souza CF, Hemkemeier M. Pós-tratamento por eletrocoagulação de efluente do processamento do soro de leite tratado por reator anaeróbio. *Research, Society and Development*. 2020; 9 (9).

4. Avelar EB, Rocha KC, Almeida MEF. Bebida láctea e aveia: Efeito no estado nutricional e no funcionamento intestinal de professoras. *Brazilian Journal of Health Review*. 2019; 2 (4): 2494-2506.
5. Thamer KG, Penna ALB. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2006; 26 (3): 589-595.
6. Brasil. Normativa Nº16 de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebida Láctea. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Diário Oficial da União, Brasília, DF.
7. Pereira GNO. Desenvolvimento e avaliação de bebida láctea não fermentada adicionada de concentrado protéico de soro de leite (WPC) [Graduação]. Garanhuns, SP: Universidade Federal Rural de Pernambuco; 2019.
8. Barcelos SC, Oliveira ICS, Egito AS, Teixeira-Sá DMA, Santos KMO. Viabilidade de cepa comercial e autóctone de *Lactobacillus rhamnosus* em bebida láctea caprina com suco de uva potencialmente probiótica. *Arquivos Brasileiros de Alimentos*. 2018; 3 (1):11-25.
9. Rosa LP, Souza Barros L, Souza RS, Pereira DH, Cruz LCC. Análise sensorial de bebida láctea de cupuaçu. *Research, Society and Development*. 2020; 9 (10).
10. Nunes EN, Sousa ASB, Lucena CM, Silva SM, Lucena RFP, Alves CAB, Alves RE. Pitaia (*Hylocereus* sp.): uma revisão para o Brasil. *Revista Gaia Scientia*. 2014; 8 (1): 90-98.
11. Rocha C, Cobucci RMA, Maitan VR, Silva OC. Elaboração e avaliação de iogurte sabor frutos do cerrado. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos (CEPPA)*. 2008; 26 (2): 255-266.
12. Quinato EE, Degáspari CH, Vilela RM. Aspectos nutricionais e funcionais do morango. *Visão Acadêmica*. 2007; 8 (1): 11-17.
13. Wang J, Wang J, Ye J, Vanga SK, Ragavan V. Influence of high-intensity ultrasound on bioactive compounds of strawberry juice: profiles of ascorbic acid, phenolics, antioxidant activity and microstructure. *Food Control*. 2019; 96:128-136.
14. Cervo, A. L., Bervian, P. A., & Silva, R. Metodologia científica. (6a ed.), São Paulo: Prentice Hall. 2007.
15. Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. 2018.
16. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. 4. ed. São Paulo. 2008
17. Strohecker R, Henning HM. Analisis de Vitaminas: Métodos Comprobados. Madrid: Paz Montalvo. 1967.
18. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161, de 01 de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 06 de julho de 2022. Edição 126. Seção 1, p. 23.
19. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. 17. Ed. Gaithersburg: AOAC (1): 2003;12.1-12.3.; (2): 33. 1-33.88.
20. Silbernagel KM, Jechorek RP, Carver CN 3M™ Petrifilm™ Staph Express count plate method for the enumeration of *Staphylococcus aureus* in selected dairy foods: collaborative study. *Journal of AOAC International*. 2003; 86 (5): 963-970.

21. American Public Health Association. Committee on Microbiological for Foods. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4.ed. Washington: American Public Health Association. 2001; 676p.
22. Montesdeoca R, Benítez I, Guevara R, Guevara G. Procedimiento para la producción de una bebida láctea fermentada utilizando lactosuero. Revista chilena de nutrición. 2017; 44 (1): 39-44.
23. Dutcosky SD. Análise sensorial de alimentos. 5ª ed. rev. Curitiba: PUCPRESS. 2019; 540p.
24. Ladeira AS, Paz MEM, Lima JRR, Oliveira Melo F, Talma SV, Lima JS. Produção e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de bebidas lácteas fermentadas prebióticas sabor tamarindo. Diversitas Journal. 2020; 5 (4): 2528-2550.
25. Dellagostin RTB, Mello RN, Fischer B, Duarte PF, Colet R, Backes GT, Zeni J. Bebida láctea fermentada à base de soro de leite, extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) e stévia (*Stevia rebaudiana*). Brazilian Journal of Development. 2020; 6 (12): 102661-102680.
26. Egea MB, Gomes ACG, Lima MS, Takeuchi KP. Relação entre as características físico-químicas e reológica e o valor comercial de iogurte integral com sabor morango. Segurança Alimentar e Nutricional. 2019; 26: 1-11.
27. Fioravante MB. Elaboração, caracterização e aceitação de bebida fermentada saborizada do extrato hidrossolúvel da amêndoa de baru [Dissertação]. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul- UFMS; 2015.
28. Silva WB, Lorenzo ND, Dias PAV, Lourenço Júnior JB, Lima LGB, Afonso MB, Miranda RN, Neres LS, Nahum BS. Desenvolvimento e avaliação físico-química e sensorial de bebida láctea sabor cenoura e laranja com soro de leite de búfala. Anais. X Congresso Brasileiro De Buiateia. 2013; Universidade Estadual do Pará-UEPA- Belém, Pará.
29. Siqueira AMO, Machado ECL, Campos TS, Siqueira LP, Stamford TCM, Stamford TLM. Características sensoriais e estabilidade de bebida simbiótica com sabor graviola. Boletim do CEEPA. 2015; 33(2):1-12.
30. Santos Filho WLG, Dias CS, Ribeiro CFA. Bebida láctea fermentada com adição de resíduo da industrialização do suco de abacaxi. Revista Ciência e Tecnologia Agropecuária. 2016; 10 (4): 32-39.
31. Ferreira PM. Análise microbiológica de bebida láctea pasteurizada sem sabor comercializada no distrito Federal [Monografia]. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária; 2011.
32. Barcelos EWV, Souza LFA, Jesus JMI, Lima AVSC, Santos MRL. Aceitação sensorial, qualidade físico-química e microbiológica de bebida láctea fermentada saborizada com polpa de buriti. II Simpósio de Pesquisa e Extensão de Ceres e Vale de São Patrício. 2014; Universidade Estadual de Goiás- UEG, Campos Ceres- GO.
33. Reis DL, Couto EP, Ribeiro JL, Nero LA, Ferreira MA. Qualidade e segurança microbiológica de derivados lácteos fermentados de origem bovina produzida no DF. Revista Semina, Ciências Agrárias. 2014; 35 (6): 3161-3172.
34. Santos CT, Costa AR, Fontan GSR, Fontan RCI, Bonomo RCF. Influência da concentração de soro na aceitação sensorial de bebida láctea fermentada com polpa de manga. Revista alimentos e nutrição. 2008; 19(1): 55-60.
35. Cavalari ICS. Elaboração de bebida fermentada com leiteiro [Graduação]. campus Barretos- SP: IFSP; 2017.
36. Gajo AA, Carvalho MS, Abreu LR, Pinto SM. Avaliação da composição química e caracterização sensorial de bebida láctea fermentada elaborada com leite de ovelha. Revista do Instituto Cândido Tostes. 2010; 65(374): 59-65.

37. Busanello MP. Desenvolvimento de bebida láctea probiótica com cajá-manga (*Spondias dulcis*) [Graduação]: Centro Universitário Tecnológico do Paraná; 2014.
38. Souza WFC de, Amaral CRS do, Bernardino PDL da S. The addition of skim milk powder and dairy cream influences the physicochemical properties and the sensory acceptance of concentrated Greek-style yogurt. **International Journal of Gastronomy And Food Science**. 2021; 24: 100349.

Capítulo 15

Doi.org/10.53934/9786585062060-15

PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS: ABORDAGEM NOS COMPOSTOS BIOTIVOS E SEGURANÇA ALIMENTAR, UMA REVISÃO DE LITERATURA

Luana Karoline Furtado Silveira ^{***}; Juliana Guimarães da Silva^{**} ; Helen Cristina de Oliveira Palheta^{*} ; Luis Gustavo Alcântara Olegário^{*} ; Jade Vitória Duarte de Carvalho ; Rafaela Valente de Freitas ; Orquídea Vasconcelos dos Santos^{**} 

^{**}Programa de pós-graduação em ciências e tecnologias dos alimentos PPGCTA-UFPA;

^{*}Faculdade de Nutrição- FANUT-UFPA

^{***}*Luana Karoline Furtado Silveira – Email: Nutriluanasilveira25@gmail.com*

Resumo: Neste capítulo tem-se como objetivo abordar a importância da utilização de plantas alimentícias não convencionais (PANCs), bem como a composição nutricional e funcional dessas plantas cultivadas e nativas da região amazônica. Para isso, faz-se uma revisão em artigos dos últimos cinco anos que trazem informações acerca da composição nutricional e da utilização dessas plantas na dieta cotidiana da população e como a utilização dessas plantas pode assegurar uma alimentação rica em nutrientes. Faz-se também uma abordagem mais profunda a respeito dos bioativos que são encontrados em diferentes PANCs e os benefícios à saúde a partir de seu consumo na alimentação. Aborda ainda, a importância da inserção dessas plantas de baixo custo para assegurar uma alimentação rica em nutrientes e na segurança alimentar e nutricional da população brasileira.

Palavras-chaves: PANC; compostos bioativos; Segurança alimentar

INTRODUÇÃO

Um dos biomas mais extensos e diversificados tendo em território brasileiro cerca de 6.700.000 km², a Amazônia torna-se protagonista no quesito diversidade de fauna e flora, onde é fonte de muitas espécies de plantas nativas e exóticas pouco estudadas que podem ser fontes de benefícios a saúde humana (1). Pela falta de conhecimentos baseados em estudos científicos as evidências dos benefícios nutricionais de potencial em compostos bioativos, ação anti-inflamatória e ação antifúngica de muitas plantas são baseadas em conhecimentos empíricos de populações que ao longo do tempo desenvolveram conhecimento com a utilização na prática dessas plantas e que foram repassados de geração em geração, esse conhecimento tem seu valor e tem chamado a atenção de pesquisadores (2).

Na grande diversidade de plantas nativas e exóticas da Amazônia destacam-se aquelas que podem ser comestíveis que foram denominadas em meados de 2008 de plantas alimentícias não convencionais (PANC). Tais plantas se caracterizam por não serem tipicamente consumidas na dieta, porém se mostram com alto potencial de nutrientes que podem melhorar a qualidade de vida de seus consumidores, visto que as PANCs possuem

valor nutritivo e funcional, por isso veem crescendo no meio da indústria de cosméticos, farmacêutica e alimentar, todo esse potencial não pode passar despercebido em uma das regiões que detêm uma rica flora, sendo importante o incentivo a estudos sobre o potencial dessas plantas e a maior valorização ao seu consumo (3,4).

A ausência dessas novas fontes alimentares na mesa da população se torna um objeto de estudo interessante e que vale a pena ser abordado e questionado, pois, mesmo com os números de desnutridos crescendo e os índices de fome aumentando no país temos alimentos com potencial nutricional e de baixo custo subaproveitados, as PANC se tornam fontes também de compostos bioativos outro nicho para se estudar nessas plantas, esses fitonutrientes são caracterizados por serem substâncias químicas produzidas a partir de vegetais, metabólitos secundários que são produzidos pelas plantas como método de defesa e quando consumidos na dieta podem ter ação benéfica. Os compostos fenólicos são considerados os mais bioativos, pois, estão fortemente presentes em vegetais, podem ser divididos em três classes: os ácidos fenólicos, flavonóis e antocianinas (5).

No Brasil pós-pandemia foi evidenciado algo que já estava em crescimento mesmo antes do início desse período, a insegurança alimentar e nutricional. Atualmente cerca de 19 milhões de pessoas vivem sem saber o que irá comer dia após dia, o contexto de insegurança alimentar e nutricional (IAN) caracteriza-se pela insuficiência de alimentos onde não são feitas ao menos três refeições ao dia para que a população viva bem e suprindo todas as suas necessidades fisiológicas e nutricionais, é uma situação de calamidade pela falta de alimento na mesa (6).

AMAZÔNIA: FLORA DETENTORA DE PANCS (PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS)

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019) (7) a Amazônia é o maior bioma brasileiro, abrangendo uma faixa territorial de 4.212.472 km², correspondendo a 58,93% do território nacional. Além da ampla extensão territorial, é detentora de uma vasta diversidade biológica de produtos naturais e vegetais por conta da fauna e flora (7). Os registros sobre a biodiversidade brasileira iniciaram com a chegada dos portugueses e de cronistas europeus à América do Sul, por volta do século XVI. Já nos séculos XVII e XVIII, naturalistas vindos da Europa percorreram o Brasil catalogando plantas, animais e minerais (8). Observa-se que no contexto atual, as plantas nativas da região amazônica são pouco exploradas pelos pesquisadores, fato que é corroborado pela escassez de conhecimento e estudos em escala industrial, na área de alimentos e outros.

A aquisição e consumo de plantas na Amazônia é geralmente realizada em época sazonal, no mercado interno popular, ou não está dentro do mercado para o acesso da população (9, 10). As plantas amazônicas são matérias-primas para produtos e subprodutos farmacêuticos e cosméticos naturais, os quais são amplamente relacionados às novas descobertas de princípios bioativos e remédios tradicionais à base de plantas, sendo os pontos mais estudados e relevantes para descoberta de medicamentos a partir dessas fontes naturais (11). No entanto, ao contrário dos medicamentos tradicionais asiáticos, os remédios populares da Amazônia não são registrados há milhares de anos na farmacopéia de ervas. Por outro lado, os grupos indígenas fizeram uso extensivo de materiais vegetais da floresta tropical para atender às suas necessidades de saúde. Somente nos últimos tempos, a cultura

etnobotânica amazônica começou a ser descoberta e levada em consideração para o desenvolvimento de novos medicamentos e produtos para a saúde (12).

Além da utilização com fins medicinais, os produtos vegetais advindos da flora amazônica também podem ser incluídos nos hábitos alimentares dos indivíduos, visto que a ingestão de plantas alimentícias não convencionais (PANCs) pode auxiliar na preservação da soberania e a segurança alimentar e nutricional dos indivíduos que as consomem (13). Na figura 1 são mostradas algumas PANCS amazônicas.



Figura 1 – PANCS Amazônicas

PANCS

Plantas alimentícias não convencionais (PANC) é o nome dado a todas as plantas que possuem uma ou mais partes que podem ser utilizadas na alimentação, entre eles: raízes tuberosas, tubérculos, bulbos, rizomas, cormos, talos, folhas, brotos, flores, frutos e sementes. Esse termo foi criado em 2008 pelo biólogo Valdely Ferreira Kinupp (13). Geralmente são hortaliças conhecidas como ervas daninhas por serem encontradas de forma abundantes em diversos ambientes e devido sua rápida propagação (14).

Essas plantas podem ser de origens espontâneas ou cultivadas, nativas ou exóticas que não estão incluídas em nosso cardápio cotidiano (15). Estima-se que no Brasil existem mais de 390 mil espécies de plantas, no entanto somente mil espécies são utilizadas como

alimentos (14), quando se trata de plantas não convencionais acredita-se que existam cerca de 3 mil espécies e poucas são exploradas (16) Vale salientar que o termo “não convencional” dependerá do local e da cultura na qual a planta está inserida, podendo a mesma planta ser considerada de uso convencional para determinada região e ser desconhecida em outro estado do Brasil (17).

Outrora, o consumo de PANCs (Tabela 1) era comum, servindo de sustento para as famílias, porém com a globalização e a inserção de alimentos industrializados na dieta dos brasileiros, ocorreu uma perda de costumes dos ancestrais e com isso o desuso de diversos alimentos principalmente para populações tradicionais. (15, 16, 18). Inserir as PANCs no cardápio diário do brasileiro seria uma alternativa para favorecer a autonomia das famílias e garantir soberania e segurança alimentar e nutricional, visto que são plantas de fácil manejo e cultivo. Além disso, as PANCs são reconhecidas por serem excelentes fontes de nutrientes como vitaminas e minerais e muitas também possuem propriedades medicinais como antioxidantes, anti-inflamatórias, devido a presença de compostos bioativos que contribuem para a saúde (17).

Tabela 1 – PANCs da Amazônia

Nome científico	Nome popular	Formas de uso	Parte consumida
<i>Eryngium foetidum</i> L	Chicória	Refogado, <i>In natura</i>	folha
<i>Acmella oleracea</i> (L.) R.K.Jansen	Jambu	Cozido	Folha
<i>Cucumis anguria</i> L.	Maxixe	cozido	Fruto
Dioscoreaceae	Acará	Cozido	raiz
<i>Dioscorea trifida</i> L.f			
<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd.	Cariru	tempero	folha
Amaranthus sp			
<i>ansonia alliacea</i> (Lam.) A. H. Gentry	Cipó d’alho	cozido	folha
<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Mandioca baiuquinha, mandioca barcarenense	Cozido, bolo, maniçoba, tucupi, farinha, purê, tapioca, frita	Raiz e folha
<i>Ocimum campechianum</i> Mill.	Alfavaca, favaca	cozido, tempero	Folha

Fonte: Adaptado de Correa et al. (2022).

BIOATIVOS E SEUS BENEFÍCIOS A SAÚDE

Os compostos bioativos (CBA), são compostos extra nutricionais, uma vez não possuem funções estabelecidas como os nutrientes, mas trazem consigo diversos benefícios à saúde, como melhoria dos mecanismos de defesa biológica; retardo no processo de envelhecimento do organismo e melhoria em questões mentais e físicas. Ademais, contribuem para prevenção de inúmeras doenças, como a diabetes mellitus, doenças cardiovasculares e doenças consideradas carcinogênicas. Os CBA são divididos em diversas classes, já que há em grande número na natureza e em ampla variação de estruturas químicas, contudo, os três grandes grupos que estão presentes na dieta humana habitual são: glicosinolatos, polifenóis e carotenoides (19).

Sendo assim, a ingestão desses grupos de CBA está relacionada à menor incidência de DCNTs e redução da mortalidade. Isso se deve, pois os glicosinolatos são compostos formadores de isotiocianatos, os quais são compostos bioativos que promovem proteção do organismo contra o câncer (19-21); os carotenoides podem ser encontrados com facilidade em plantas e tem potencial para reduzir níveis de colesterol e alguns tipos de câncer (20-22); e os polifenóis – ou também chamados e compostos fenólicos – são compostos que possuem capacidade funcional por possuir capacidade antioxidante e anticarcinogênica (23-25).

Existem diversas fontes para obtenção de compostos bioativos, podendo ser obtido de forma sintética em laboratórios ou de forma natural, neste estudo, há destaque para as PANCS (Plantas Alimentícias Não-Convencionais). Conforme indicado por Tavares et al. (26), as Plantas Alimentícias Não-Convencionais são ricas tanto nutricionalmente, quanto em compostos bioativos e fitoquímicos, conferindo a eles características de alimentos funcionais que auxiliam no combate a insegurança alimentar e nutricional. Exemplo disso está no estudo Tavares et al. (26), no qual observaram alto teor de flavonoides, antocianinas, saponinas, carotenoides e tocoferóis, ω -3, ω -6, ω 9 que possuem substâncias antioxidantes, nas PANCS conhecidas como Moringa (*Moringa oleifera*), Ora-pro-nóbis (*Pereskia* spp.), e Caruru (*Amaranthus* spp.).

Entretanto, ainda há compostos existentes conhecidos como fatores antinutricionais (FANs), os quais são gerados a partir do metabolismo secundário das plantas que se consumidos em grandes quantidades pode ser tóxico ao organismo (24). Diante disso, mesmo com diversos nutrientes e compostos bioativos presentes nas PANCs, ainda é necessário ter cuidados durante o preparo. Segundo Corado (22), é importante considerar as características e formas de preparação dessas plantas para que os benefícios sejam obtidos de forma segura, visto que esses alimentos também podem originar fitoquímicos tóxicos e fatores antinutricionais – como taninos e fitatos. Porém, as PANCs ainda se destacam como alimentos promissores para serem incluídos no cotidiano alimentar, pois tais plantas podem contribuir para a diminuição de deficiências nutricionais e favorecer melhor qualidade de vida para a população.

O Brasil é um país continental que possui uma vasta área com uma diversidade de climas que vai do mais quente ao mais frio, isso também vale para as categorias de solo, esse fator acaba se tornando uma vantagem, pois, essas duas variáveis são diretamente responsáveis na composição de frutos, vegetais e legumes, ou seja, possui um vasto leque para a produção de diversas categorias de frutos e vegetais, ou seja, o Brasil tem um leque diversificado de opções de fontes desses compostos bioativos.

Flavonoides

Os flavonoides são metabólitos secundários produzidos por plantas como medida de defesa para ameaças externas são muito abundantes no reino vegetal tendo mais de mil espécies espalhadas pelo meio ambiente, podem ter subclassificações que os dividem em seis classes: flavonas, flavononas, isoflavonas, flavonóis, flavanóis e antocianinas, quimicamente são estruturas compostas por quinze carbonos e dois anéis benzênicos (27).

Estudos tem indicado sua alta ação antioxidante e redutora da síntese de radicais livres, pois tem uma enorme afinidade aos elétrons instáveis o oxidando e diminuindo sua ação maléfica ao organismo (27). Se torna boa ferramenta na prevenção de comorbidades como as DCNT'S que são umas das doenças que mais matam no Brasil, ter uma boa fonte dietética regional e barata dessa substância é importante para a prevenção dessas doenças. Existem evidências da ação de flavonoides na modulação de células cancerosas, sendo importantes ferramentas na inibição do câncer, pois são capazes de interferir na produção de diversas enzimas envolvidas na atividade aeróbica do câncer (28).

Compostos Fenólicos totais ou polifenóis totais

Os compostos fenólicos são as substancias que possui anéis aromáticos em sua estrutura com mais de um substituinte hidroxílico, são mais encontrados no reino vegetal também são mais ativos e com um alto potencial de prevenir doenças por conta da sua alta afinidade para com os radicais livres, o que diminui a ação em células do organismo, conseqüentemente diminuindo a incidência de doenças degenerativas como diabetes, processos inflamatórios, doenças cardiovasculares e câncer (29,31).

A quantidade de polifenóis em frutas varia de acordo com alguns fatores que são determinantes como: o clima, tipo de solo, tempo de maturação e também com o fator genética, qual espécie e tipo de cultivo, são considerados metabólitos secundários advindos de plantas essas substâncias possuem muitas funções nos vegetais e uma delas é de defesa, o consumo de uma dieta rica em polifenóis tem sido relacionado à diminuição de incidência de doenças (30). Dentre da classe de compostos fenólicos existem três que são mais estudados são eles: ácido cafeico, ácido gálico e ácido elágico, são destacados por diminuir a peroxidação de lipídeos, sendo importantes na dieta (31). As estruturas estão representadas na figura 2.

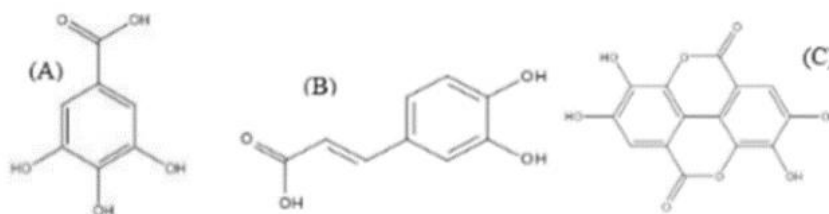


Figura 2 - Estrutura química dos compostos fenólicos

Clorofilas

Um dos fatores de suma importância para o êxito na produção de vegetais é a fotossíntese e o teor de clorofila, a fotossíntese é um mecanismo realizado pelas plantas com a finalidade de transformar radiação solar em energia para ser utilizada na produção de oxigênio e redução de dióxido de carbono essa capacidade fotossintética ocorre principalmente na área foliar da planta sendo também responsável pela produção de metabólitos secundários, esse sistema fotossintético é um importante indicador fisiológico sobre a sensibilidade das plantas ao estresse abiótico ambiental externo (32). A estrutura responsável por essa função é a clorofila, que são responsáveis por converte luz solar em energia para processos químicos na planta (33).

As clorofilas são estruturas capazes de transformar raios solares em ATP e NADPH, é uma das substâncias mais presentes em meio reino vegetal, são encontradas em dois tipos a clorofila A e clorofila B, nas plantas superiores são mais encontradas clorofilas do tipo A por obterem a maior porção de pigmentos verdes totais e a clorofila B que é um tipo de pigmento complementar, a quantidade de clorofila nas plantas são utilizadas como parâmetros para indicar a sua eficiência em absorver luz, ao crescimento e sua adaptação a diferentes ambientes (34).

INSERÇÃO DE PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS NA ALIMENTAÇÃO, EFEITOS BENEFÍCOS NA SEGURANÇA ALIMENTAR

Mesmo sendo um grande produtor o Brasil vive um paradoxo, grande produção de alimentos e a insegurança alimentar é de suma importância que haja a preocupação com a segurança alimentar, pois mesmo com grandes produções no país os números de brasileiros em insegurança alimentar e nutricional ainda é alto um enorme desperdício de alimentos que é preocupante, toneladas e toneladas são jogadas fora todos os dias, parte de alimentos consideradas não utilizáveis são descartadas tendo um grande potencial nutricional e que poderia ser utilizado na formulação de novos produtos, consequentemente evitando o desperdício e melhorando a segurança alimentar e nutricional (35,39).

Existe um grande desperdício de partes de frutas e vegetais tanto pela indústria como em residências do Brasil, partes essas que poderiam ser utilizadas para aumentar o valor nutricional da alimentação de populações mais pobres, resolvendo os problemas de deficiência nutricional como desnutrição e doenças causadas por falta de vitaminas. (36,40) A segurança alimentar e nutricional é um direito que também consta na Constituição Federal do país garantidos por Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (Lei nº 11.346/2006), que em seu artigo 3º, determina o conceito de segurança alimentar e nutricional.

Art. 3º A Segurança Alimentar e Nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.

Conceito esse que fere direitos garantidos na declaração universal dos direitos Humanos, que defende alimentação como um direito de todos no seu artigo XXV:

1. Toda pessoa tem direito a um padrão de vida capaz de assegurar a si e a sua família saúde e bem-estar, inclusive alimentação, vestuário, habitação, cuidados médicos e os serviços sociais indispensáveis, e direito à segurança em caso de desemprego, doença, invalidez, viuvez, velhice ou outros casos de perda dos meios de subsistência fora de seu controle.

É dever do estado assegurar a população que esses direitos sejam cumpridos e que a população possa viver com dignidade se alimentando bem com educação de qualidade e saneamento básico eficiente, existem diversos fatores que interferem negativamente na segurança alimentar e nutricional SAN, como a grande desigualdade social, falta do acesso à educação, saúde, saneamento básico, trabalho formal, marginalização de certas regiões e concentração de renda e terras. A utilização de PANC na alimentação da população se torna uma boa opção para a melhoria da qualidade alimentar pois se torna uma maneira mais barata e saudável, sendo as pancas ricas em fibras, vitaminas e bioativos benéficos a saúde, além disso a inserção dessas plantas, hortaliças e verduras não típicas resgata a relação de culturas e tradições que se perderam ao longo dos anos com o aumento da indústrias e conseqüentemente o consumo de industrializados que acarreta diversas conseqüências a saúde dos seus consumidores (37,38).

CONCLUSÃO

Dado o exposto, no período que o Brasil vive pós-pandemia onde foi evidenciado o grande abismo da insegurança alimentar e nutricional é desafio de autoridades e profissionais da saúde que a busca por solucionar o problema da fome e da desigualdade na distribuição de alimentos entre a população, procurar pesquisar e estudar novos métodos para melhorar a qualidade das refeições é de suma importância. Estudos como estes são importantes pois apontam soluções e indicam caminhos para melhoria da qualidade alimentar e nutricional utilizando a riqueza do próprio país, como é o caso da utilização de PANC na dieta convencional do brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos- PPGCTA UFPA, a Faculdade de Nutrição da Universidade Federal do Pará e a professora coordenadora do laboratório de ciência dos Alimentos-LCA Orquídea Vasconcelos dos Santos que possibilitou aos pesquisadores a realização desse capítulo de livro.

REFERÊNCIAS

1. Lima RS, Carvalho APA, Conte-Junior CA. Health from Brazilian Amazon food wastes: Bioactive compounds, antioxidants, antimicrobials, and potentials against cancer and oral diseases. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2022;25:2-23.
2. Cavichi LV, Liberal A, Dias MD, Mandim F, Pinela J, Kostić M, et al. Chemical Composition and Biological Activity of *Commelina erecta*: An Edible Wild Plant Consumed in Brazil. *Foods.* 2023; 12: 1-15.

3. Tavares AVNM, Albuquerque MAA, Cavalcanti RAS. Unconventional food plants (pancs) in the human diet: a review study. 2022;16:42-56.
4. Biondo E, Fleck M, Kolchinski EM, Voltaire SA, Polesi RG. Diversidade e potencial de utilização de plantas alimentícias não convencionais no Vale do Taquari. Rev UERGS. 2018;4:61-90.
5. Oliveira CBC, Brito LA, Freitas MA, Souza MPA, Cunha Rêgo JM, Araújo Machado RJ. Obesidade: inflamação e compostos bioativos. IJHBS. 2020;8:1-5.
6. Brito AP, Lima VN, Rêgo AS, Dias LPP, Silva JD, Carvalho WRC, Barbosa JMA. Fatores associados à insegurança alimentar e nutricional em comunidade carente. RBPS. 2020;33:1-11.
7. V. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Amazônia legal, 2019. Disponível em: <[Amazônia Legal | IBGE](#)> Acesso em: 02.03.2032
8. The Brazil Flora Group, 2021. Flora do Brasil. 1-28 pp. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://doi.org/10.47871/jbrj2021001>>. Acesso em :02.03.2032
9. Diniz MB, Diniz MJT, Silva ALF. Publicação do Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal do Pará Periodicidade Mensal, 6, 05, (Especial V Seminário Amazônia), 2017.
10. Ibiapina A, Gualberto LS, Dias BB, Freitas BCF. Essential and fixed oils from Amazonian fruits: properties and applications. critical Crit Rev Food Sci Nutr. 2021;32:8842–8854.
11. Burlando B, Cornara L. Revisiting Amazonian Plants for Skin Care and Disease. Cosmetics. 2017;4:1-12.
12. Montoya E, Lombardo U, Levis C, Aymard GA, Mayle FE. Human Contribution to Amazonian Plant Diversity: Legacy of Pre-Columbian Land Use in Modern Plant Communities. In: Neotropical Diversification: Patterns and Processes. Rul V, Carnaval AC, Editors. New York: Springer, 2020:495–520.
13. Santos ACA, Rosário KDS, Fonseca DJS. Plantas alimentícias não convencionais (PANCs) utilizadas por população rural na Amazônia Oriental, Brasil Unconventional. Braz. J. of Deve lop. 2020;6:69174-69191.
13. Kinupp VF. Plantas Alimentícias Não-Convencionais da Região Metropolitana de Porto Alegre. [Tese]: Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.

14. Tuler AC, Peixoto AL, Silva NCB. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. *Rod.* 2019; 70:3-12.
15. Bezerra JA, Brito MM. Potencial nutricional e antioxidantes das Plantas alimentícias não convencionais (PANCs) e o uso na alimentação: Revisão. *Res Soc Dev.* 2020;9:1-9.
16. Jesus B, Santana K, Oliveira V, Carvalho M, Almeida WA. PANCs - Plantas alimentícias não convencionais, benefícios nutricionais, potencial econômico e resgate da cultura: uma revisão sistemática. *Enci. biosf.* 2020;17:309-322.
17. Santos AL, Silva GCC, Rahal IL, Bento MCVA, Sena JS, Cella W, Camargo RB, et al. Plantas alimentícias não convencionais: revisão. *Ciênc Saúd. da UNIPAR.* 2022;26:1068-1090.
18. Sartori VC, Theodoro H, Minello LV, Basso A, Scur L. Plantas Alimentícias Não Convencionais – PANC: resgatando a soberania alimentar e nutricional [Internet]. 2020 [Acesso em 2023 Mar 2]. Disponível em: <https://ucs.br/educs/livro/plantas-alimenticias-nao-convencionais-panc-resgatando-a-soberania-alimentar-e-nutricional/>
19. Araújo L, Pessoa L, Cardoso L, Maia P. Compostos Bioativos em Alimentos [Internet]. 2021 [Acesso em 2023 Mar 2]. Disponível em: <http://www.unirio.br/prae/nutricao-prae-1/quarentena/boletins-2021>
20. Cañas GJS, Braibante MEF. A Química dos Alimentos Funcionais. *Quím Nova Esc.* 2019;41:216-223.
21. Carnauba RA. Ação dos compostos bioativos dos alimentos no envelhecimento e longevidade. *Rev Bras Nutr Fun.* 2019;45:1-13.
22. Corado PISA, Lima LN da C, Fontenelle LC. O consumo de plantas alimentícias não convencionais para a promoção da segurança alimentar e nutricional e da cultura alimentar brasileira. *Seg Alim Nutr.* 2022;10:1-12.
23. Filho AL, Cesar ASM. Você sabe o que são alimentos funcionais e por que são importantes para a sua saúde? São Paulo: Divisão de Biblioteca, 2022.
24. Higashijima NS, Lucca A, Rebizz LRH, Rebizzi LMH. Fatores antinutricionais na alimentação humana. *Seg Alim Nutr.* 2020;27:1-16.
25. Oliveira CBC, Brito LA, Freitas MA, Souza MPA de, Rêgo JM da C, Machado RJDA. Obesidade: inflamação e compostos bioativos. *IJHB.* 2020;8:1-5.
26. Tavares AVNM, Albuquerque MÁA, Cavalcanti RDAS. Plantas alimentícias não convencionais (pancs) na dieta humana: um estudo de revisão. *Rev Saud.* 2022;22:42-54.

27. Henrique VA, Nunes CDR, Azevedo FT, Pereira SMDF, Barbosa JB, Talma SV. Alimentos funcionais: aspectos nutricionais na qualidade de vida. Aracajú: EdIFS:2018.
28. Ponte LGS, Pavan ICB, Mancini MCS, Da silva LGS, Morelli AP, Severino MB. The Hallmarks of Flavonoids in Cancer. *Molec.* 2021;26:1-55.
29. Rodrigues LAN, Belisário CM, Castro CFS, Rodrigues TGC, Ferreira AAR. Fenólicos totais e capacidade de extratos de casa, folha e fruto do muriciceiro. *Rev Tecnol Ciên Agropec.* 2018;12:47-52.
30. Seraglio SKT, Schulz M, Nehring P, Betta FD, Valesse AC, Daguer H, et al. Determinação de compostos fenólicos por LC-MS/MS e capacidade antioxidante de acerola em três estádios de maturação comestíveis. *Rev CSBEA*, 2018;4:97-107.
31. Santos JAS, Sena TJO, Santos KBS, Costa MLA, Santos KCBS, Santos AF. Estudo do potencial antioxidante da *Anacardium occidentale* L. e determinação de seus compostos fenólicos. *Rev Diver Jour.* 2018;3:455-474.
32. Oliveira WJO, Souza ER, Santos HRB, Silva EFF, Duarte HHF, Melo DVM. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. *Rev Bras Agricul Irrig.* 2018;12:2592–2603.
33. Sales RA, Sales RA, Santos RA, Quartezeni WZ, Berilli SS, Oliveira EC. Influência de diferentes fontes de matéria orgânica em componentes fisiológicos de folhas da espécie *Shinus terebinthifolius* Raddi. (Anacardiaceae) *Re. Scien Agrar.* 2018;19:132-141.
34. Paula AS, Martins AH, Kramer LCS, Silva J.A.M. Influências dos métodos de cocção na preservação de antioxidantes e compostos bioativos, análise físico-química e sensorial em Abobora cabotiá (*Curbita Moschata Duch*). *FJH.* 2019;1:11-23.
35. Silva DA. Clusters de comportamentos de risco para doenças crônicas não transmissíveis na população adulta brasileira [dissertação]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2018.
36. Franzosi DF, Daneluz HC, Baratto IB. Desperdício de partes não convencionais de produtos utilizados diariamente em um restaurante no sudoeste do Paraná. *Rev Bras Obesid Nutr Emagr.* 2018; 12: 66-75.
37. Corado PISA, Lima LNC, Fontenelle LC. The consumption of Unconventional Food Plants for the promotion of Food and Nutrition Security and Brazilian food culture. *Segur Aliment Nutr.* 2022; 29:1-12.
38. Nogueira BP, Pinto JA, Martin S, Bianca R, Kffuri CW, Narezi G. Uso da araruta na segurança alimentar e nutricional de comunidades assentadas em Porto Seguro, BA. In: *Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia*; 4-7 de nov de 2019; Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão São Cristóvão: Cadernos de Agroecologia; 2020. p. 1-5.

39. Majolo L, Lima DMF, Santos SA. Non-conventional food plants (PANCs) as promoters of food and nutritional security: initial diagnosis for extension Project. In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia; 4-7 de nov de 2019; Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão São Cristóvão: Cadernos de Agroecologia; 2020. p. 1-6.
40. Bierwagem, M.Y. Resgate e doações de alimentos: uma análise de discurso e atores no campo da segurança alimentar e nutricional [dissertação]. São Paulo: Escola de artes, ciências e humanidade da faculdade de São Paulo; 2022.

Capítulo 16

Doi.org/10.53934/9786585062060-16

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GELEIA DE GUAPEVA COMUM E EXTRA

Gisele Akemi Ferreira Utino *; Ellen Godinho Pinto* ; Dayana Silva Batista Soares ; Wiaslan Figueiredo Martins ; Ana Paula Stort Fernandes 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: ellen.godinho@ifgoiano.edu.br

RESUMO

A produção de geleias é um processo bastante utilizado, porém algumas frutas com grande quantidade de nutrientes, como é o caso da guapeva, são ainda pouco exploradas comercialmente nesses processos. A guapeva (*Pouteria cf. Gardneriana* Radlk) é um fruto nativo do cerrado com potencial de aplicação agroindustrial por apresentar boas características sensoriais e elevadas propriedades funcionais e nutricionais. No entanto, a sazonalidade é um fator que limita a oferta de frutos típicos como a guapeva. Neste trabalho teve-se como objetivo o desenvolvimento e caracterização de geleia de guapeva tipo extra e comum. As análises físico-químicas foram analisadas quanto ao seu teor de sólidos solúveis totais, umidade, vitamina C, acidez e pH. Conclui-se o teor de vitamina C foi maior na geleia do tipo extra e que a umidade que é um fator importante para a conservação, foi menor na geleia do tipo comum.

Palavras-chave: cerrado; vitamina C; *Pouteria cf. Gardneriana* radlk

INTRODUÇÃO

O consumo de frutas pela população está relacionado, principalmente pelos benefícios associados à saúde. Os frutos do cerrado são altamente nutritivos e oferecem características únicas de cor, sabor e aroma (1), além de potenciais tecnológicos e agroindustriais, a produção de novos produtos com base em frutos regionais promove o desenvolvimento local, fomentando a economia; e ainda mais, supera a barreira da sazonalidade, disponibilizando o fruto durante todo o ano, facilitando sua inserção no mercado.

A guapeva pertence à família Sapotaceae, seu nome científico é *Pouteria cf. Gardneriana* Radlk, também conhecida por pêssego do campo e cabo de machado. Seus frutos possuem dimensões de 4 a 5 cm de comprimento por 4 a 5 cm de diâmetro, as plantas produzem entre 1.000-3.000 frutas de cor amarelada quando maduro, sendo uma fruta sazonal, dos meses de novembro a janeiro, razão pela qual nos meses subsequentes este fruto só pode ser consumido se for empregadas tecnologias que preserve ou transforme o produto

para consumo (2). A guapeva tem características desejáveis para compor uma dieta saudável e deve ser mais explorada tanto em pesquisa quanto economicamente (3).

No entanto, o consumo dessa fruta ainda é pouco mencionado devido à falta de conhecimento da população quanto aos seus benefícios. A guapeva possui cores que variam de amarelo a laranja quando maduros, formato oval com forragem externa de pêlos finos, polpa levemente esbranquiçada e adocicada, pode conter de uma a quatro sementes negas e lisas localizadas no meio da fruta. O consumo desse fruto pode contribuir no combate ao desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas, como câncer e diabetes, além do consumo in natura existem as possibilidades de ser utilizada como ingrediente funcional ou micro encapsuladas para a utilização como fármaco, pois não demonstrou nenhum nível toxicológico ao ser testada em animais (4).

Segundo o Instituto Adolf Lutz (5), geleias de frutas são produtos preparados a partir de frutas e/ou sucos, misturados com açúcar, com adição de pectina, ácidos e outros ingredientes permitidos, podendo apresentar frutas inteiras, partes e/ou pedaços sob variadas formas, formando uma mistura que será processada até se obter uma concentração e consistência semissólidas adequada.

Neste trabalho objetivou-se desenvolver formulações de geleia de guapeva do tipo comum e extra e sua caracterização físico-química.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de guapeva foram adquiridos no município de Morrinhos-GO. Para a obtenção da polpa foi realizado a sanitização e posteriormente o branqueamento em vapor e congelada em freezer doméstico até o momento das análises e desenvolvimento das geleias.

As formulações de geleia, comum e extra, foram desenvolvidas no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, no laboratório de Agroindústria, as formulações foram produzidas de acordo com (6), com adaptações.

Para o processamento das geleias foram adicionadas as polpas em tacho de cobre juntamente com o açúcar na proporção de 40 partes de polpa da fruta para 60 partes de açúcar, para geleia do tipo comum e 50 partes de polpa para 50 de açúcar na geleia extra, conforme estabelecido pela Resolução CNNPA n° 12, de 1978 (7), foram submetidas a cocção até atingir o teor de sólidos solúveis para geleia de (64-70 °Brix).

As formulações obtidas foram envasadas e acondicionadas até o momento das análises físico-químicas.



Figura 1. Fruto da guapeva

Fonte: Autores

Análises físico-químicas

A polpa e as geleias de guapeva foram submetidas às análises: de sólidos solúveis totais (°Brix) em refratômetro, pH em pHmetro devidamente calibrado, acidez titulável com NaOH 0,1M, vitamina C por iodato de potássio, umidade em estufa a 105 °C até peso constante. Todas as análises foram realizadas segundo metodologia (5), em triplicata.

Foram submetidas a análise de variância e ao teste de Tukey a 5%, pelo programa Assistat 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1. Podem ser visualizadas os resultados das análises físico-químicas do fruto in natura e das geleias comum e extra de guapeva.

O teor de sólidos solúveis totais encontrado de 20 °Brix fica próximo ao encontrado por (8) de 24 °Brix para a polpa de guapeva, para a indústria quanto maior o teor de sólidos solúveis compostos na polpa de frutos menor será a adição de açúcares resultando em maior rendimento e menos tempo gasto durante a evaporação da água durante o processamento, fazendo com que ocorra a redução dos custos na produção e um maior rendimento do produto final (9).

Entretanto, o pH encontrado por esses autores são inferiores (5,9) ao encontrado neste estudo isso pode ter ocorrido devido ao estágio de maturação, clima e solo, sendo que este pH se encontra próximo a neutralidade (9).

A acidez titulável observada neste trabalho foi superior a encontrada por (10) que encontraram valor médio de (0,7 g por 100 g). Porém, o valor analisado do teor de vitamina C na polpa in natura de Guapeva foi inferior ao encontrado por (8), isso pode ter ocorrido devido a polpa ter passado pelo processo de congelamento até o momento das análises, sendo que a vitamina C é uma vitamina hidrossolúvel. O fruto da Guapeva apresentou quantidades significativas de vitamina C, registrando 65,02 mg/100 g, o que o torna fonte deste composto químico já que a Legislação Brasileira vigente recomenda a ingestão diária de 45 mg de vitamina C para um adulto (11). A indústria tende a aceitar aqueles frutos com maior acidez, pois durante o processamento de geleias e doces quanto maior a acidez do fruto utilizado menor a necessidade de adição de ácidos. Nas normativas de Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) não estão descritos valores mínimos aceitáveis de pH e acidez total para este fruto.

O teor de umidade encontrada está próximo a encontrada por (10) (74%), indicando um alimento que contribui bastante na estabilidade microbiológica e enzimática, assim como no desempenho tecnológico, além disso o alto teor de umidade contribui favoravelmente para a aceitação desse fruto, devido a suculência.

Tabela1. Parâmetros das análises físico-química do fruto in natura da guapeva e da geleia comum e extra de guapeva

Parâmetros	In natura	Geleia Comum	Geleia Extra
SST(°Brix)	20 ^b ± 0,00	68,66 ^a ± 0,57	67,00 ^a ± 0,00

pH	6,93 ^a ± 0,16	5,67 ^b ± 0,25	5,61 ^b ± 0,02
Acidez Titulável g/100 g)	1,74 ^a ± 0,05	1,36 ^b ± 0,01	1,08 ^c ± 0,04
Vitamina C(mg/100 g)	65,02 ^a ± 6,15	6,93 ^c ± 0,39	7,13 ^b ± 0,91
Umidade (% bu)	73,36 ^a	23,8 ^c	26,06 ^b

*Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5%

Em relação ao teor de sólidos solúveis estes estão de acordo Brasil (11), onde o mínimo é 64 °Brix e o máximo 70 °Brix, em ambas as formulações, sendo que estas não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

Já o pH e acidez titulável tiveram uma redução do fruto in natura para ambas as formulações da geleia de guapeva, devido a geleia ser caracterizada por adição de ácido cítrico para a formação do gel.

O teor de vitamina C teve uma redução do fruto in natura para as formulações apresentadas, isso devido a vitamina C ser termolábil se degradando com aumento da temperatura e tempo de exposição. Porém, elas apresentaram diferença significativa entre as formulações a geleia extra como era esperado devido ao maior teor de polpa reteve maior teor da vitamina C.

Como se era esperado pelo processamento da geleia houve um decréscimo no teor de umidade da polpa in natura para as formulações das geleias, e a geleia comum teve um menor valor da umidade devido maior proporção de açúcar na geleia comum (40:60 fruta/açúcar), sendo o açúcar um agente osmótico.

CONCLUSÃO

A guapeva apresenta bom potencial para o processamento de geleia. Sendo que o processo em ambos os tipos de geleia teve uma redução drástica da vitamina C, mas conclui que para este composto bioativo a produção da geleia extra é superior a comum.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos e o programa de pesquisa PIBIC-EM.

REFERÊNCIAS

1. Garcia L; Damiani C.; Becker F. Geleia de buriti (*Mauritia flexuosa*): agregação de valor aos frutos do Cerrado brasileiro. Braz. J. Food. Techno., 2017. Campinas, v. 20, e2016043.
2. Malta LG. Avaliação biológica de frutas do cerrado brasileiro: guapeva, guariroba e murici.2011. 225 f. Tese de Doutorado- Universidade Federal de Campinas Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.
3. Siqueira APS, Oliveira JDM, Machado DR, Lourenço MFDC. Chemical characterization and antioxidant capacity of guapeva. Revista Brasileira de Fruticultura, 2017, 39(spe), e584.

4. Malta LG et al. Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. *Food research international*, 2013, v. 53, n. 1, p. 417-425.
5. IAL.INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4.ed., 1.ed. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo - SP, 2008.
6. Teles ACM et al. Desenvolvimento e caracterização físico-química de geleia comum e extra de graviola com pimenta. *Revista de Agricultura Neotropical*, 2017 Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 72-77.
7. BRASIL/MS. -Ministério da Saúde. ANVISA-AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução CNNPA - Comissão Nacional de Normas e Padrões Para Alimentos nº 12, de 1978. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 jul. 1978.
8. Morais RA et al. Formulation and evaluation of guapeva jam: nutritional properties, bioactive compounds, and volatile compounds during storage, *Food Sci. Technol*, 2022, Campinas, 42, e116321.
9. Santos EF et al. Caracterização física e físico-química em frutos de murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich.) de ocorrência nos tabuleiros costeiros de Alagoas. *Ciência Agrícola*, 2018, Rio Largo, v. 16, n. 3, p. 11-20.
10. Soares CMS, Morais RA, Silva RR, Freitas BCB, Melo AAF, Martins GAS. Development and optimization of the jam production process of *Pouteria cf. gardneriana* Radlk (guapeva). *Food Science and Technology*, 2021, v.42.
11. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Capítulo 17**Doi.org/10.53934/9786585062060-17****UTILIZAÇÃO DE CERA DE ABELHA EM REVESTIMENTOS
COMESTÍVEIS APLICADOS EM FRUTOS**

Rutinéia Martins Freitas¹*; **Lucas Silva Peixoto¹** ;
Hygor Rodrigues de Oliveira²; **Alex Fonseca Souza²**; **Oswaldo Resende³** ;
Geovana Rocha Plácido³

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: nutrirutifreitas@gmail.com*

1 Discente do Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde

2 Docente do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Coxim

3 Docente do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde

Resumo: Os revestimentos aplicados às superfícies dos frutos são uma tecnologia sustentável promissora, pois podem prolongar a vida útil das frutas após a colheita. Os revestimentos lipídicos têm sido usados para proteger alimentos frescos por séculos. Entre os lipídios, as ceras são a melhor barreira ao vapor d'água, mas devido à sua dureza, criam filmes quebradiços. A cera de abelha é um subproduto da produção de mel e é a base da estrutura do favo de mel composta principalmente por ésteres de ácidos graxos e álcoois. As ceras apresentam resultados promissores em retardar o amadurecimento, a respiração e o amaciamento dos frutos. O objetivo desta revisão integrativa foi catalogar estudos publicados nos últimos cinco anos avaliando o desempenho de revestimentos comestíveis contendo cera de abelha aplicados a frutas. O uso de revestimentos comestíveis mostrou-se como uma importante alternativa para redução de perdas e aceitação do consumidor. A utilização de cera de abelha apresenta resultados promissores como constituinte de revestimentos comestíveis em diferentes frutos preservando suas características e prolongando o tempo de vida útil.

Palavras-chave: cera de abelha; fruta; pós-colheita; revestimento comestível

INTRODUÇÃO

Durante o armazenamento, frutas e vegetais continuam o processo de respiração, levando ao metabolismo de substratos e à degradação dos carboidratos. Com isso, ocorrem diversas alterações fisiológicas e de envelhecimento que reduzem a qualidade comercial, como produção de etileno, perda de água e alterações de cor. Além disso, frutas e hortaliças são suscetíveis a danos mecânicos durante o armazenamento e transporte, o que acelera o processo de envelhecimento (1).

Novas técnicas de pós-colheita estão sendo pesquisadas e aplicadas para prolongar a vida útil de vários produtos fresco (2). Os revestimentos aplicados às superfícies dos frutos são uma tecnologia sustentável promissora, pois podem prolongar a vida útil das frutas após a colheita, o que não é apenas benéfico para a economia, mas também melhora a qualidade e a segurança dos frutos (3).

Filmes feitos de proteínas e polissacarídeos têm propriedades mecânicas importantes, mas regiões hidrofílicas tornam os filmes sensíveis à perda de água. Os lipídios, por outro lado, oferecem melhor proteção contra a água devido à sua natureza hidrofóbica (4).

Os revestimentos lipídicos têm sido usados para proteger alimentos frescos por séculos. Entre os lipídios, as ceras são a melhor barreira ao vapor d'água, mas devido à sua dureza, criam filmes quebradiços, exigindo a adição de substâncias que aumentam a flexibilidade e a elasticidade (5).

A cera de abelha é um subproduto da produção de mel e é a base da estrutura do favo de mel. Em 2020, a produção mundial de cera de abelha foi de US\$ 46,991 milhões. Esse produto contém mais de 300 substâncias diferentes, principalmente ésteres de ácidos graxos e álcoois. A cera de abelha tem uma estrutura física e química estável e torna-se quebradiça à temperatura ambiente, mas pode ser moldada acima de 30 °C. Quando produzida, é branca, mas devido à transferência de pigmento torna-se amarela e depois escurece (6, 7).

Filmes biodegradáveis e revestimentos comestíveis têm usado cera de abelha para melhorar as propriedades de barreira devido às suas propriedades hidrofóbicas (Huang et al., 2022). As ceras apresentam resultados promissores em retardar o amadurecimento, a respiração e o amaciamento dos frutos, reduzindo a umidade e a permeabilidade ao vapor de água, mantendo a cor, o frescor e a atividade antioxidante da casca e da polpa, ou seja, melhorando as propriedades mecânicas e as propriedades de barreira (8, 9, 10, 3).

Portanto, o objetivo nesta revisão integrativa é catalogar estudos publicados nos últimos cinco anos avaliando o desempenho de revestimentos comestíveis contendo cera de abelha aplicados a frutas. Esta revisão é de interesse da comunidade científica, pois demonstra o potencial de uso de revestimentos com cera de abelha para preservação de frutas, extensão da vida útil, qualidade, segurança e preservação dos recursos naturais.

ESTUDOS SELECIONADOS

O estudo foi realizado por meio de levantamento bibliográfico de artigos de pesquisa com as palavras-chave “beeswax”, “edible” e “coating” nas bases de dados Science Direct e Scielo, considerando publicações de 2019 a 2023. A pesquisa retornou 141 resultados, dos quais, após a leitura dos resumos, foram selecionados oito artigos com aplicação de revestimentos comestíveis em frutas. Posteriormente, os artigos foram lidos na íntegra e compilados com os resultados mais significantes relacionados a cera de abelha (Tabela 1).

Tabela 2 – Artigos selecionados conforme metodologia

Título / Referência / Ano	Formulação	Fruto	Principais resultados
Effect of beeswax and chitosan treatments on quality and shelf life of selected mango (<i>Mangifera indica</i> L.) cultivars / (11) / 2019	Cera de abelha, ácido oleico e trietanolamina	Manga maçã e Tommy Atkins (<i>Mangifera indica</i> L.)	Redução da perda de massa e incidência de doenças. Preservação dos sólidos solúveis, acidez titulável, pH e firmeza. Aumento da vida útil em 15 dias.
Use of edible coatings based on hydroxypropyl methylcellulose and beeswax in the conservation of red guava ‘Pedro Sato’ / (8) / 2019	Cera de abelha e ácido salicílico	Goiaba Pedro Sato (<i>Psidium guajava</i> L.)	Retardaram a maturação e preservaram a firmeza dos frutos. Teor de clorofilas é inversamente proporcional a de cera de abelha. Equilíbrio entre hidroxipropilmetilcelulos e cera de abelha melhora as propriedades de barreira do revestimento.
Influence of carboxy methylcellulose, chitosan and beeswax coatings on cold storage life and quality of Kinnow mandarin fruit / (12) / 2020	Cera de abelha, ácido oleico e trietanolamina	Tangerina Kinnow (<i>Citrus nobilis</i> L . x <i>Citrus deliciosa</i> L)	Retardo da perda de massa e deterioração. Preservação da firmeza, teor de vitamina C, carotenoides e características sensoriais.
Effect of a multifunctional edible coating based on cassava starch on the shelf life of Andean blackberry / (13) / 2020	Amido de mandioca, proteína de soro de leite, cera de abelha, quitosana, glicerol, ácido esteárico e ácido acético glacial	Framboesa andina (<i>Rubus glaucus</i> Benth)	Retardo dos processos fisiológicos e perda de massa. Preservação da firmeza, textura, sabor e aroma. Aumento da vida útil em cinco dias.

Effect of novel coconut oil and beeswax edible coating on postharvest quality of lemon at ambient storage / (14) / 2020	Óleo de coco e cera de abelha	Limão (<i>Citrus limon</i> L.)	A vida útil do limão aumentou em no mínimo doze dias (tempo máximo de armazenamento), enquanto aberto foi aumentada em nove dias.
Conservation of 'Palmer' mango with an edible coating of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax / (3) / 2021	Hidroxipropilmetilcelulose, cera de abelha, ácido esteárico e glicerina	Manga Palmer (<i>Mangifera indica</i> L.) cv.	Retardaram a maturação e respiração. Preservaram a firmeza, cor da casca e polpa e atividade antioxidante. Inibiriam a atividade da peroxidase e álcool desidrogenase. Aumentaram em seis dias a vida útil da fruta.
Salicylic acid enriched beeswax coatings suppress fruit softening in pears by modulation of cell wall degrading enzymes under different storage conditions / (15) / 2022	Cera de abelha e hidroxipropilmetilcelulose	Pêra cv. Punjab Beauty (<i>Pyrus pyrifolia</i> × <i>Pyrus communis</i>)	Adiaram o pico respiratório. Retardaram a perda de massa, aumento da permeabilidade da membrana e conteúdo de malondialdeído. Preservaram a firmeza. Inibiriam a ação da atividade da pectina metilesterase, poligalacturonase e celulase.
Effects of edible coatings on the quality and storage of early harvested guava / (16) / 2022	Cera de abelha, hidroxipropilmetilcelulose, ácido esteárico e glicerol	Goiaba Pedro Sato (<i>Psidium guajava</i> L.)	Retardaram a maturação e respiração. Inibiriam a atividade da poligalacturonase. Aumentaram em seis dias a vida útil do fruto.

DISCUSSÃO

A utilização de materiais derivados de lipídios está atualmente em evidência na indústria de alimentos, pois eles são uma das novas matérias-primas renováveis e sustentáveis sendo exploradas para substituição do uso de polímeros à base de petróleo (20). Observa-se através dos dados encontrados que os revestimentos comestíveis com cera de abelha aplicados em frutas são uma alternativa para preservação da qualidade e recursos naturais, considerando os atributos de perda de massa, firmeza, amadurecimento, aumento da vida útil dos frutos e respiração.

A cera de abelha por ser um material rígido e quebradiço carece da combinação de outros compostos para aplicação em frutos para maior eficiência do revestimento comestível e adição de características das substâncias (5). Dentre os estudos selecionados

(Tabela 1), apenas Sinha et al. (15) avaliaram isoladamente o revestimento de cera de abelha. as substâncias mais utilizadas para compor o revestimento junto a cera de abelha como ácido esteárico (13, 3, 16), hidroxipropilmetilcelulose (8, 3, 16), glicerol ou glicerina (13, 3, 16), ácido oleico (11, 12), trietanolamina (11, 12) e ácido salicílico (15). O ácido esteárico é um emulsificante que oferece menor permeabilidade a vapor d'água e se organiza em filmes homogeneamente melhorando as propriedades de barreira do revestimento (17, 3, 13). A hidroxipropilmetilcelulose é um éter de celulose hidrofílico inodoro, insípido, transparente e estável que possui função formadora de filme, estabilizante e espessante (18, 19). A adição do plastificante glicerol reduz a hidrofobicidade superficial além da textura lisa e uniforme, sem rachaduras (13, 21). O ácido oleico adicionado a revestimentos aumenta a hidrofobicidade e em revestimentos lipídicos o mantém homogêneo, o que não ocorre em revestimentos não-lipídicos (22). A trietanolamina quando incorporada em revestimentos comestíveis reduz a perda de massa e aumenta a flexibilidade da fibra (23, 24). O ácido salicílico age como um regulador do fechamento de estômatos, retardando perdas respiratórias (15). Sendo assim, não há combinação de compostos definida para a melhor utilização em revestimentos comestíveis. O conjunto de compostos podem conferir propriedades únicas de barreira.

A perda de massa ocorre por desidratação (perda de água) devido aos processos de respiração e transpiração, pela perda das reservas de carbono no processo de respiração e osmose (14, 15, 16). O revestimento comestível forma uma barreira hidrofóbica semipermeável que reduz a respiração e a transpiração do fruto, cobrindo total ou parcialmente estômatos, lenticelas e microporos, impedindo as trocas gasosas e a permeabilidade ao vapor de água (8, 11, 15). A perda de massa ocorreu em todos os estudos apresentados (Tabela 1), mas Abonesh et al. (11) encontraram uma relação inversa entre o teor de cera de abelha no revestimento e a perda de massa, enquanto Formiga et al. (8) descobriram que o aumento da concentração de cera de abelha não reduziu a perda de massa. Essa diferença entre os achados pode estar relacionada à quantidade de cera de abelha utilizada nos revestimentos comestíveis, pois Abonesh et al. (11) avaliou as concentrações de cera de abelha em 0,5%, 1,5% e 2%, e Formiga et al. (8) em 10%, 20% e 40%. Desta forma, pode haver um limite de concentração de cera de abelha para minimizar a perda de peso.

A firmeza é um importante atributo dos frutos para aceitação do consumidor, refletindo no valor comercial (15). A firmeza é alterada por processos físicos, químicos e bioquímicos durante o amadurecimento e está relacionada a ação de enzimas hidrolíticas, como amilase, celulase, pectina metilesterase e poligalacturonase, perda respiratória e perda de turgor, amolecendo os frutos no decorrer do tempo (16, 3, 12). As alterações de firmeza são mais lentas em frutos cítricos que frutos climatéricos (14). A aplicação de revestimento comestíveis forma uma barreira a absorção de oxigênio reduzindo a taxa respiratória e biossíntese de etileno que ocasiona a inibição das enzimas e, consequentemente, retarda o processo de amolecimento (8, 15, 16), como ocorreu em todos estudos citados. Devido principalmente a barreira a vapor d'água, visto que a presença do material lipídico afeta a taxa de respiração, a concentração de cera de abelha é inversa a perda de firmeza (11). Estes resultados foram divergentes aos obtidos por Formiga et al. (16) que não encontraram associação entre a concentração e a firmeza, podendo estar relacionado as quantidades de ceras utilizadas pelos autores. Sendo assim, a aplicação de cera de abelha age como uma embalagem de atmosfera modificada por ofertar uma barreira semipermeável, atrasando os processos metabólicos, como respiração e transpiração, prolongando a vida útil do fruto (8, 13).

CONCLUSÕES

O uso de revestimentos comestíveis mostra-se uma importante alternativa para redução de perdas e aceitação do consumidor devido as características sensoriais conferidas aos frutos. Há na literatura estudos com aplicação de diferentes formulações de revestimentos contendo cera de abelha e outros compostos. Entretanto, considerando as diferenças físicas, químicas e bioquímicas dos frutos há a necessidade de mais estudos sobre a aplicação de um mesmo revestimento em diferentes frutos para analisar a ação do revestimento sob as mesmas condições, mas em produtos diferentes.

A utilização de cera de abelha apresenta resultados promissores como constituinte de revestimento comestível em diferentes frutos, contudo é necessário que haja mais estudos sobre o resultado isolado da cera de abelha, assim como das formulações aplicadas e concentrações, estabelecendo um limiar (se houver) da concentração a ser utilizada e constituintes do composto do revestimento.

REFERÊNCIAS

1. Oyom W, Zhang Z, Bi Y, Tahergorabi R. Application of starch-based coatings incorporated with antimicrobial agents for preservation of fruits and vegetables: A review. *Progress in Organic Coatings*. 2022;166:106800.
2. Osaie R, Apaliya MT, Alolga RN, Kwaw E, Otu PNY, Akaba S. Influence of shea butter, bee wax and cassava starch coatings on enzyme inactivation, antioxidant properties, phenolic compounds and quality retention of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruits. *Applied Food Research*. 2022;2/1:100041.
3. Sousa FF, Junior JSP, Oliveira KTEF, Rodrigues ECN, Andrade JP, Mattiuz B-H. Conservation of ‘Palmer’ mango with an edible coating of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax. *Food Chemistry*. 2021;346:128925.
4. Blancas-Benitez FJ, Montaña-Leyva B, Aguirre-Güitrón L, Moreno-Hernández CL, Fonseca-Cantabrana A, Romero-Islas LC; González-Estrada RR. Impact of edible coatings on quality of fruits: A review. *Food Control*. 2022;139:109063.
5. Galus S, Kadzińska J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*. 2015;45/2:273-283.
6. Ollé TA, Wolff LF, Silva EH. Métodos simplificados de derretimento de favos e reciclagem da cera de abelhas. *Pelotas: Embrapa Clima Temperado*; 2018.
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics (FAOSTAT). Value of Agricultural Production: Beeswax [Internet]. 2022 [acesso em 2022 out 02]. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV/visualize>>.
8. Formiga AS, Pinsetta JS, Pereira EM, Cordeiro INF, Mattiuz B-H. Use of edible coatings based on hydroxypropyl methylcellulose and beeswax in the conservation of red guava ‘Pedro Sato’. *Food Chemistry*. 2019;290:144-151.

9. Pérez-Vergara LD, Cifuentes MT, Franco AP, Pérez-Cervera CE, Andrade-Pizarro RD. Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and própolis. *NFS Journal*. 2020;21:39-49.
10. Xie B, Zhang X, Luo X, Wang Y, Li Y, Li B, Liu S. Edible coating based on beeswax-in-water Pickering emulsion stabilized by cellulose nanofibrils and carboxymethyl chitosan. *Food Chemistry*. 2020;331:127108.
11. Abonesh E, Ali MI, Sirawdink FF, Chala GK. Effect of beeswax and chitosan treatments on quality and shelf life of selected mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Heliyon*. 2019;5/1:e01116.
12. Baswal AK, Dhaliwal HS, Singh Z, Mahajan BVC, Kalia A, Gill KS. Influence of carboxy methylcellulose, chitosan and beeswax coatings on cold storage life and quality of Kinnow mandarin fruit. *Scientia Horticulturae*. 2020;260:108887.
13. Rodríguez MC, Yépez CV, González JHG, Ortega-Toro R. Effect of a multifunctional edible coating based on cassava starch on the shelf life of Andean blackberry. *Heliyon*. 2020;6/5:e03974.
14. Nasrin TAA, Rahman MA, Arfin MS, Islam MN, Ullah MA. Effect of novel coconut oil and beeswax edible coating on postharvest quality of lemon at ambient storage. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2020;2:100019.
15. Sinha PPSA, Gill SK, Jawandha, Kaur SKP, Grewal. Salicylic acid enriched beeswax coatings suppress fruit softening in pears by modulation of cell wall degrading enzymes under different storage conditions. 2022;32:100821.
16. Formiga AS, Pereira EM, Junior JSP, Costa FB, Mattiuz B-H. Effects of edible coatings on the quality and storage of early harvested guava. *Food Chemistry Advances*. 2022;1:100124.
17. Basharat Y, Yaqing S, Shimin W. Lipid and Lipid-containing Composite Edible Coatings and Films. *Food Reviews International*. 2022;38/1:574-597.
18. Tundisi LL, Mostaçõ GB, Carricondo PC, Petri DFS. Hydroxypropyl methylcellulose: Physicochemical properties and ocular drug delivery formulations. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2021;159:105736.
19. Patil V, Baswal AK, Jakhar V, Parab A. Effect of hydroxypropyl methylcellulose and methylcellulose-based edible coatings on storage life and quality of horticultural crops: Review. *The Pharma Innovation Journal*. 2022;11:2746-2752.
20. Zubair M, Pradhan RA, Arshad M, Ullah A. Recent Advances in Lipid Derived Bio-Based Materials for Food Packaging Applications. *Macromolecular Materials and Engineering*. 2021;306:2000799.

21. Beikzadeh S, Khezerlou A, Jafari SM, Pilevar Z, Mortazavian AM. Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2020;280:102164.
22. Khalid MS, Niaz B, Saeed F, Afzaal M, Islam F, Hussain M, et al. Edible coatings for enhancing safety and quality attributes of fresh produce: A comprehensive review. *International Journal of Food Properties*. 2022;25/1:1817-1847.
23. Pandey VK, Islam RU, Shams R, Dar AH. A comprehensive review on the application of essential oils as bioactive compounds in Nano-emulsion based edible coatings of fruits and vegetables. *Applied Food Research*. 2022; 2/1:100042.
24. Xu J, Li Y. Wheat gluten-based coatings and films: Preparation, properties, and applications. *Journal of Food Science*. 2023;88:582–594.

Capítulo 18

Doi.org/10.53934/9786585062060-18

KOMBUCHA: MATÉRIAS-PRIMAS, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADES BIOLÓGICAS

Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley ; Carlise Beddin Fritzen-Freire 
Giliani Veloso Sartori ; Marcos Roberto Dobler Stroschein ; Ana Carolina
Moura de Sena Aquino *

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: ana.carolina@ifsc.edu.br

Resumo: A kombucha é uma bebida fermentada obtida a partir da fermentação de chá (*Camellia sinensis*) e açúcar, utilizando uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras, conhecida como SCOBY. Embora seja uma bebida milenar, seu consumo tem crescido significativamente nos últimos anos, impulsionado pelos seus possíveis benefícios à saúde. Em consequência, há um aumento na quantidade de estudos científicos que pesquisam sua composição microbiológica, química e atividades biológicas. O objetivo desta revisão é realizar o levantamento das principais matérias-primas utilizadas na produção de kombucha, o método de produção e suas características químicas e biológicas, bem como destacar a importância da legislação brasileira em relação aos parâmetros estabelecidos para a bebida. Além disso, ressalta o potencial de diversificação da kombucha, impulsionado pelo crescente interesse na bebida, que permite o uso de matérias-primas alternativas e novas tecnologias. Apesar da legislação estabelecida no Brasil, ainda são necessários esforços para garantir a segurança, a padronização e a qualidade deste produto no mercado. A falta de regulamentação global pode restringir o consumo da kombucha, tornando a implementação segura do produto um desafio importante a ser considerado.

Palavras-chave: Alimentos funcionais; *Camellia sinensis*; fermentação; matérias-primas alternativas.

INTRODUÇÃO

A indústria de bebidas, especialmente de bebidas funcionais, tem apresentado um alto crescimento devido à demanda dos consumidores por alimentos e bebidas considerados "saudáveis". Essa demanda é vista como uma das principais forças impulsionadoras do crescimento do setor de alimentos funcionais. Dentre as bebidas funcionais, destaca-se a kombucha (1).

A kombucha é uma bebida fermentada à base da infusão de chá (*Camellia sinensis*), açúcar e uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras, denominada SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) (2). O SCOBY é formado por bactérias lácticas e acéticas, em especial, dos gêneros *Acetobacter* e *Gluconobacter* e leveduras (3). Ao ser adicionado ao chá com açúcar, o SCOBY inicia o processo de fermentação, produzindo diversos compostos bioativos. Esse processo ocorre em temperatura ambiente e pode durar, em média, de 7 a 14 dias. Diversos tipos de chá podem ser utilizados na produção

de kombucha, tais como chá-verde, vermelho, preto ou amarelo. Entretanto, os ingredientes mais comuns na preparação da bebida são chá preto e açúcar branco (sacarose) (4).

A kombucha é rica em diversas substâncias bioativas, cuja presença está relacionada ao teor de polifenóis da matéria-prima utilizada, especialmente do chá. Além disso, os microrganismos presentes na fermentação conseguem realizar transformações enzimáticas de compostos orgânicos, gerando metabólitos eficientes como ácidos orgânicos, vitaminas, etanol, aminoácidos, enzimas hidrolíticas e minerais. A associação de leveduras e bactérias permite a utilização de substratos em diferentes vias metabólicas, resultando em uma variedade de compostos bioativos presentes na bebida (4,5). Diante disto, a kombucha apresenta uma composição bioativa que lhe confere diversos efeitos na saúde, tais como ações antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas, imunomoduladoras e hepatoprotetoras (6).

Neste contexto, devido ao crescente interesse do público e do mercado, o meio acadêmico tem se empenhado em obter informações mais técnicas sobre o kombucha, incluindo seus aspectos sensoriais e propriedades funcionais que promovem a saúde. Desta forma, observa-se um aumento na produção de kombucha com adição de matérias-primas alternativas, incluindo frutas, vegetais, infusões de ervas e até leite (7,8). Apesar disto, ainda não há um consenso mundial sobre as matérias-primas alternativas que podem ser empregadas. De acordo com Batista et al. (9), o consumo de alimentos probióticos tem crescido no Brasil, e o país foi pioneiro na determinação de padrões de identidade e qualidade para a kombucha. No entanto, a regulamentação da kombucha ainda não é unificada em nível global.

Diante disto, esta revisão teve como objetivo abordar o histórico e a definição da kombucha, bem como os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira, as matérias-primas, o processo de elaboração, além das características químicas e atividades biológicas até então reportados desta bebida.

HISTÓRICO E DEFINIÇÃO

A produção da kombucha remonta acerca do ano de 220 a.C., no nordeste da China. Durante a Dinastia Tsin, a bebida era consumida devido às suas propriedades desintoxicantes e energizantes. Acredita-se que o nome kombucha está relacionado ao fato de um médico japonês, chamado Kombu, que levou uma amostra de SCOBY para o Japão e recomendou o uso desta bebida ao imperador (2). Com o passar do tempo, seu consumo se expandiu para a Rússia e Índia, em torno de 1800, tornando-se uma das principais bebidas consumidas pelos russos e alemães durante a Primeira Guerra Mundial (7).

No Brasil, a Instrução Normativa n° 41 de 2019 estabelece o Padrão de Identidade e Qualidade da Kombucha em território nacional. Com isso, a kombucha é definida como “a bebida fermentada obtida através da respiração aeróbia e fermentação anaeróbia do mosto obtido pela infusão ou extrato de *Camellia sinensis* e açúcares por cultura simbiótica de bactérias e leveduras microbiologicamente ativas (SCOBY). Ainda, essa legislação determina os ingredientes opcionais, tais quais: frutas; vegetais; especiarias; mel; melado; açúcares de origem vegetal; gás carbônico (CO₂); fibras, vitaminas, sais minerais e outros nutrientes; e aromatizantes e corantes naturais (10). Diante disto, a

denominação da kombucha varia conforme os ingredientes adicionados e os processos de elaboração (Tabela 1).

Tabela 1 – Diferentes denominações para kombucha, segundo a Instrução Normativa nº 41 de 2019 do MAPA (10).

Processo	Denominação
Adição de espécie(s) vegetal(is) antes da fermentação, associada a <i>Camellia sinensis</i> .	Kombucha de (nome da(s) espécie(s) vegetal(is))
Adição de ingrediente(s) opcional(is)	Kombucha com (nome do ingrediente(s) opcional(is))
Adição de aromatizante natural	Kombucha com aroma de (nome do aromatizante natural)
Adição de gás carbônico	Kombucha gaseificada
Se conter álcool acima de 0,5% v/v	Kombucha com álcool ou Kombucha alcoólica

A produção da kombucha é simples e flexível, mas as quantidades de chá e açúcar, bem como o tempo e a temperatura de fermentação, são fatores críticos que influenciam as principais características da bebida (8).

MATÉRIAS-PRIMAS E MÉTODO DE ELABORAÇÃO

Outros tipos de chá da *Camellia sinensis*, como o chá-verde (11), o chá branco e o chá vermelho (4), podem ser empregados na elaboração da kombucha, embora o chá-preto seja o mais utilizado (7). O desenvolvimento do SCOBY depende fundamentalmente do açúcar, o qual é um nutriente essencial para essa cultura simbiótica (12). Segundo Wang et al. (13), no processo de fermentação da kombucha, diversos tipos de microrganismos estão envolvidos, incluindo os gêneros *Saccharomyces*, *Komagataeibacter*, *Acetobacter* e *Gluconobacter*. A comunidade microbiana do kombucha é determinada por métodos baseados em cultura, que envolvem ensaios morfológicos, fisiológicos e bioquímicos (5). No que se refere à formulação, é comum utilizar a sacarose como açúcar na elaboração da kombucha, embora outros tipos de açúcares, como glicose e frutose, também possam ser empregados (7).

A elaboração da kombucha (Figura 1) envolve duas etapas: a primeira, de fermentação aeróbica (1ª fermentação), e a segunda, de fermentação anaeróbica (14). Na segunda etapa, é possível adicionar frutas, sucos de frutas, especiarias ou outros aditivos para aumentar a carbonatação, sendo esta etapa opcional (15).

Após a adição das folhas de chá e da sacarose à água fervente, a mistura é deixada em infusão por cerca de 10 minutos e filtrada para remover as folhas. Em seguida, o chá infundado, o SCOBY e o chá de arranque são adicionados a um recipiente limpo,

coberto cuidadosamente com um pano limpo e bem preso. A primeira fermentação ocorre em temperatura entre 28 e 30 °C (16,17). A temperatura em que a fermentação ocorre proporciona um equilíbrio ideal entre as atividades metabólicas de bactérias e leveduras, resultando em uma bebida com sabor balanceado entre acidez e doçura (14). Segundo Bishop et al. (18), o período de fermentação do kombucha pode oscilar entre 7 e 60 dias, mas a duração média é de 15 dias.

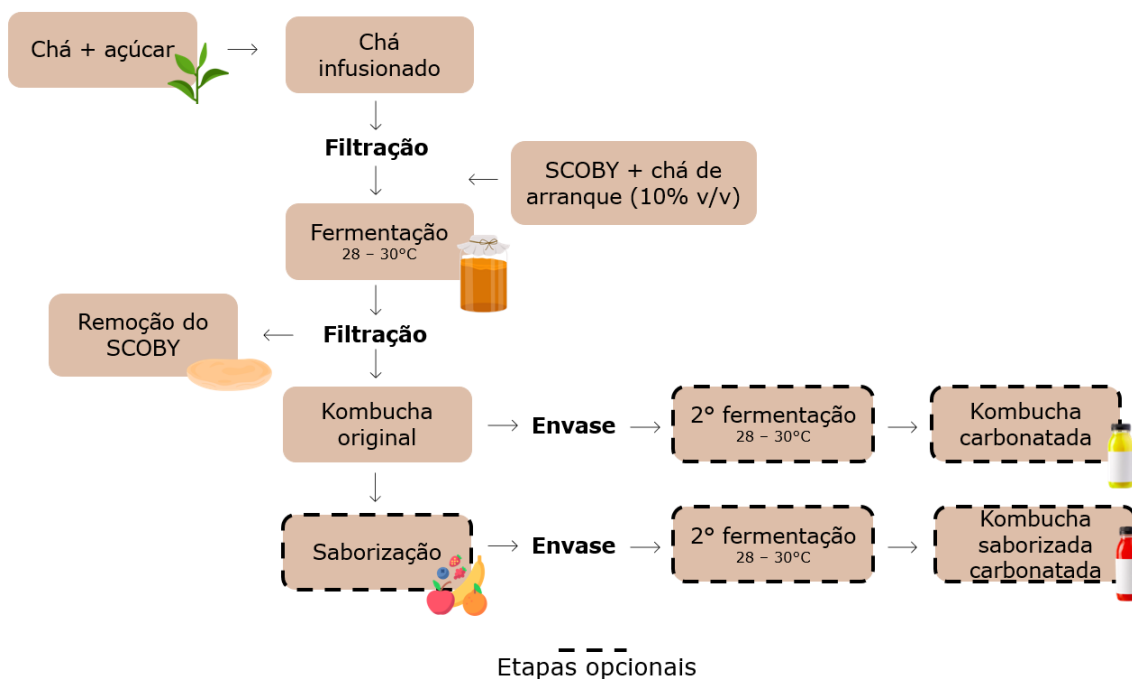


Figura 1 – Processo de elaboração da kombucha. Adaptado de Leonarski et al. (2).

Finalizada a primeira fermentação, a kombucha é filtrada para a remoção do SCOBY e possíveis sólidos suspensos. Após a fermentação aeróbica, na etapa anaeróbica do processo (2ª fermentação) pode envolver a adição de aromas, suco de frutas, ervas, especiarias e mel, ao chá fermentado, também chamada de saborização. Em seguida, a mistura é envasada e a segunda fermentação ocorre em uma temperatura entre 28 e 30 °C por mais três a quatro dias para uma carbonatação natural (17). Em escala industrial, a carbonatação forçada é utilizada para garantir que o teor alcoólico da bebida não ultrapasse os limites legais para classificação como bebida não alcoólica, que é inferior a 0,5% (v/v) (14).

É evidente o crescimento global do mercado de kombucha, estima-se um crescimento de 3,56 bilhões de dólares entre 2022 e 2026, com uma taxa de crescimento anual composta de 19,36% durante o período de previsão (19). Diante desta crescente popularidade e interesse pela produção de kombucha, pesquisadores têm explorado não apenas variações nas concentrações dos ingredientes da receita original, mas também considerando novas matérias-primas (Tabela 2) e processos de produção (20).

Tabela 2 – Matérias-primas alternativas empregadas na elaboração de kombucha.

Matéria-prima	Concentração	Referência
Framboesa (<i>Rubus idaeus</i>)	10% (v/v)	(21)
Subproduto da acerola (<i>Malpighia puniceifolia</i> L.)	1,3 e 5% (p/v)	(22)
Mirtilos (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	1:10 (g de mirtilo: mL de água filtrada)	(23)
Pitanga (<i>Eugenia uniflora</i> L.) e umbu-cajá (<i>Spondia tuberosa</i>)	15% (v/v)	(24)
Erva-mate (<i>Ilex paraguayensis</i>)	3% (p/p)	(25)
Café verde	3% (p/p)	(26)
<i>Achillea millefolium</i> L.	2,26:500 (g de <i>Achillea millefolium</i> L.:mL de água)	(27)
Fruta da cobra (<i>Salacca zalacca</i> (Gaerth.) Voss)	1:1 (p/v)	(28)

Ao adicionar matérias-primas alternativas no processo de elaboração do kombucha, é possível ampliar as opções de sabores e a composição bioativa desta bebida, o que pode aumentar a aceitação pelos consumidores.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADES BIOLÓGICAS

Durante o processo de fermentação do kombucha, há mudanças significativas nas propriedades químicas, como a concentração e a composição de suas substâncias bioativas. Essas mudanças são influenciadas por diversos fatores, como o tipo de chá utilizado, a quantidade inicial de açúcar e folhas de chá, o tempo de fermentação, a temperatura de incubação e a composição do SCOBY. Tais fatores podem impactar positivamente na qualidade e benefícios do kombucha (5).

Durante o processo de fermentação do chá para produção da kombucha, ocorre a liberação de compostos bioativos, como polifenóis e aminoácidos (13). Além disso, a concentração inicial de substâncias bioativas na matéria-prima (folhas de chá) pode ser

modificada devido à atividade metabólica da comunidade microbiana presente no SCOBY durante a fermentação do kombucha (5).

Segundo Dufresne e Farnworth (16), as catequinas são principais flavonóis encontrados no chá, em especial: a (-)-epicatequina, a (-)-epicatequina galato, a (-)-epigallocatequina, a galato de (-)-epigallocatequina, a (+)-catequina e a (+)-galocatequina. Consequentemente, as propriedades funcionais atribuídas à kombucha estão relacionadas ao seu alto potencial antioxidante, devido principalmente à sua composição fenólica (29). De acordo com Charkravorty et al. (12), um aumento no teor de compostos fenólicos da kombucha pode ser observado à medida que o tempo de fermentação aumenta. Essa tendência pode estar associada à decomposição de polifenóis e flavonoides em moléculas menores por meio de enzimas liberadas pelas bactérias e leveduras presentes no SCOBY.

Os ácidos orgânicos são compostos naturais amplamente encontrados em diversos alimentos de origem vegetal e que podem ser produzidos durante a fermentação de alimentos, como no caso da kombucha. O perfil de ácidos orgânicos desta bebida é composto por diversos tipos, sendo o ácido acético o principal destaque (30). A composição de ácidos orgânicos exerce influência direta sobre as características sensoriais desta bebida. Além disso, a adição de outras matérias-primas pode impactar este perfil. Como, no estudo realizado por Vukmanovic et al. (31), onde se empregaram resíduos da indústria enológica e observou-se uma ampla variedade de ácidos orgânicos (acético, tartárico, oxálico, fórmico, málico, malônico, láctico e cítrico). No estudo conduzido por Khosravi et al. (32), a fermentação do chá-preto adicionado de xarope de tâmara resultou em kombuchas com alto teor de ácido glucônico, ácido acético e polifenóis. De acordo com Oliveira et al. (33), o consumo de kombucha pode resultar na ingestão de ácido glucurônico, ácido málico e enzimas produzidas durante o processo de fermentação, que, em conjunto com a interação entre o chá, o açúcar e a cultura de bactérias e leveduras, podem potencialmente aumentar a eliminação de moléculas tóxicas.

A cafeína é um composto presente em quantidades significativas nas folhas de chá, correspondendo a cerca de 3% a 6% da sua composição. Durante o processo de fermentação da kombucha, a cafeína tem um papel importante, pois fornece às bactérias e leveduras o nitrogênio necessário para os processos metabólicos e para a construção de novas células. Além disso, a cafeína também fornece energia para as culturas microbianas durante a fermentação (34).

Segundo Leal et al. (35), vários aminoácidos encontrados na kombucha são originários das folhas de chá e outros são produzidos durante a fermentação pela atividade metabólica do SCOBY de kombucha. Entre os aminoácidos presentes no SCOBY, a lisina, leucina e isoleucina são encontrados em grande quantidade, enquanto outros, como alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, metionina, fenilalanina, prolina, treonina, triptofano e valina, são encontrados em menores concentrações. Além disso, tanto a kombucha quanto o chá apresentam alta concentração de vitaminas, sendo a vitamina C e algumas vitaminas do complexo B os principais componentes encontrados (34).

De acordo com Júnior et al. (20), os potenciais terapêuticos e funcionais da kombucha são associados aos seus constituintes químicos, e suas atividades biológicas são frequentemente avaliadas em estudos utilizando testes *in vitro* e/ou *in vivo*. Os metabólitos liberados durante o processo de fermentação são responsáveis pelos efeitos benéficos atribuídos à kombucha. A bebida é conhecida por suas propriedades antioxidantes, que dependem de três fatores cruciais: a infusão do chá, o SCOBY e o processo de fermentação. Embora o chá contenha compostos antioxidantes em

quantidades significativas por si só, o processo de fermentação pode ampliar ainda mais o potencial antioxidante da bebida (9).

A kombucha é conhecida por exibir uma forte atividade antimicrobiana contra uma ampla variedade de microrganismos, tanto Gram-positivos como Gram-negativos. Essa propriedade antimicrobiana da kombucha é atribuída a vários componentes presentes no chá utilizado na sua produção, incluindo polifenóis, ácidos orgânicos e outros compostos liberados durante a fermentação. Estudos mostraram que a kombucha feito com chá-preto não só possui alta atividade antibacteriana contra diversos patógenos transmitidos por alimentos, mas também alta atividade antifúngica (36). Estudos em modelos animais, incluindo ratos e camundongos albinos, têm sugerido que o consumo de kombucha pode oferecer propriedades hepatoprotetoras contra diversas substâncias tóxicas e carcinogênicas que afetam o fígado. Acredita-se que essa proteção e desintoxicação estejam relacionadas à capacidade antioxidante da kombucha. O composto responsável por esse efeito protetor é o ácido d-sacárico1,4-lactona (DSL), produzido pela *Gluconacetobacter* sp. durante a fermentação da bebida (37).

Embora existam alguns registros na literatura sobre os efeitos da kombucha em células humanas (*in vitro*) (38,39), ainda há poucos estudos que investigaram os efeitos diretos da ingestão dessa bebida no corpo humano, tanto em termos gerais dos órgãos quanto em órgãos específicos (20).

CONCLUSÕES

Embora a comercialização da kombucha seja relativamente recente em comparação com outras bebidas fermentadas, a popularidade e o consumo desta bebida têm aumentado consideravelmente. Isso se deve, em grande parte, à alegação dos potenciais benefícios à saúde que a kombucha apresenta. A bebida contém uma variedade de compostos, como ácidos orgânicos, polifenóis, vitaminas e outros compostos bioativos, cuja presença e quantidade variam dependendo do tipo de chá utilizado e do processo de fermentação, além dos ingredientes utilizados para a opcional etapa de saborização.

Considerando o interesse crescente dos consumidores, a kombucha apresenta um potencial promissor para a indústria de alimentos e nutracêuticos, especialmente no desenvolvimento de novas formulações por meio de matérias-primas alternativas e novas tecnologias. No entanto, por se tratar de uma bebida fermentada por uma cultura de microrganismos, é importante realizar estudos para verificar a cinética da fermentação e as propriedades físicas e microbiológicas tanto da cultura starter quanto do produto final.

Embora exista uma legislação estabelecida no Brasil, ainda são necessários esforços para garantir a segurança, a padronização e a qualidade do produto no mercado. A falta de regulamentação global pode limitar o consumo da kombucha, tornando a implementação segura do produto um desafio importante a ser considerado e superado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – n° 140616/2021-7) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência

e Tecnologia de Santa Catarina pelo fomento e incentivo à pesquisa (Projeto de pesquisa aprovado pelo Edital n.32/2021/PROPPI).

REFERÊNCIAS

1. Kim J, Adhikari K. Current Trends in Kombucha: Marketing Perspectives and the Need for Improved Sensory Research. *Beverages*. 2020; 6:15.
2. Leonarski E, Guimarães AC, Cesca K, Poletto P. Production process and characteristics of kombucha fermented from alternative raw materials. *Food Biosci*. 2022;49:101841.
3. Costa MA de C, Dias Moreira L de P, Duarte V da S, Cardoso RR, São José VPB de, Silva BP da, et al. Kombuchas from Green and Black Tea Modulate the Gut Microbiota and Improve the Intestinal Health of Wistar Rats Fed a High-Fat High-Fructose Diet. *Nutrients*. 2022;14(24):5234.
4. Jakubczyk K, Kałduńska J, Kochman J, Janda K. Chemical Profile and Antioxidant Activity of the Kombucha Beverage Derived from White, Green, Black and Red Tea. *Antioxidants*. 2020;9(5):447.
5. Kitwetcharoen H, Phung LT, Klanrit P, Thanonkeo S, Tippayawat P, Yamada M, et al. Kombucha Healthy Drink—Recent Advances in Production, Chemical Composition and Health Benefits. *Ferment*. 2023;9(1):48.
6. Saimaiti A, Huang SY, Xiong RG, Wu SX, Zhou DD, Yang ZJ, et al. Antioxidant Capacities and Polyphenol Contents of Kombucha Beverages Based on Vine Tea and Sweet Tea. *Antioxidants*. 2022;11(9):1655.
7. Freitas A, Sousa P, Wurlitzer N. Alternative raw materials in kombucha production. *Int J Gastron Food Sci*. 2022;30:100594.
8. Liu Y, Zheng Y, Yang T, Mac Regenstein J, Zhou P. Functional properties and sensory characteristics of kombucha analogs prepared with alternative materials. *Trends Food Sci Technol*. 2022;129:608–16.
9. Batista P, Penas MR, Pintado M, Oliveira-Silva P. Kombucha: Perceptions and Future Prospects. *Foods*. 2022;11(13):1977.
10. Brasil. Instrução Normativa nº 41, de 17 de setembro de 2019. Estabelece o Padrão de Identidade e Qualidade da Kombucha em todo o território nacional. *Diário Oficial da União*. 17 set 2019; Seção 1.
11. Gaggìa F, Baffoni L, Galiano M, Nielsen DS, Jakobsen RR, Castro-Mejía JL, et al. Kombucha Beverage from Green, Black and Rooibos Teas: A Comparative Study Looking at Microbiology, Chemistry and Antioxidant Activity. *Nutr*. 2019;11(1):1.
12. Chakravorty S, Bhattacharya S, Bhattacharya D, Sarkar S, Gachhui R. Kombucha: A Promising Functional Beverage Prepared From Tea. *Non-alcoholic Beverages Vol 6 Sci Beverages*. 2019;1:285–327.
13. Wang X, Wang D, Wang H, Jiao S, Wu J, Hou Y, et al. Chemical Profile and Antioxidant Capacity of Kombucha Tea by the Pure Cultured Kombucha. *LWT*. 2022;168:113931.
14. Bortolomedi BM, Paglarini CS, Brod FCA. Bioactive compounds in kombucha: A review of substrate effect and fermentation conditions. *Food Chem*. 2022;15;385:132719.

15. Aung T, Eun JB. Production and characterization of a novel beverage from laver (*Porphyra dentata*) through fermentation with kombucha consortium. *Food Chem.* 2021;350:129274.
16. Dufresne C, Farnworth E. Tea, Kombucha, and health: a review. *Food Res Int.* 2000;33(6):409–21.
17. Martín JGP, Rocha ARF da S, Venturim BC, Duque-Rodríguez AD. Bebidas não alcoólicas fermentadas. In: Martín JGP, Lindner J de D, editors. *Microbiologia de Alimentos Fermentados*. 1st ed. São Paulo: Blucher; 2022 p. 587–652.
18. Bishop P, Pitts ER, Budner D, Thompson-Witrick KA. Kombucha: Biochemical and microbiological impacts on the chemical and flavor profile. *Food Chem Adv.* 2022;1:100025.
19. TechNavio. Global Kombucha Market 2022-2026. 2022. Disponível em: <https://www.marketresearch.com/Infiniti-Research-Limited-v2680/Global-Kombucha-31609605/>
20. Júnior JC da S, Meireles Mafaldo Í, de Lima Brito I, Tribuzy de Magalhães Cordeiro AM. Kombucha: Formulation, chemical composition, and therapeutic potentialities. *Curr Res Food Sci.* 2022;5:360–5.
21. Ulusoy A, Tamer CE. Determination of suitability of black carrot (*Daucus carota* L. spp. sativus var. atropurpureus Alef.) juice concentrate, cherry laurel (*Prunus laurocerasus*), blackthorn (*Prunus spinosa*) and red raspberry (*Rubus idaeus*) for kombucha beverage production. *J Food Meas Charact.* 2019;13(2):1524–36.
22. Leonarski E, Cesca K, Zanella E, Stambuk BU, de Oliveira D, Poletto P. Production of kombucha-like beverage and bacterial cellulose by acerola byproduct as raw material. *LWT.* 2021;135:110075.
23. Barbosa EL, Netto MC, Bendel Junior L, de Moura LF, Brasil GA, Bertolazi AA, et al. Kombucha fermentation in blueberry (*Vaccinium myrtillus*) beverage and its in vivo gastroprotective effect: Preliminary study. *Futur Foods.* 2022;5:100129.
24. Silva Júnior JC da, Magnani M, Almeida da Costa WK, Madruga MS, Souza Olegário L, da Silva Campelo Borges G, et al. Traditional and flavored kombuchas with pitanga and umbu-cajá pulps: Chemical properties, antioxidants, and bioactive compounds. *Food Biosci.* 2021;44:101380.
25. Ziemska A, Nizioł-Łukaszewska Z, Bujak T, Zagórska-Dziok M, Wójciak M, Sowa I. Effect of fermentation time on the content of bioactive compounds with cosmetic and dermatological properties in Kombucha Yerba Mate extracts. *Sci Reports.* 2021;11(1):1–15.
26. Zofia NŁ, Aleksandra Z, Tomasz B, Martyna ZD, Magdalena Z, Zofia HB, et al. Effect of Fermentation Time on Antioxidant and Anti-Ageing Properties of Green Coffee Kombucha Ferments. *Mol.* 2020;25(22):5394.
27. Vitas JS, Cvetanović AD, Mašković PZ, Švarc-Gajić J V., Malbaša R V. Chemical composition and biological activity of novel types of kombucha beverages with yarrow. *J Funct Foods.* 2018;44:95–102.
28. Zubaidah E, Dewantari FJ, Novitasari FR, Srinta I, Blanc PJ. Potential of snake fruit (*Salacca zalacca* (Gaerth.) Voss) for the development of a beverage through fermentation with the Kombucha consortium. *Biocatal Agric Biotechnol.* 2018;13:198–203.
29. Teixeira Oliveira J, Machado da Costa F, Gonçalves da Silva T, Dotto Simões G,

- dos Santos Pereira E, Quevedo da Costa P, et al. Green tea and kombucha characterization: Phenolic composition, antioxidant capacity and enzymatic inhibition potential. *Food Chem.* 2023;408:135206.
30. Selvaraj S, Gurumurthy K. An overview of probiotic health booster-kombucha tea. *Chinese Herb Med.* 2023;15(1):27–32.
 31. Vukmanović S, Vitas J, Malbaša R. Valorization of winery effluent using kombucha culture. *J Food Process Preserv.* 2020;44(8):e14627.
 32. Khosravi S, Safari M, Emam-Djomeh Z, Golmakani MT. Development of fermented date syrup using Kombucha starter culture. *J Food Process Preserv.* 2019;43(2):e13872.
 33. de Oliveira ÍACL, Rolim VA de O, Gaspar RPL, Rossini DQ, de Souza R, Bogsan CSB. The Technological Perspectives of Kombucha and Its Implications for Production. *Ferment.* 2022;8(4):185.
 34. Bishop P;, Pitts ER;, Budner D;, Thompson-Witrick KA, Bishop P, Pitts ER, et al. Chemical Composition of Kombucha. *Beverages.* 2022;8(3):45.
 35. Leal JM, Suárez LV, Jayabalan R, Oros JH, Escalante-Aburto A. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. *CyTA - J of Food.* 2018;16(1):390–9.
 36. Battikh H, Chaieb K, Bakhrouf A, Ammar E. Antibacterial and antifungal activities of black and green kombucha teas. *J Food Biochem.* 2013;37(2):231–6.
 37. Jayabalan R, Malbaša RV, Sathishkumar M, Lončar ES, Vitas JS, Sathishkumar M. A Review on Kombucha Tea-Microbiology, Composition, Fermentation, Beneficial Effects, Toxicity, and Tea Fungus. *Ref Modul Food Sci.* 2014;13(4):538-550
 38. Morales D. Biological activities of kombucha beverages: The need of clinical evidence. *Trends Food Sci Technol.* 2020;105:323–33.
 39. Kapp JM, Sumner W. Kombucha: a systematic review of the empirical evidence of human health benefit. *Ann Epidemiol.* 2019;30:66–70.

Capítulo 19**Doi.org/10.53934/9786585062060-19****APLICAÇÃO DE SORO DO LEITE NA PRODUÇÃO DE FILMES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS PARA PROLONGAR A VIDA ÚTIL DOS ALIMENTOS**

Lucas Silva Peixoto¹ *; **Rutinéia Martins Freitas¹ **; **Carolina Lilibeth Carvalho de Pinho² **; **Clistiane Santos Santana¹ **; **Jaqueline Gomes¹ **; **Viviane Patrícia Romani³ **; **Daniel Emanuel Cabral de Oliveira³ **

**Autor correspondente (Corresponding author)–Email: lucapeixotofarmacia@gmail.com*

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde/Goiás

² Discente do Programa de Pós-Graduação do Doutorado em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná, Campus Curitiba/Paraná

³ Docente do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal Goiano, Campus Iporá/Goiás

Resumo: Nos últimos anos, o número de inovações em embalagens de alimentos está aumentando devido ao crescente interesse do consumidor por alimentos seguros e mais naturais. Filmes comestíveis para alimentos podem ser usados como revestimentos ou filmes flexíveis em materiais de embalagem para reduzir a degradação dos alimentos, protegendo-os de danos físicos e/ou microbiológicos. Os filmes e revestimentos comestíveis à base de proteínas possuem a capacidade de manter a textura, reduzir a perda de umidade, aroma e nutrientes dos alimentos. O soro de leite tem ganhado espaço nas pesquisas devido à sua capacidade de suas proteínas formarem filmes e revestimentos com funções de embalagem. O objetivo desta revisão de literatura é investigar o uso de soro do leite como filmes e revestimentos na conservação de alimentos.

Palavras-chave: coberturas comestíveis; conservação de alimentos; soro do leite.

INTRODUÇÃO

A qualidade e a segurança dos alimentos sempre foram preocupações importantes para fabricantes e pesquisadores. Por isso, novas tecnologias estão constantemente sendo investigadas para superar os desafios existentes (1). O número de inovações em embalagens de alimentos também está se acelerando nos últimos anos devido ao crescente interesse do consumidor por produtos alimentícios naturais, de alta qualidade, seguros e com longa vida útil (2). Variedade de técnicas de preservação pode ser usada para minimizar a deterioração de produtos perecíveis, como frutas e vegetais frescos, que sofrem redução da vida útil e perda de qualidade nutricional rapidamente durante o armazenamento (3). Os avanços tecnológicos no desenvolvimento de materiais

biodegradáveis facilitaram muito a implantação de filmes e revestimentos comestíveis inovadores e funcionais como materiais de embalagem sendo uma realidade de sucesso pelo fato de aliarem os conceitos de sustentabilidade, bioeconomia e redução de desperdício e preservação ambiental (4,2,5). Um filme comestível é geralmente definido como uma fina camada de material comestível sobre ou entre os ingredientes alimentares, sendo uma grande vantagem deste tipo de embalagem alimentar é que pode ser consumida juntamente com os alimentos, reduzindo assim o desperdício (2). Estes podem ser como revestimentos, filmes flexíveis ou camadas de separação em materiais de embalagem. Podem ser usados tanto para reduzir a degradação dos alimentos, quanto para protegê-los de danos físicos e microbianos. Além disso, também podem minimizar algumas alterações físicas indesejadas nos alimentos devido às influências ambientais (6).

Dentre as moléculas usadas na elaboração das matrizes de filmes e revestimentos, quanto são usadas as proteínas, são considerados materiais seguros para aplicação direta em superfícies de alimentos ou para permanecer em contato visando manter a integridade do produto, sua qualidade e prolongar a vida útil (7). Dentre as fontes de proteínas, o soro de leite ganhou espaço nas pesquisas devido à sua capacidade de formar filmes e revestimentos que desempenham satisfatoriamente as funções de embalagem. Neste contexto, essa revisão bibliográfica aborda uso de proteína soro de leite no desenvolvimento de filmes e revestimentos aplicados na conservação de alimentos com frutas, legumes e produtos de origem animal.

PROTEÍNAS DO SORO DE LEITE

Como subproduto da fabricação de queijos, a proteína de soro de leite apresenta excelentes características, como alto custo-benefício, biodegradabilidade, alto valor nutricional e boa capacidade de formação de filmes. Por isso, sua aplicação em embalagens e revestimentos de alimentos tem atraído cada vez mais atenção (8).

As proteínas do soro são uma mistura de proteínas, principalmente β -lactoglobulina, α -lactalbumina e albumina de soro bovino, que existem como proteínas globulares no estado nativo. A funcionalidade destas proteínas depende fortemente de sua composição, e também de vários outros fatores, incluindo temperatura e pH (9). O pH desempenha um papel específico e importante na desnaturação de proteínas, pois afeta a carga da proteína, que por sua vez afeta as interações eletrostáticas intramoleculares e a agregação de proteínas (10). As pesquisas têm se concentrado no mecanismo de desnaturação da proteína de soro de leite e nas condições como o pH, temperatura, força iônica e entre outras possibilidades que o afetam (9). Esses fatores estão fortemente relacionados com a elaboração e as propriedades dos filmes para embalagens de alimentos.

As proteínas de soro de leite estão disponíveis na forma de proteína isolada do soro de leite, concentrado de proteína de soro de leite e hidrolisados de proteína de soro de leite. A proteína isolada do soro de leite, por exemplo, contém >90% de proteína e os principais componentes são α -lactalbumina e β -lactoglobulina. A pesquisa sobre o uso da proteína de soro de leite tem se concentrado principalmente em suas propriedades químicas, bioquímicas e bioativas para uso em alimentos, biotecnologia, produtos farmacêuticos e no desenvolvimento de materiais biodegradáveis (11).

Os filmes elaborados a partir das proteínas do soro de leite apresentam algumas vantagens. Por exemplo, são materiais transparentes, flexíveis, resilientes e têm melhores propriedades de barreira à transferência de oxigênio contra a permeabilidade a gases, óleo e compostos aromáticos em relação a outras proteínas de alimentos (12,8). Tais características tornam estes filmes promissores para aplicação em uma ampla variedade de produtos alimentícios, conforme discutido a seguir.

APLICABILIDADE DE REVESTIMENTOS E/OU FILMES DE PROTEÍNA DO SORO DE LEITE

Filmes e revestimentos comestíveis baseados em componentes naturais, como o soro de leite, garantem uma abordagem mais sustentável para manutenção e enriquecimento da qualidade e prazo de validade dos produtos alimentícios (13). Em relação a sua estrutura, os filmes comestíveis de soro de leite são uma rede de polímero seco com uma estrutura tridimensional semelhante a um gel (14). No quadro 1 estão apresentadas aplicações de revestimento e filmes com base em proteínas do soro do leite em hortaliças, frutas, pescados e carnes e derivados lácteos.

Quadro 1 – Aplicações de filmes e revestimentos elaborados a partir das proteínas de soro de leite.

Produto	Tempo de Armazenamento	Formulação	Conclusão	Autores
Queijo Quasha	8 dias	Proteína de soro de leite e proteína de soja, glicerol, óleo essencial Manjerona (<i>Origanum majorana</i> L.) e extrato tomilho (<i>Thymus vulgaris</i> L.)	Óleo essencial e extrato de tomilho incorporados em matrizes de filme parecem suprimir o crescimento micelial e a esporulação de <i>Aspergillus niger</i> . Boas características físicas e mecânicas. Os filmes com menor concentração de proteína hidrolisados por enzimas podem ser considerados como potenciais matrizes alternativas para carrear óleos essenciais e extratos de ervas para revestimento de queijos.	(7)
Queijo de pasta mole	60 dias	Concentrado de proteína de soro de leite, glicerol	A aplicação de filmes à base de proteína isolada do soro de leite	(15)

		e extratos aquosos de alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) e sálvia (<i>Salvia officinalis</i>)	incorporados com infusão de alecrim e sálvia como material de embalagem de queijo macio foi capaz de proteger o queijo macio de deterioração ou bactérias patogênicas.	
Alho (<i>Allium sativum</i> L.)	45 dias	Proteína de soro de leite, zeína e glicerol	Filmes comestíveis à base de proteína do leite e zeína melhoraram a vida útil no armazenamento de dentes de alho descascados a 15 °C.	(12)
Banana (<i>Musa acuminata</i> L.)	7 dias	Proteína isolada de soro de leite, polissacarídeo de jujuba (<i>Ziziphus jujuba</i> Mill.) e nanocristais de amido	Os filmes de bionanocompósitos podem preservar frutos de banana com qualidade físico-química e microbiana favoráveis durante o armazenamento.	(16)
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	15 dias	Proteína isolada soro de leite, goma xantana, monoesterato de glicerol e óleo de cravo (<i>Syzygium aromaticum</i>)	O efeito combinado de revestimentos à base de isolado de proteína de soro de leite, goma xantana e óleo de cravo é o método bem-sucedido e eficaz para prolongar a vida útil, mantendo os atributos de qualidade do tomate durante o armazenamento de 15 dias. enquanto as amostras não revestidas foram aceitáveis até o dia 10.	(17)
Castanha européia (<i>Castanea sativa</i>)	6 meses	Três revestimentos comestíveis - proteína isolada do soro de leite + glicerol; quitosana + glicerol;	Todas as amostras revestidas, assim como o controle, tiveram comportamentos semelhantes para umidade, acidez titulável e atividade de água durante todo o	(18)

		alginato + glicerol	armazenamento. Os revestimentos de quitosana exibiram o menor crescimento de microrganismos durante 6 meses de armazenamento, parecendo ser uma técnica de preservação promissora.	
Bifes de robalo asiático (<i>Lates calcarifer</i>)	30 dias	Combinação de imersão prévia em água ativada por plasma antes do revestimento de extrato bruto de gengibre (<i>Zingiber officinale</i>) e proteína isolada do soro de leite	Revestimento associado com o plasma demonstrou ser um método eficaz para prolongar a vida útil do bife de robalo asiático pronto para cozinhar durante o armazenamento refrigerado.	(19)
Peru minimamente processado	6 dias	Proteínas do soro de leite e quitosana, suplementados com suco de cranberry (<i>Vaccinium</i> spp.) ou marmelo (<i>Chaenomeles</i> spp.)	Os filmes comestíveis de proteína de soro de leite e quitosana suplementados com suco de cranberry ou marmelo e colocados em peru fresco protegeram a carne de peru da deterioração microbiológica e retardaram o desenvolvimento de microrganismos patogênicos <i>S. Typhimurium</i> , <i>E. coli</i> e <i>C. jejuni</i> em pedaços de peru frescos e revestidos por pelo menos seis dias.	(20)
Carne de cordeiro fresca	15 dias	Proteína isolada do soro de leite e nanofibras de celulose para incorporação de nanopartículas de dióxido de enxofre e óleo	Eficaz na redução da deterioração microbiana, oxidação lipídica e lipólise, estendendo assim a vida útil da carne de cordeiro durante o armazenamento	(21)

		essencial de alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	refrigerado.	
Ovos	8 Semanas	Proteína isolada do soro de leite, nanopartículas de montmorilonita de sódio e metabissulfito de sódio	Os ovos revestidos apresentaram excelente qualidade e alta estabilidade de espuma por até 5 semanas de armazenamento, indicando que o revestimento pode eliminar parcialmente a necessidade de refrigeração, sem comprometer a qualidade dos ovos frescos.	(22)

Fontes: Os autores

Conforme pode ser visualizado na Quadro 1, os filmes/revestimentos de soro de leite vem comumente sendo adicionados de compostos ativos, caracterizando-os como materiais ativos. Dentre eles cita-se a utilização de extratos aquosos e óleos essenciais (OE) na formulação de revestimentos e filmes com os queijos quasha (OE de manjerona e extrato de tomilho), queijo de pasta mole (extratos aquosos de alecrim e sálvia), frutos como tomate (OE de cravo), subprodutos de pescado como bifes de robalo asiático (extrato de *Zingiber officinale*), carnes de aves e ovinos sendo aplicado suco em pedaços de peru minimamente processados (suco de cranberry ou marmelo) e carne de cordeiro fresca (óleo essencial de alecrim *Rosmarinus officinalis* L.). Essa finalidade de filmes ou revestimento à base de proteínas de soro de leite com aditivos antioxidantes e/ou antimicrobianos produzidos de forma natural e sustentável também recebeu atenção considerável nos últimos anos, sendo sustentada devido a crescente necessidade de abordagens ecológicas para novos materiais funcionais (23).

Em relação aos derivados lácteos, nos estudos com queijos destaca-se que as proteínas de soro de leite e as proteínas de soja estão entre as proteínas mais populares usadas para a formação de filmes e/ou revestimentos (7). As proteínas globulares presentes nestas matérias-primas são solúveis em água e mantidas juntas por ligações de hidrogênio, iônicas, hidrofóbicas e covalentes. Beta-lactoglobulina (β -lg), alfa-lactalbumina (α -La) e albumina de soro bovino (BSA) são as principais frações protéicas presentes no soro de leite, enquanto a beta-conglicina e a glicina são as principais frações protéicas da soja (7). Com base nos estudos avaliados, coberturas comestíveis podem ser usadas para controlar o sabor, cor e valor nutricional do queijo; apresentam ainda a possibilidade de serem consumidas com o queijo para evitar o desperdício e, no caso dos filmes à base de proteína do soro do leite, desta forma podem aumentar a ingestão e o valor da proteína (15).

Conforme verificado na literatura, a incorporação de nanopartículas em materiais de embalagem pode melhorar significativamente a resistência mecânica, a estabilidade

térmica e as propriedades de barreira das embalagens de alimentos para obter o melhor efeito de manutenção do frescor (24). Na formulação de filmes e/ou revestimentos nos estudos apresentados (Quadro 1) verificaram-se em frutos como banana o uso de nanocristais de amido, em derivados de aves como nos ovos o emprego de nanopartículas de montmorilonita de sódio e metabissulfito de sódio, em derivados de ovinos como a carne de cordeiro fresca a aplicação de nanofibras de celulose para incorporação de nanopartículas de dióxido de enxofre e OE alecrim. Os filmes nanocompósitos desenvolvidos nestes estudos podem ser adequados para aplicação como materiais de embalagem ativos na indústria de alimentos. Além de manter a segurança e a qualidade dos produtos, também atuam reduzindo o desperdício de alimentos e doenças transmitidas por alimentos, o que traz benefícios tanto econômicos quanto para a saúde dos consumidores (21).

Em alguns estudos os produtos alimentícios, como pedaços de peru minimamente processados e castanha europeia, observou-se a presença de quitosana na formulação. Polissacarídeos como a quitosana e o alginato são utilizados para colaborar com as propriedades dos materiais produzidos e melhorar sua performance como embalagem aplicada para aumento da vida útil de produtos (25,26). Particularmente, os revestimentos de quitosana mostraram ter atividade antifúngica e propriedades antimicrobianas durante o armazenamento, o que é promissor para evitar reações de degradação dos alimentos e o desenvolvimento de microrganismos (18,27,28).

Outras bases como a proteína zeína e o polissacarídeo goma xantana são encontradas separadamente em algumas formulações. Torun e Ozdmir (12) corroboram em seus estudos comparando o revestimento de proteína do leite e a zeína na conservação de alhos embora ambos os filmes comestíveis tenham efeitos semelhantes nas propriedades físico-químicas dos dentes de alho, o filme de zeína proporcionou melhor preservação do que a proteína do leite, exceto o teor de alicina. Devido à menor permeabilidade ao vapor de água dos filmes de zeína em comparação com a proteína do leite, as amostras perderam menos peso e preservaram a dureza, sendo que os filmes de zeína podem bloquear melhor a transmissão de vapor de água e voláteis (12). Entretanto, é importante considerar que eles têm certas desvantagens, em relação a fragilidade e rigidez (29).

A goma xantana fornece textura, viscosidade, liberação de sabor, aparência e propriedades de condicionamento de água exigidas nos produtos alimentícios atuais (30). Nos estudos Kumar e Saini (17) com o tomate, os revestimentos com goma xantana atingiram teor de acidez titulável de 0,384% em relação à amostra controle (0,448%) em que há maior perda de acidez do tomate. O melhor revestimento entre todos foi de goma xantana, pois a redução percentual na acidez titulável relatada é a mais baixa nesta em relação ao a proteína isolada de soro de leite e a formulação de proteína isolada do soro do leite, goma xantana e óleo essencial (17).

Verificou-se também que os filmes e revestimentos apenas com soro de leite e sem compostos ativos ajudaram a aumentar a vida útil de alguns produtos. A proteína isolada do soro do leite tratada termicamente e hidrolisada sem adição de óleo ou extrato exibiu a melhor proteção contra a perda de umidade e endurecimento do queijo quasha (7). No estudo com o queijo pasta mole a diminuição das leveduras também foi visualmente evidente a partir do dia 21 nas amostras controle (sem nenhum revestimento). No grupo de queijos com película comestível sem extratos vegetais, as colônias de levedura começaram a aparecer no grupo em 31 dias, sendo 10 dias após o grupo controle

(15). No estudo com o alho (*Allium sativum* L.), a perda de peso e textura mostraram que as amostras revestidas com proteína do leite podem ser armazenadas por 10 dias, enquanto as amostras revestidas com zeína podem ser armazenadas por 15 dias a 15 °C (12). No experimento envolvendo o tomate, o tratamento com apenas revestimento da proteína isolada do soro do leite reteve significativamente dos sólidos solúveis totais (SST) 5,01 °Brix em contraste com a amostra de controle de 5,81 °Brix na qual o SST aumentou rapidamente com o armazenamento. Desta forma, o revestimento reduziu a produção de etileno, diminuiu a taxa de respiração e retardou a síntese e utilização de metabólitos, o que levou a um menor SST (17).

Em comparação a outras matérias-primas de origem alimentícia, as proteínas de soro de leite possuem algumas características superiores e outras inferiores. Entretanto, é importante considerar que o soro de leite é uma das matérias-primas mais avançadas na produção industrial de materiais de embalagem. As preocupações ambientais e a demanda do consumidor por alimentos sustentáveis, saudáveis e seguros levaram as indústrias a se concentrar no desenvolvimento de materiais de embalagem comestíveis, especialmente a proteína de soro de leite, por ser um biopolímero comestível, biodegradável e ecológico (14). Os filmes e coberturas comestíveis à base de soro de leite têm grande potencial como materiais funcionais para alimentos para garantir a sua segurança e a qualidade, enquanto contribuem com a preservação do meio ambiente.

CONCLUSÕES

O soro do leite tem sido uma alternativa promissora para substituição de materiais convencionais no desenvolvimento de embalagens. Os filmes e revestimentos comestíveis à base dessas proteínas possuem a capacidade de manter a textura, reduzir a perda de umidade, aroma e nutrientes. Sua aplicabilidade se deve ao fato de serem mecanicamente resistentes e atuarem como barreira, garantindo a segurança dos alimentos. Além disso, podendo ter função antimicrobiana e antioxidante quando adicionados de compostos bioativos. Sendo assim, o uso de filmes e revestimentos comestíveis à base de soro de leite é uma técnica promissora para melhorar a qualidade dos alimentos, sejam estes minimamente processados ou in natura. Resultados promissores vêm sendo apresentados pelas pesquisas, entretanto são importantes mais estudos para compreender e alavancar a aceitação destas novas tecnologias pelos consumidores e ampliar seu uso em larga escala.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Instituto Federal Goiano, Universidade Federal do Paraná e Instituto Federal do Mato Grosso do Sul pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Çakmak H, Özselek Y, Turan OY, Firatlıgil E, Karbancıoğlu-Güler F. Whey protein isolate edible films incorporated with essential oils: Antimicrobial activity and barrier properties. *Polymer Degradation and Stability*. 2020;179:109285.

2. Karača S, Trifković K, Bušić A, Đorđević V, Belščak-Cvitanović A, Cebin AV, et al. The functional potential of immortelle (*Helichrysum italicum*) based edible films reinforced with proteins and hydrogel particles. *LWT*. 2019;99:387-395.
3. Saxena A, Sharma L, Maity T. Enrichment of edible coatings and films with plant extracts or essential oils for the preservation of fruits and vegetables. In: *Biopolymer-based formulations*. Elsevier;2020. p. 859-880.
4. Avramescu SM, Butea C, Popa CV, Ortan A, Moraru I, Temocico G, et al. Edible and functionalized films/coatings—Performances and perspectives. *Coatings*. 2020;10:687.
5. Barboza HTG, Soares AG, Ferreira JCS, Freitas-Silva O. Filmes e revestimentos comestíveis: conceito, aplicação e uso na pós-colheita de frutas, legumes e vegetais. *Research, Society and Development*. 2022;11/9:e9911931418-e9911931418.
6. Erdem BG, Diblan S, Kaya S. Development and structural assessment of whey protein isolate/sunflower seed oil biocomposite film. *Food and Bioproducts Processing*. 2019;118:270-280.
7. Tarhan Ö, Şen R. Heat-denatured and alcalase-hydrolyzed protein films/coatings containing marjoram essential oil and thyme extract. *Food Bioscience*. 2022;45:101466.
8. Mohammadi M, Mirabzadeh S, Shahvalizadeh R, Hamishehkar H. Development of novel active packaging films based on whey protein isolate incorporated with chitosan nanofiber and nano-formulated cinnamon oil. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020;149:11-20.
9. Papadaki A, Kachrimanidou V, Lappa IK, Andriotis H, Eriotou E, Mandala I, Kopsahelis N. Tuning the physical and functional properties of whey protein edible films: Effect of pH and inclusion of antioxidants from spent coffee grounds. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2022;27:100700.
10. Ramos OL, Pereira RN, Simões LS, Madalena DA, Rodrigues RM, Texeira JA, Vicente A A. Nanostructures of whey proteins for encapsulation of food ingredients S.M., *Biopolymer Nanostructures for Food Encapsulation Purposes*, Academic Press. Jafari;2019. p 69-100
11. Qi PX, Onwulata, CI. Physical properties, molecular structures, and protein quality of texturized whey protein isolate: Effect of extrusion moisture content. *Journal of Dairy Science*. 2011;94/5:2231-2244.
12. Torun M, Ozdemir F. Milk protein and zein coatings over peeled garlic cloves to extend their shelf life. *Scientia Horticulturae*. 2022;291:110571.

13. Valencia-Chamorro SA, Palou L, Del Río MA, Pérez-Gago M B. Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2011;51/9:872-900.
14. Riseh RS, Vazvani MG, Hassanisaadi M, Thakur VK, Kennedy JF. Use of whey protein as a natural polymer for the encapsulation of plant biocontrol bacteria: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023;234:123708
15. Kontogianni VG, Kasapidou E, Mitlianga P, Mataragas M, Pappa E, Kondyli E, Bosnea, L,. Production, characteristics and application of whey protein films activated with rosemary and sage extract in preserving soft cheese. *LWT*. 2022;155;112996.
16. Gharibzahedi SMT, Ahmadigol A, Khubber S, Altintas Z. Whey protein isolate/jujube polysaccharide-based edible nanocomposite films reinforced with starch nanocrystals for the shelf-life extension of banana: Optimization and characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022;222/A:1063-1077.
17. Kumar A, Saini CS. Edible composite bi-layer coating based on whey protein isolate, xanthan gum and clove oil for prolonging shelf life of tomatoes. *Measurement: Food*. 2021;2:100005.
18. Fernandes L, Pereira EL, Fidalgo MC, Gomes A, Ramalhosa E. Physicochemical properties and microbial control of chestnuts (*Castanea sativa*) coated with whey protein isolate, chitosan and alginate during storage. *Scientia Horticulturae*. 2020;263:109105.
19. Chaijan M, Chaijan S, Panya A, Nisoa M, Cheong L-Z, Panpipat W. Combined effects of prior plasma-activated water soaking and whey protein isolate-ginger extract coating on the cold storage stability of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) steak. *Food Control*. 2022;135:108787.
20. Brink I, Šipailiene A, Leskauskaitė D. Antimicrobial properties of chitosan and whey protein films applied on fresh cut turkey pieces. *International journal of biological macromolecules*. 2019;130:810-817.
21. Sani, MA, Ehsani A, Hashemi M. Whey protein isolate/cellulose nanofibre/TiO₂ nanoparticle/rosemary essential oil nanocomposite film: Its effect on microbial and sensory quality of lamb meat and growth of common foodborne pathogenic bacteria during refrigeration. *International journal of food microbiology*. 2017;251:8-14.
22. Soares RA, Borges SV, Dias MV, Piccoli RH, Fassani EJ, Silva EMC. Impact of whey protein isolate/sodium montmorillonite/sodium metabisulfite coating on the shelf life of fresh eggs during storage. *LWT*. 2021;139:110611.

23. Xu J, Sagnelli D, Faisal M, Perzon A, Taresco V, Mais M, et al. Amylose/cellulose nanofiber composites for all-natural, fully biodegradable and flexible bioplastics. *Carbohydrate Polymers*. 2021;253:117277.
24. Mihindikulasuriya SDF, Lim L-T. Nanotechnology development in food packaging: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2014;40/2:149-167.
25. Varasteh F, Arzani K, Barzegar M, Zamani Z. Pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit storability improvement using pre-storage chitosan coating technique. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2017;19:389-400.
26. Chiabrando V, Giacalone G. Effect of chitosan and sodium alginate edible coatings on the postharvest quality of fresh-cut nectarines during storage. *Fruits*. 2016;71/2:79-85.
27. Chien, P-J, Sheu F, Yang F-H. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of food engineering*. 2007;78/1:225-229.
28. Zhang D, Quantick PC. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 1998;73/6:763-767.
29. Tsai, M-J, Weng Y-M. Novel edible composite films fabricated with whey protein isolate and zein: Preparation and physicochemical property evaluation. *LWT*. 2019;101:567-574.
30. Salehi F. Edible coating of fruits and vegetables using natural gums: A review. *International Journal of Fruit Science*. 2020;20/2:S570-S589.

Capítulo 20**Doi.org/10.53934/9786585062060-20****HIDROMEL COM FRUTAS E ESPECIARIAS:****Possibilidades de elaboração e desafios do mercado****Rodrigo Ribeiro Arnt Sant’Ana ; Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley ; Renata Dias de Mello Castanho Amboni ; Carlise Beddin Fritzen-Freire ****Autor correspondente (Corresponding author) – Email: rodrigoarnt@hotmail.com*

Resumo: O hidromel é uma bebida fermentada à base de mel, sendo considerada uma das primeiras bebidas alcoólicas da humanidade. Também conhecido como ‘vinho de mel’, é uma bebida versátil e sofisticada, onde a qualidade da matéria prima tem grande importância para obtenção de uma bebida com ótimos atributos sensoriais, similar ao que ocorre com o tipo de uva utilizado para produção de vinhos finos. O mercado hidromeleiro tem um crescimento mundial considerável, ainda que no Brasil seu consumo seja restrito a certos públicos. Uma das formas de inovar e tornar a bebida mais atrativa aos consumidores é através da adição de frutas e/ou especiarias, como já praticado em alguns países, de forma a obter um fermentado alcoólico com alto valor sensorial. O Brasil possui uma ampla diversidade de frutas nativas com características sensoriais únicas, porém ainda subutilizadas. Assim, a associação de mel com frutas em bebidas apresenta um alto potencial de apreciação pelo público. No entanto, a legislação brasileira relacionada a produção de bebidas alcoólicas com mel e frutas apresenta algumas restrições, alocando estes produtos na categoria ‘Bebida alcoólica mista’, que abrange uma diversidade de produtos altamente industrializados e muitas vezes com ingredientes de qualidade inferior. Portanto, é importante o desenvolvimento de pesquisas que utilizem frutas nativas do Brasil em formulações de hidromel, de forma a estimular o potencial do país em elaborar produtos inovadores que valorizem a biodiversidade regional e fomentem a cadeia produtiva de mel, estimulando a conservação de espécies e a prática de apicultura no país.

Palavras-chave: Bebida alcoólica fermentada; fermentação mel; melomel

INTRODUÇÃO

A fermentação é um processo biotecnológico milenar utilizado para modificar alimentos, permitindo um maior tempo de conservação, melhoria da qualidade nutricional e alteração de sabores, aromas e texturas (1). Originalmente os microrganismos envolvidos nos processos fermentativos eram primordialmente autóctones. Além destes microrganismos encontrados naturalmente nas matérias-primas, também estão presentes no ambiente, nos utensílios, no manipulador e em tudo que entra em contato com o alimento (2). Existe uma infinidade de produtos fermentados que são consumidos cotidianamente, como: pão, iogurte, queijo, vinho, cerveja, vinagre, entre outros.

A fermentação tradicional pode ser dividida em 3 grupos principais, de acordo com o tipo de substrato e microrganismos utilizados, além dos produtos formados, sendo elas: Alcoólica, Acética e Lática. O hidromel é uma bebida obtida a partir da fermentação alcoólica. Os substratos neste processo são os açúcares presentes no mel, principalmente monossacarídeos, como a glicose e a frutose. Na glicólise do açúcar, a molécula de glicose é inicialmente convertida em dois piruvatos, e estes transformados em etanol e dióxido de carbono (3).

O processo de fermentação alcoólica normalmente é realizado por leveduras do gênero *Saccharomyces* spp., sendo as espécies mais utilizadas comercialmente *S. cerevisiae* e *S. bayanus*, mas também podem ser produzidas bebidas fermentadas com leveduras selvagens e de outros grupos. Dentro destas duas espécies principais, existem variedades ou cepas especializadas em cada tipo de bebida alcoólica fermentada, como cervejas, vinho tinto, vinho branco, espumante, sidra, saquê e hidromel. A cepa de levedura utilizada na elaboração da bebida impacta não apenas o processo fermentativo, mas também o sabor do produto final, visto que são responsáveis pela produção de diversos metabólitos perceptíveis a nível sensorial, como compostos voláteis, afetando o sabor e aroma do fermentado (4).

O mel é um alimento comumente utilizado devido aos seus benefícios à saúde, como atividade antimicrobiana e fonte natural de vitaminas, minerais, antioxidantes, flavonoides e ácidos fenólicos, diretamente relacionados a atividades bioativas no organismo (5). A produção e consumo de mel tem importância econômica mundial, porém, mais importante que isso, tem um alto impacto sustentável no planeta. Por se tratar do principal produto oriundo da apicultura, sua produção pelas abelhas *Apis mellifera* L. fornece um o serviço ecológico de valor inestimável ao meio ambiente e ao ser humano. Estes insetos foram considerados os polinizadores mais importantes do mundo, responsáveis pela preservação de inúmeras espécies vegetais, manutenção da biodiversidade e produção de alimentos através da polinização (6, 7, 8). O mel também pode ser utilizado para fabricação de hidromel, uma bebida alcoólica fermentada, produzida tradicionalmente diluindo água com mel e adicionando leveduras. Atualmente, diversos países adicionam insumos naturais, como frutas e especiarias na bebida, com intuito de obter novos sabores que agradem o público consumidor.

O objetivo deste trabalho foi verificar algumas das inúmeras possibilidades de variações do hidromel e levantar os desafios para regularização destes produtos.

O HIDROMEL

O hidromel é uma bebida alcoólica fermentada à base de mel, tendo indícios de ser a primeira bebida alcoólica conhecida pelo ser humano, datando aproximadamente 9.000 anos atrás (9, 10). Também conhecido popularmente por vinho de mel, a bebida surgiu em diversas partes do mundo de forma independente, inclusive no Brasil, onde índios produziam a bebida Tucanaíra, utilizando mel e pólen de abelhas nativas. Assim como outros produtos fermentados, o hidromel se tornou um marco para alguns povos antigos, como por exemplo, os Vikings (11).

Cada região produtora possui matérias-primas próprias, assim como influências do clima, “modo de fazer”, microrganismos presentes no ambiente e nos insumos utilizados (12). Tais fatores têm grande importância em vinhos, onde determinadas regiões detêm uma alta valorização dessa bebida, podendo inclusive obter indicação geográfica de produção. Ao se elaborar um mosto de hidromel sem que haja aquecimento demasiado - apenas calor suficiente para solubilização do mel em água - os microrganismos autóctones presentes no mel são preservados, fornecendo uma “assinatura microbiológica” própria da bebida, que irá interagir com as leveduras *Saccharomyces sp.* (1). Dessa forma, características do hidromel são influenciadas pelo tipo de mel, pela qualidade da água utilizada, pela espécie/cepa de leveduras, condições de fermentação e armazenamento (13). Em especial, a qualidade e o tipo de mel utilizados na fabricação de um hidromel tem grande importância em suas características sensoriais e em sua composição físico-química. Apesar dos méis florais serem os mais empregados para a fabricação, outros tipos de méis têm despertado o interesse de produtores e pesquisadores por conta das variações em sua composição química (13, 14, 15, 16).

Existem diversos tipos de méis produzidos e comercializados no mercado. O estudo de prospecção tecnológica de hidromel, realizado por Simão e colaboradores (2022) (17), verificaram que para a fabricação da bebida, os méis mencionados nos documentos do Espacenet® e do INPI foram: mel de uva selvagem, o mel de trigo sarraceno, o mel de *Schisandra chinensis*, mel perfumado, mel aromático selvagem, mel de eucalipto, mel de trevo, mel de toon, mel de girassol, mel de melipona e o mel industrial. Ainda existem muitos méis sem registro de patente para fabricação de hidromel no Brasil, entre eles: mel de melato de bracinga, mel de uva-japão, mel de laranjeira, entre outros. Portanto, há uma lacuna para variações de hidromel de diferentes méis no mercado.

A elaboração de hidromel envolve diversas etapas. O primeiro procedimento é a sanitização de todos os equipamentos e utensílios a serem utilizados. Em seguida é feita a preparação do mosto, onde o mel é diluído em água na proporção desejada, geralmente variando de 1:0,5 até 1:3 (mel:água). O pH deve ser ajustado se necessário, deixando o meio levemente ácido para um melhor desenvolvimento das leveduras (4). A fermentação se mantém eficiente na amplitude de pH de 3,0 - 5,0 e temperatura de 18 - 30 °C, a depender da cepa de levedura utilizada. Estas condições de pH e temperatura permitem o bom desenvolvimento das leveduras e dificultam a contaminação do produto por outros microrganismos, como bactérias (18). Após o processo fermentativo, o hidromel pode ser clarificado naturalmente com o tempo ou com o uso de agentes clarificantes. A bebida também pode ser maturada por alguns meses, preferencialmente em temperaturas abaixo de 12°C, com intuito de formar sabores e aromas mais complexos (18).

Para reduzir a carga microbiana do mosto, pode ser feita a pasteurização ou a adição de metabissulfito de sódio ou potássio, que liberam dióxido de enxofre no meio, inibindo e eliminando a maior parte dos microrganismos, exceto leveduras (19). O uso de

metabissulfito é indicado, pois aumenta a segurança microbiológica do produto, sem prejudicar as leveduras. Já o aquecimento do mosto deve ser realizado com cautela, em temperatura e tempo controlados para evitar a formação de hidroximetilfurfural (4).

O tempo de fermentação do hidromel depende da variedade de mel utilizada, da proporção de mel:água, da cepa de levedura, quantidade de inóculo, adição de sais nutrientes e condições físico-químicas do meio (temperatura e pH). Em geral, a fermentação do hidromel leva de 2 a 4 semanas (4, 13, 20, 21, 22). O processo fermentativo do hidromel é considerado lento quando comparado a outros produtos, pelo fato do mel ser pobre em proteínas e aminoácidos, levando a deficiência de nitrogênio no mosto. A adição de nutrientes ricos em nitrogênio costuma contornar esse problema, permitindo o desenvolvimento adequado das leveduras (9).

PARÂMETROS LEGAIS NO BRASIL

A legislação brasileira, de acordo com o Decreto n. 6871 de 4 de julho de 2009, considera hidromel “... a bebida com graduação alcoólica de 4 a 14 % em volume, 20°C, obtida pela fermentação alcoólica de solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável” (23). Recomenda-se que as análises físico-químicas do produto sejam realizadas de acordo com as metodologias descritas pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005) (24), devendo estar enquadrado nos quesitos descritos na Instrução Normativa n. 34 de 29 novembro de 2012 (25), que estabelece os parâmetros físico-químicos para a produção de hidromel. Este documento classifica o hidromel como seco ou suave, a depender da quantidade de açúcar residual na bebida, onde o hidromel seco deve ter até 3 g/L de açúcar e o suave mais que 3 g/L de açúcar. Esta instrução normativa também veta a utilização de açúcar ou qualquer ingrediente que altere as características sensoriais naturais do produto final, como frutas, ervas ou especiarias. No entanto, o uso de determinados antioxidantes, acidulantes, conservantes e coadjuvantes é permitido (25).

Além do hidromel tradicional, em outros locais do mundo é comum produzir variações da bebida através da adição de frutas, ervas aromáticas e/ou especiarias, a fim de agregar mais sabores ao produto. Em alguns países da Europa, por exemplo, o hidromel é uma bebida alcoólica tradicional, contendo 8–18% (v/v) de etanol, preparado pela fermentação de mel, com possível adição de frutas, ervas ou especiarias (9, 13, 26).

Dessa forma, nota-se que a legislação brasileira é mais restritiva quanto à adição de outros insumos naturais à bebida. Na legislação existe a classe de produto “Fermentados de Fruta”, porém nestes produtos não é permitida a adição de mel, apenas açúcar. Portanto, ao se elaborar um produto com esta composição (mel + fruta), este só poderá ser enquadrado na categoria “Bebida Alcoólica Mista”.

UM MUNDO DE POSSIBILIDADES

O Brasil é um país diverso, apresentando a maior biodiversidade do planeta (27). Existe uma infinidade de frutas nativas brasileiras com características sensoriais atrativas, porém ainda subutilizadas. O bioma Mata Atlântica, por exemplo, possui uma fauna e flora rica, sendo considerado um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade (28). Diversas espécies frutíferas nativas deste e outros biomas brasileiros apresentam potencial interesse econômico, sendo passíveis de cultivo ou pela utilização via extrativismo sustentável, podendo gerar novas alternativas de renda aos pequenos agricultores (29, 30). No entanto, apesar dessa grande diversidade, as frutas nativas ainda

são pouco estudadas e comercializadas. Portanto, é fundamental desenvolver pesquisas que busquem a valorização desse patrimônio genético, apresentando essas matérias-primas ao mercado consumidor de forma criativa e incentivando a sócio-agrobiodiversidade (22, 31).

Estudos apontam que os consumidores estão cada vez mais interessados em produtos regionais (32, 33). Portanto, avaliar o perfil dos consumidores de bebidas alcoólicas fermentadas é um recurso relevante para o futuro desenvolvimento de produtos com insumos inovadores de cada região. Godoy et al. (2018) (34) realizaram um estudo com consumidores de pinhão a partir de um formulário estruturado, de preenchimento on-line e completamente voluntário. Este tipo de questionário pode ser direcionado para a obtenção de dados sociodemográficos, além de hábitos, percepção e frequência de consumo de bebidas alcoólicas fermentadas saborizadas com frutas e/ou especiarias, a fim de auxiliar no desenvolvimento de novos produtos que sejam aceitáveis pelos consumidores.

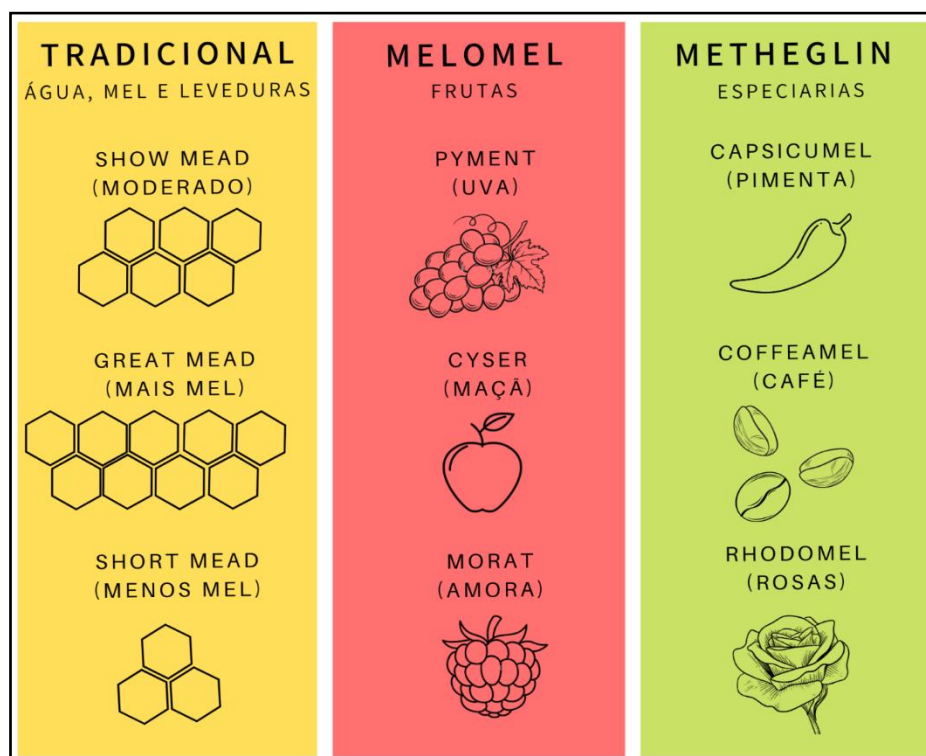


Figura 1 –Variações de hidromel com adição de insumos naturais e diferentes concentrações de mel.

A Figura 1 ilustra algumas possíveis variações de hidromel que possuem uma denominação própria. Os hidroméis adicionados de frutas são chamados ‘Melomel’, enquanto os que são produzidos com adição de especiarias ou ervas são denominados ‘Metheglin’. Dentro de cada uma destas categorias existem nomes específicos a depender da fruta ou especiaria utilizada, ou até mesmo a quantidade de mel.

Nesse sentido, a associação de mel com frutas para a elaboração de bebidas apresenta um alto potencial de apreciação pelos consumidores, além da valorização de nossa biodiversidade. Diversas frutas nativas brasileiras apresentam um sabor único e extraordinário, porém muitas delas têm um baixo teor de açúcar, o que dificulta a elaboração de uma bebida alcoólica fermentada, visto que os açúcares são as moléculas

convertidas em etanol pelas leveduras. Portanto, a associação destas frutas com mel, possibilitaria uma infinidade de novas possíveis “formulações brasileiras”, com potencial de serem apreciadas como um “vinho nativo”. Conforme apresentado na Tabela 1, diversos autores já avaliaram o efeito da adição de diferentes frutas ou especiarias em hidroméis.

Entre mais de 20 trabalhos apresentados (Tabela 1), apenas 5 destes fizeram a adição de insumos naturais associada a uma análise sensorial, sendo eles Balogu et al. (2017) (35); Kawa-Rygielska et al. (2019) (13); Chitarrini et al. (2020) (4); Suceveanu et al. (2021) (36); Schwarz et al. (2022) (21). Destes cinco, nenhum utilizou frutas nativas brasileiras. Somente dois dos trabalhos apresentados na Tabela 1 utilizaram frutas nativas do Brasil, porém não realizaram análise sensorial do produto final, sendo eles Wanderley et al. (2022) (22), que adicionou feijoa e uvaia no hidromel, e Mascarenhas et al. (2017) (37) que acrescentaram abacaxi na bebida. Portanto, há uma lacuna em relação ao uso de frutas nativas brasileiras em hidroméis.

Tabela 1 – Hidroméis com diferentes tipos de méis, com ou sem adição de insumos naturais e realização de análise sensorial.

Hidromel	Tipo de Mel	Frutas, Ervas ou Especiarias	Análise Sensorial	Ref.
Melomel	Mel Multifloral	Suco de uva	Sim	21
Tradicional	Mel Multifloral	Não	Sim	38
Metheglin	Mel de Melato	Cannabis	Não	16
Tradicional Metheglin	Mel Silvestre, Acácia, Tília, Framboesa.	Flor de sabugueiro	Sim	36
Melomel	Mel de Colza	Cereja	Não	40
Melomel	Mel Silvestre	Amora-preta, Feijoa e Uvaia	Não	22
Hidromel	Mel de abelha sem ferrão (<i>T. leaviceps</i>)	Não utiliza	Não	20
Metheglin	Mel Silvestre	Erva-mate	Não	41
Melomel	Mel Multifloral, Melato	Groselha preta	Sim	4
Melomel	Mel Floral	Graviola	Não	15
Metheglin	Mel Multifloral	Xarope de arônia, dente de leão e semente de uva	Sim	13
Melomel	Mel Silvestre	Acerola	Não	14
Melomel	Mel de Colza	Cereja cornélica	Não	39
Tradicional	Mel Multifloral, Trevo doce, Amora silvestre, <i>Lingonberry</i> , Trigo sarraceno, Salgueiro	Não utiliza	Sim	42
Tradicional	Mel de abelha sem ferrão	Não utiliza	Não	43

(*M. scutellaris*)

Melomel	Não informado	Abacaxi	Não	37
Melomel	Não informado	Leite de coco	Sim	35
Melomel	Não informado	Tamarindo	Não	29
Melomel	Não informado	Cajá	Não	44
Melomel	Não informado	Cereja, framboesa, groselha, castanhas	Não	45
Tradicional	Mel de Erica spp.	Não utiliza	Sim	46

CONCLUSÕES

O hidromel é uma bebida alcoólica extremamente versátil, podendo ser combinada com diferentes frutas e especiarias a fim de obter sabores únicos e diferenciados. No entanto, a atual legislação brasileira que determina os ingredientes do hidromel, não permite a adição de outros insumos naturais à bebida. Portanto, ao se elaborar um produto com essa composição, este só poderá ser enquadrado na categoria “Bebida Alcoólica Mista”, o que pode desvalorizar o produto, já que esta categoria engloba uma infinidade de bebidas, algumas destas com excesso de açúcar, aromatizantes e conservantes. Dessa forma, incentivamos a atualização desta regulamentação, a fim de permitir o desenvolvimento e disseminação de novas variedades de hidromel - produtos inovadores que valorizam a biodiversidade do país, fomentando a apicultura e estimulando a conservação de espécies nativas.

REFERÊNCIAS

1. Bokulich NA, Lewis ZT, Boundy-Mills K, Mills DA. A new perspective on microbial landscapes within food production. *Cur opi in biotech.* 2016;37:182-9.
2. Galimberti A, Bruno A, Agostinetto G, Casiraghi M, Guzzetti L, Labra M. Fermented food products in the era of globalization: Tradition meets biotechnology innovations. *Cur Opi in Biotech.* 2021;70:36-41.
3. Dashko S, Zhou N, Compagno C, Piškur J. Why, when, and how did yeast evolve alcoholic fermentation?. *FEMS yeast research.* 2014;14(6):826-32.
4. Chitarrini G, Debiasi L, Stuffer M, Ueberegger E, Zehetner E, Jaeger H, et al. Volatile profile of mead fermenting blossom honey and honeydew honey with or without *Ribes nigrum*. *Molecules.* 2020;25(8):1818.
5. Alvarez-Suarez JM, Giampieri F, Battino M. Honey as a source of dietary antioxidants: structures, bioavailability and evidence of protective effects against human chronic diseases. *Cur med chem.* 2013;20(5):621-38.

6. Barbosa DB, Crupinski EF, Silveira RN, Limberger DC. As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. *Revi Elet Cient da UERGS*. 2017;3(4):694-703.
7. Imperatriz-Fonseca VL, Nunes-Silva P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. *Biota Neotropica*. 2010;10:59-62.
8. Sabbag OJ, Nicodemo D. Viabilidade econômica para produção de mel em propriedade familiar. *Pesq Agrop Tropical*. 2011;41:94-101.
9. Iglesias A, Pascoal A, Choupina AB, Carvalho CA, Feás X, Estevinho LM. Developments in the fermentation process and quality improvement strategies for mead production. *Molecules*. 2014;19(8):12577-90.
10. Vidrih R, Hribar J. Mead: the oldest alcoholic beverage. *Traditional Foods: Gen and Cons Aspects*. 2016:325-38.
11. Schwarz LV, Marcon AR, Delamare AP, Agostini F, Moura S, Echeverrigaray S. Selection of low nitrogen demand yeast strains and their impact on the physicochemical and volatile composition of mead. *J of Food Sci and Tech*. 2020;57:2840-51.
12. Bokulich N, Mills DA. Next-generation approaches to the microbial ecology of food fermentations. *BMB reports*. 2012;45(7):377-89.
13. Kawa-Rygielska J, Adamenko K, Kucharska AZ, Szatkowska K. Fruit and herbal meads—Chemical composition and antioxidant properties. *Food Chem*. 2019;283:19-27.
14. Amorim TS, Lopes SB, Bispo JA, Bonafe CF, de Carvalho GB, Martinez EA. Influence of acerola pulp concentration on mead production by *Saccharomyces cerevisiae* AWRI 796. *LWT*. 2018;97:561-9.
15. Araújo GS, Gutiérrez MP, Sampaio KF, Souza SM, Rodrigues RD, Martínez EA. Mead production by *Saccharomyces cerevisiae* Saffbrew T-58 and *Saccharomyces bayanus* (Premier Blanc and Premier Cuvée): Effect of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) extract concentration. *Applied bioch and biotech*. 2020;191:212-25.
16. Romano R, Aiello A, Luca L, Sica R, Caprio E, Pizzolongo F, et al. Characterization of a new type of mead fermented with *Cannabis sativa* L.(hemp). *J of food sci*. 2021;86(3):874-80.
17. Simão L, Wanderley BRSM, Nunes IL, Fritzen-Freire CB. Prospecção Tecnológica de Patentes sobre Hidromel: panorama atual e perspectivas futuras. *Cad de Prosp*. 2022;15(3):912-28.
18. Gupta, JK.; Sharma, R. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review. *Nat Prod Rad*. 2009; 8(4):345-355. .

19. Roldán A, Van Muiswinkel GC, Lasanta C, Palacios V, Caro I. Influence of pollen addition on mead elaboration: Physicochemical and sensory characteristics. *Food Chem.* 2011;126(2):574-82.
20. Chaijak P, Sinkan P, Sotha S. Honey mead fermentation from Thai stingless bee (*Tetragonula leaviceps*) honey using ethanol tolerant yeast. *Kvasny Prumysl.* 2021;67(5):503-10.
21. Schwarz LV, Marcon AR, Delamare AP, Agostini F, Moura S, Echeverrigaray S. Aromatic and sensorial characterization of “Moscato pyments”: an innovative beverage. *J of Food Sci and Tech.* 2022;59(9):3530-9.
22. Wanderley BRSM, Haas ICS, Biluca FC, Brugnerotto P, Aquino ACS, Costa ACO, et al. How native and exotic Brazilian fruits affect the profile of organic acids and the yeast performance during the mead fermentation process?. *JSFA Reports.* 2022;2(4):161-7.
23. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto no 6.871, de 04 de junho de 2009. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 jun. 2009.*
24. AOAC International. Association of Official Analytical Chemists. 2005.
25. Brasil. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 34, de 9 de novembro de 2012. Complementa os padrões de identidade e qualidade para as bebidas fermentadas. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 nov. 2012.*
26. Pereira AP, Dias T, Andrade J, Ramalhosa E, Estevinho LM. Mead production: Selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Food and Chem Toxicology.* 2009;47(8):2057-63.
27. Calixto JB. Biodiversidade como fonte de medicamentos. *Ciência e cultura.* 2003;55(3):37-9.
28. Tabarelli M, Pinto LP, Silva JM, Hirota MM, Bedê LC. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade.* 2005;1(1):132-8.
29. Anunciação AS. Tamarind pulp in the mead production. *Rev Bras de Agrot,* 2017;7(2):441–445.
30. MMA. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília. 2000.
31. Siminski A, Dos Santos KL, Fantini AC, Dos Reis MS. Recursos florestais nativos e a agricultura familiar em Santa Catarina-Brasil. *Bonplandia.* 2011:371-89.
32. Tuorila H, Cardello AV. Consumer responses to an off-flavor in juice in the

- presence of specific health claims. *Food Qual and Pref.* 2002;13(7-8):561-9.
33. Cruz AG, Cadena RS, Walter EH, Mortazavian AM, Granato D, Faria JA, et al. Sensory analysis: relevance for prebiotic, probiotic, and synbiotic product development. *Comp rev in food sci and food saf.* 2010;9(4):358-73.
 34. Godoy RCB, Deliza R, Negre MDF de O, Santos GG. Consumidor de pinhão: hábitos, atributos de importância e percepção. *Pesq Flor Brasileira.* 2018;38.
 35. Balogu T, Towobola O. Production and Quality Analysis of Wine from Honey and Coconut Milk Blend Using *Saccharomyces cerevisiae*. *Fermentation.* 2017;3(2):16.
 36. Suceveanu EM, Alexa IC. Sensory and physicochemical evaluation of some varieties of Romanian artisanal mead. *Sci Study & Research. Chem & Chemical Eng, Biot, Food Ind,* v. 22, n. 2, p. 235-243, 2021.
 37. Oliveira Mascarenhas AM de, Souza Amorim T, Soares Anunciação A, Luscher Albinati F, Acosta Martinez E. Produção de Hidromel: Efeito da Concentração da Polpa de Abacaxi (*Ananas mill*). *RebagroEBAGRO.* 2017;7(2):436-40.
 38. Starowicz M, Granvogl M. Effect of Wort Boiling on Volatiles Formation and Sensory Properties of Mead. *Molecules.* 2022;27(3):710.
 39. Adamenko K, Kawa-Rygielska J, Kucharska A, Piórecki N. Characteristics of Biologically Active Compounds in Cornelian Cherry Meads. *Molecules.* 2018;23(8):2024.
 40. Adamenko K, Kawa-Rygielska J, Kucharska AZ, Głowacki A, Piórecki N. Changes in the Antioxidative Activity and the Content of Phenolics and Iridoids during Fermentation and Aging of Natural Fruit Meads. *Biomol.* 2021;11(8):1113.
 41. Cavanholi MG, Wanderley BR da SM, Santetti GS, Amboni RDMC, Fritzen-Freire CB. Influência da adição de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) em pó nas características físico-químicas e no potencial bioativo de hidroméis. *Research, Society and Develop.* 2021;10-9.
 42. Kortensniemi M, Rosenvald S, Laaksonen O, Vanag A, Ollikka T, Vene K, et al. Sensory and chemical profiles of Finnish honeys of different botanical origins and consumer preferences. *Food Chemistry.* 2018;246:351-9.
 43. Cavalcante da Silva SMP, Carvalho CAL, Sodr e GS, Estevinho LM. Production and characterization of mead from the honey of *Melipona scutellaris* stingless bees. *J of the Inst of Brewing.* 2018;124(2):194-200.
 44. Bastos JS. EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE POLPA DE CAJÁ NA PRODUÇÃO DE HIDROMEL POR VIA FERMENTATIVA. *Anais dos Seminários de Iniciação Científica.* 2017;(21).

45. Švecová B, Bordovská M, Kalvachová D, Hájek T. Analysis of Czech meads: Sugar content, organic acids content and selected phenolic compounds content. *J of Food Comp and Analysis*. 2015;38:80–8.
46. Gomes T, Dias T, Cadavez V, Verdial J, Morais J, Ramalhosa E, et al. Influence of Sweetness and Ethanol Content on Mead Acceptability. *Polish J of Food and Nutri Sciences*. 2015;65(2):137-42.

Capítulo 21**Doi.org/10.53934/9786585062060-21****ASTAXANTINA: EXTRAÇÃO, BIODISPONIBILIDADE,
POTENCIAL BIOATIVO E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS****Tatiane Teixeira Tavares *; Ana Flávia Coelho Pacheco ; Paulo Henrique
Costa Paiva ****Autor correspondente (Corresponding author) – tatetavares@yahoo.com.br**Dra. Tatiane Teixeira Tavares, Bolsista de pesquisa nível I do Instituto de Laticínios Cândido Tostes – EPAMIG-MG.**Prof. Dra. Ana Flávia Coelho Pacheco, Professora/pesquisadora do Instituto de Laticínios Cândido Tostes – EPAMIG-MG e Membro do Laboratório de Inovação no Processamento de Alimentos – LIPA/DTA/UFV.**Prof. Dr. Paulo Henrique Costa Paiva, Professor/pesquisador do Instituto de Laticínios Cândido Tostes – EPAMIG-MG.*

Resumo: Os carotenoides apresentam uma vasta gama de benefícios à saúde humana, com elevado potencial de atividade biológica e farmacológica. A astaxantina é um carotenoide que tornou-se foco de investigação industrial devido a seu alto poder antioxidante e sua forte pigmentação. Sua obtenção ocorre através de fontes naturais como fungos, bactérias, algas, crustáceos e determinados peixes, enquanto que sua fórmula sintética compreende três isômeros ópticos (3S, 3'S) (3R, 3'S) e (3R, 3'R), em uma mistura racêmica. Diversos trabalhos reportaram seu elevado potencial frente a inúmeras doenças como cardiovasculares, inflamatórias, neurológicas, cancerígenas, diabéticas, hepáticas, e um potencial anti-inflamatório bastante elevado. Apesar de seus inúmeros benefícios, a aplicação da astaxantina na tecnologia de alimentos e nutracêuticos é bastante limitada devido sua baixa solubilidade aquosa e instabilidade em determinadas condições de processamento, como pHs extremos, temperatura elevada, presença de luz e oxigênio. O que motivou a escrita dessa revisão, que está centrada na importância do consumo de astaxantina como um ingrediente natural, por possuir inúmeras vantagens para a saúde humana.

Palavras-chave: atividade biológica; biomédico; carotenoides; ingrediente funcional

INTRODUÇÃO

Os carotenoides são pigmentos naturais tetraterpênicos (C₄₀) orgânicos nutricionalmente benéficos à saúde, os quais exercem papel crucial nas recomendações alimentares e farmacêuticas (1). Na literatura são reportados cerca de 800 carotenoides, que estão presentes em todos os organismos fotossintetizantes, obtidos principalmente pela extração vegetal ou animal, fermentação microbiana e síntese química (2). A Tabela 1 compila os principais carotenoides com algumas fontes produtoras e respectiva

coloração (3). No que se refere à saúde humana, estão entre os fitoquímicos bioativos creditados na redução do risco de doenças degenerativas, como as cardiovasculares, câncer, catarata e degeneração macular, além de fortalecerem o sistema imunológico (4). A estrutura química dos carotenoides é amplamente heterogênea, o que os conferem várias funções benéficas aos organismos, que são extremamente dependentes de suas propriedades físico-químicas individuais (5). Ademais, possuem ação antioxidante devido à capacidade de sequestrar o oxigênio e reagir com radicais livres, absorvem luz e possuem a capacidade de filtrar a luz azul para garantir a saúde ocular (6).

Tabela 1 – Principais carotenoides com coloração e fontes produtoras

Carotenoide	Coloração	Fontes produtora
Luteína	Amarela	<i>Chlorella sorokiniana</i> (microalga) <i>Cucurbita moschata</i> (abóbora goianinha)
Zeaxantina	Amarela a Laranja	<i>Dunaliella salina</i> (microalga) Milho-verde
β-caroteno	Laranja	<i>Rhodotorula rubra</i> (levedura) <i>Malpighia glabra</i> (acerola) <i>Daucus carota</i> (cenoura)
Bixina	Laranja	<i>Bixa orellana</i> (urucum)
Norbixina	Laranja	<i>Bixa orellana</i> (urucum)
Cantaxantina	Laranja a Vermelha	<i>Haematococcus pluvialis</i> (microalga) <i>Rhodococcus maris</i> (bactéria)
Astaxantina	Vermelha	<i>Xanthophyllomyces dendrorhous</i> (levedura) <i>Chlorella zofingiensis</i> (microalga)

Fonte: Mesquita et. al. (2017)

A pandemia de COVID-19 teve um impacto significativo no mercado, uma vez que a crise realçou o significado de hábitos alimentares seguros, saudáveis e nutritivos entre os consumidores de todo o mundo. Um número crescente de indivíduos preocupados com a saúde está cada mais inclinado para o consumo de corantes naturais com efeitos menos adversos, em comparação com outros produtos químicos, o que é um importante estímulo para impulsionar os avanços nos estudos dos pesquisadores nessa área (7 e 8). O mercado global de carotenoides atingiu 2 milhões de dólares em 2020, que foram principalmente consumidos em alimentação animal, alimentos saudáveis, medicamentos e cosméticos. Atualmente, cerca de 80-90% dos carotenoides presentes no mercado são sintetizados por métodos químicos. Todavia não podem ser ingeridos diretamente pelo ser humano, devido sua limitada aplicação (9). Dentre os diversos carotenoides, a astaxantina merece destaque nesse mercado, pois estima-se que será responsável por uma taxa de retorno de investimento de aproximadamente 7,8% durante o período de 2022 a 2027 (10).

A astaxantina (3,3'-dihidroxi-β, β-caroteno-4,4'-diona), é um carotenoide natural pertencente à classe das xantofilas por possuir uma hidroxila em cada um dos anéis ciclohexanos terminais de sua estrutura, a qual possui coloração laranja/avermelhado e fórmula molecular C₄₀H₅₂O₄ (11). As fontes naturais de astaxantina advém de fungos, bactérias, algas, crustáceos e determinados peixes, enquanto que sua fórmula sintética compreende três isômeros ópticos (3S, 3'S) (3R, 3'S) e (3R, 3'R), na proporção 1:2:1, em uma mistura racêmica. Todavia, o isômero 3S, 3'S mostra um maior potencial como

agente antioxidante, antienvelhecimento e maior reatividade que os demais (12). A Figura 1 exibe os três diferentes isômeros ópticos da molécula de astaxantina.

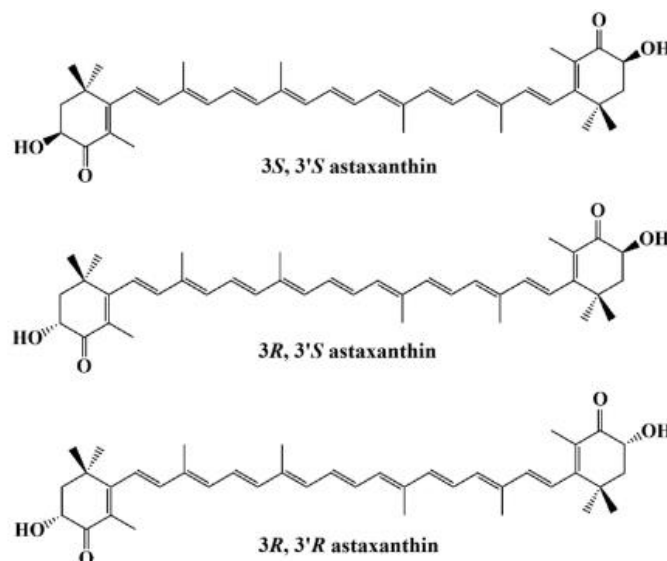


Figura 1- Estrutura química da astaxantina. Fonte: Zheng et. al. (2022) (13)

A presente revisão tem como objetivo apresentar a molécula de astaxantina, sua biodisponibilidade, métodos de extração, propriedades bioativas e promissora aplicabilidade nas indústrias de alimentos e fármacos.

METODOLOGIA

Para o presente artigo, foram realizadas buscas sistematizadas nas bases de dados *Science Direct*, Pubmed e Google Acadêmico, no mês de fevereiro de 2023, por meio de descritores relacionados a carotenoides e astaxantina. Foram pré-selecionadas, inicialmente, 42 publicações, que foram avaliadas e finalmente escolhidas para discussão e síntese das informações.

BIOSSÍNTESE

A astaxantina exibe potenciais benefícios à saúde, o que gera grande interesse nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, cosméticas e de alimentos para determinados animais como salmão e camarão. Fazendo com que novas rotas sejam exploradas para sua produção, como a extração direta de resíduos de crustáceos, cultivo de microalgas como a *Haematococcus pluvialis*, bactérias, como a *Paracoccus sp.*, leveduras como *Xanthophyllomyces* e síntese química. Todavia, sua extração direta e cultivo de produtos naturais é bastante limitada, devido a baixos rendimentos e elevados custos (14).

Atualmente, mais de 95% da astaxantina presente no mercado é produzida de forma sintética, por uma dupla reação Witting de 3-metil-5-(2,6,6-trimetil-3-oxo-4-hidroxi-1-ciclohexanil-2-4-pentadienil)trifenilfosfônio sal de (astaC15-trifenilfosfônio) e

2,7-dimetil-2,4,6-octatrienedial (C10-dial) (15). Entretanto, foi reportado por Koller (2014) que a astaxantina sintética possui capacidade antioxidante inferior à sua contrapartida natural, possivelmente devido a astaxantina sintética apresentar-se sob a forma de uma mistura racêmica, possuindo três isômeros ópticos, com diferentes potenciais de atividade (16). O que gera preocupações dos cientistas no consumo humano direto, devido a possibilidade de transporte de produtos intermediários e subprodutos de síntese (17).

EXTRAÇÃO

A extração e purificação da astaxantina é um fator crítico que influencia diretamente na comercialização da mesma, devido ao alto valor agregado, podendo assumir de 20 a 90% dos custos totais de fabricação. Características como sensibilidade à luz e termo sensibilidade tendem a dificultar a extração, conseqüentemente aumentar o valor total da produção. Para extração da astaxantina, é utilizado um fluxo de trabalho com alguns passos, onde destacam-se primeiramente a colheita de células de biorreatores por centrifugação, sedimentação ou filtração, seguida da ruptura de células, secagem das células e por fim, extração de solventes e gás carbônico supercrítico, como reportado na Figura 2 (14 e 18).

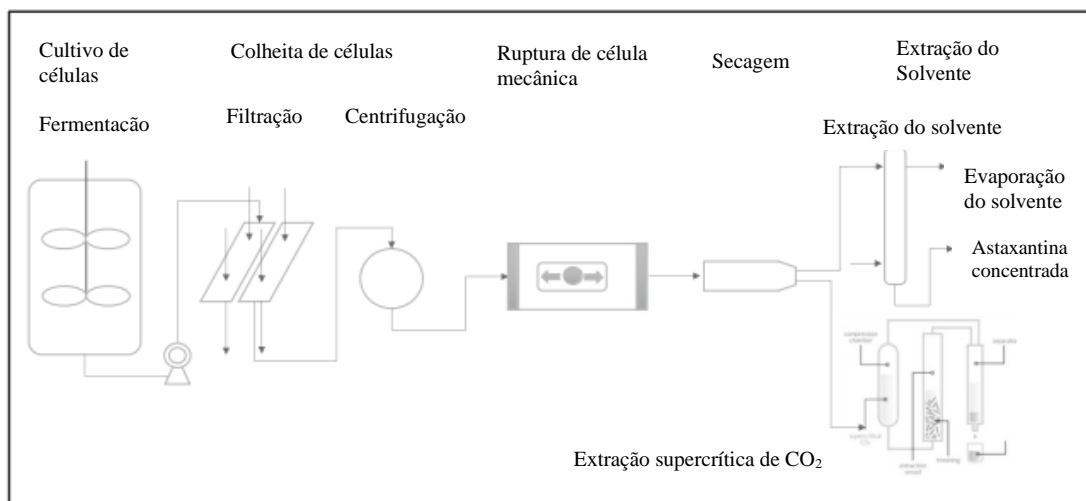


Figura 2- Fluxo comum de trabalho para extração da astaxantina de microrganismos. Fonte: Adaptado de Zhang et. al. (2020) (18)

BIODISPONIBILIDADE

A biodisponibilidade e a pouca solubilidade em fase aquosa da astaxantina é pequena, assim como da maioria dos carotenoides, sendo dependente da natureza do solvente e/ou da molécula carreadora. Além disso, é instável em determinadas condições de processamento, como pHs extremos, temperatura elevada, presença de luz e oxigênio, fatores que limitam a sua aplicabilidade nas indústrias de alimentos e farmacêutica (19). Visando minimizar esses problemas, alguns estudos utilizando proteínas do leite como moléculas carreadoras através da formação de nanoestruturas estáveis com a astaxantina (20; 21 e 22) e outros carotenoides (23; 24; 25; 26 e 27) são reportados na literatura e

apresentam resultados promissores (28). A Tabela 2 reporta alguns desses estudos envolvendo interações entre proteínas e carotenóides.

Tabela 2 - Estudos referentes à utilização de proteínas como moléculas carreadores, através da formação de nanoestruturas estáveis com a astaxantina e outros carotenoides

Interação	Ano	Referência
Proteína-Astaxantina	2021	20
Proteína-Astaxantina	2015	21
Proteína-Astaxantina	2014	22
Proteína-Luteína	2021	23
Proteína-β-caroteno	2021	24
Proteína-Luteína	2020	25
Proteína-Norbixina	2020	26
Proteína-β-caroteno	2019	27

Fonte: Autores

As proteínas alimentares exercem importante papel de transporte e proteção de componentes bioativos em alimentos funcionais devido sua capacidade de formação de complexos estáveis. O que leva a incorporação de astaxantina na nanodispersão ser uma alternativa promissora ao uso de astaxantina insolúvel em água e sistemas alimentares (29), fato extremamente importante para melhor compreensão e estudo da interação proteína-astaxantina e/ou proteína-carotenoide, de forma geral.

POTENCIAL BIOATIVO

A astaxantina natural é considerada mais biologicamente efetiva que sua forma sintética. Sendo apontada como um agente oxidante mais fortemente ativo que demais carotenoides, como a cantaxantina, zeaxantina, luteína, β-caroteno e outros (30). Possui diversas atividades biológicas e farmacológicas, as quais foram reportadas na Figura 3 (12).



Figura 3- Bioatividades da astaxantina. Fonte: Adaptado de Aneesh et. al. (2022) (12)

Numerosos trabalhos demonstrando a atividade biológica e farmacológica da astaxantina tem sido reportados na literatura ao longo dos anos, o que pode ser corroborado por meio da Tabela 3.

Tabela 3 - Estudos referente às atividades biológicas e farmacológicas da astaxantina

Atividades biológicas da astaxantina	Ano	Referências
Antioxidante	2020	31
Cardioproteção	2020	32
Antidiabético	2020	33
Osteoprotetor	2019	34
Anti-inflamatório	2019	35
Anti-oxidante	2019	36
Neuroproteção	2018	37
Cicatrizante	2017	38
Anticâncer	2016	39
Hepatoproteção	2015	40

Fonte: Autores

APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

A demanda dos consumidores por alimentos saudáveis cresceu consideravelmente nos últimos anos. Essa conscientização levou à indústria a unir esforços à procura de novas estratégias para produção de alimentos que sejam não só saborosos, mas também nutritivos, funcionais e sustentáveis. Dentro desse cenário, ênfase deve ser dada a astaxantina, pois apresenta alto poder de pigmentação e relevantes funções biológicas, tornando-se atrativa para as empresas de alimentos e embalagens. Constatações que a permitiram ser considerada um dos três principais ingredientes a ser observado com forte potencial dentro do nicho alimentar nos últimos anos (41).

A astaxantina é comercializada industrialmente pela DSM, como componente do produto Carophyll® Stay Pink, um aditivo para rações de aves, peixes e camarões (3). Outra aplicabilidade da astaxantina, nesse caso extraída do músculo do salmão, é na produção de filmes, através da incorporação com gelatinas extraídas da pele e carcaça do mesmo peixe. De acordo com estudos de Claudino (42), os filmes obtidos apresentaram boa aparência, homogeneidade, fácil manuseio, transparência adequada e baixo teor de umidade, sendo portanto, considerado uma ótima alternativa de produção do mesmo.

CONCLUSÕES

A astaxantina natural é um composto bioativo que apresenta uma série de atividades biológicas, apontada como um forte agente oxidante com perspectivas promissoras no nicho alimentar e farmacológico, devido possuir uma estrutura única. Sua obtenção ocorre por meio de fontes naturais como fungos, bactérias, algas, crustáceos e determinados peixes. Enquanto sua fórmula sintética compreende três isômeros ópticos (3S, 3'S) (3R, 3'S) e (3R, 3'R), em uma mistura racêmica. Todavia, devido a seu elevado preço e fontes limitadas, é pouco conhecida pelos consumidores e subestimada pelos produtores de alimentos. Daí a importância da difusão de informações a seu respeito, assim como o incentivo para futuras pesquisas.

O alto potencial antioxidante da astaxantina, assim como sua forte pigmentação, permitem aos pesquisadores trabalhar com uma gama de atrativos sensoriais e funcionais. Sua biodisponibilidade é baixa, entretanto, novos estudos reportam promissores resultados perante a sua interação com diversas proteínas alimentares, principalmente as proteínas do leite, formando sistemas nanoestruturados que possibilitam um aumento de sua solubilidade em água e em sistemas alimentares, otimizando assim sua aplicação nas indústrias de alimentos e farmacêuticas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as instituições que contribuíram diretamente para a execução desse trabalho, como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG-ILCT).

REFERÊNCIAS

1. Rivera-Madrid R, Carballo-Uicab V M, Cárdenas-Conejo, Y, Aguilar-Espinosa M, Silva R. Overview of carotenoids and beneficial effects on human health. *Carotenoids: Properties, Processing and Applications*. 2020: 1–40.
2. Venil C K, Velmurugan P, Dufossé L, Devi P R, Ravi A V. Fungal Pigments: Potential Coloring Compounds for Wide Ranging Applications in Textile Dyeing. *Journal of fungi*. 2020; 6; 2: 68.
3. Mesquita S S, Teixeira, C M L L, Sérvulo E F C. Carotenoides: Propriedades e Mercado. *Revista Virtual de Química*. 2017. 9; 2: 672-688.
4. Nörnberg M L, Pinheiro N P, Do Nascimento T C, Fernandes A S, Nörnberg M F B L, Lopes E J, et al. Compostos bioativos em manteigas: carotenoides e ácidos graxos. *Bioactive compounds in butters: carotenoids and fatty acids. Brazilian Journal of Development, Curitiba*. 2022. 8; 2: 10270-10288.
5. Sun Z, Li T, Zhou Z G & Jiang, Y. Microalgae as a source of lutein: Chemistry, biosynthesis, and carotenogenesis. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. 2016. 10: 331.
6. Saini R K, Lokesh V, Shang X, Shin J, Keum Y, Lee J H. Carotenoids: dietary sources, extraction, encapsulation, bioavailability, and health benefits—a review of recent advancements. *Antioxidants*. 2022. 11; 4: 795.
7. Del Mar M C G, & Gomez-Caravaca A M. Underutilized sources of carotenoids. *Carotenoids: Properties, processing and applications*. 2020. 107-147.








8. BCC Research (2023). The Global Market for Carotenoids [Internet, acesso em 10 de fev 2023]. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/astaxanthin-market>.
9. Jiang W, Sun J, Gao H, Tang, Y, Wang C, Jiang Y, Zhang W, Xin F, Jiang M. Carotenoids production and genome analysis of a novel carotenoid producing *Rhodococcus aetherivorans* N1. *Enzyme and Microbial Technology*. 2023. 164: 110190.
10. BCC Research (2023). Astaxanthin market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2023-2028). [Internet, acesso em 13 de fevereiro, 2023]. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/astaxanthin-market>.
11. Lu Q, Li H, Zou Y, Liu H, Yang L. Astaxanthin as a microalgal metabolite for aquaculture: A review on the synthetic mechanisms, production techniques, and practical application. *Algal Research*. 2021. 54: 102178.
12. Aneesh P A, Ajeeshkumar K K, Lekshmi R G K, Anandam R, Ravishankar C N, Mathew S. Bioactivities of astaxanthin from natural sources, augmenting its biomedical potential: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2022. 125: 81-90.
13. Zheng X, & Huang Q. Assessment of the antioxidant activities of representative optical and geometric isomers of astaxanthin against singlet oxygen in solution by a spectroscopic approach. *Food Chemistry*. 2022. 395: 133584.
14. Bauer A, & Minceva M. Direct extraction of astaxanthin from the microalgae *Haematococcus pluvialis* using liquid-liquid chromatography. *RSC Advances*. 2019. 9; 40: 22779–22789.
15. Krause W, Henrich K, Paust J, Ernst H. Preparation of astaxanthin. Available. 1997. online at: <https://www.google.com/patents/US5654488>.
16. Koller M, Muhr A, Braunegg G. Microalgae as versatile cellular factories for valued products. *Algal Research*. 2014. 6: 52–63.
17. Shah M M, Liang Y, Cheng J J, Daroch M. Astaxanthin-producing green microalga *Haematococcus pluvialis*: From Single Cell to High Value Commercial Products. *Front Plant Sci*. 2016. 7: 531.
18. Zhang C, Chen X, & Too HP. Microbial astaxanthin biosynthesis: recent achievements, challenges, and commercialization outlook. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2020.
19. Xavier A A O, & Mercadante A Z. The bioaccessibility of carotenoids impacts the design of functional foods. *Current Opinion in Science Direct*. 2019. 26: 1-8.

20. Qiaoa X, Yanga L, Gua J, Caoa Y, Zhaojie L, Xua J, Xuea C. Kinetic interactions of nanocomplexes between astaxanthin esters with different molecular structures and β -lactoglobulin. *Food Chemistry*. 2021. 335: 127633.
21. Allahdad Z, Varidi M, Zadmard R, Saboury, A, Haertle. Binding of β -carotene to whey proteins: Multi-spectroscopic techniques and docking studies. *Food Chemistry*. 2019. 277: 96–106.
22. Shen Q, Quek S Y. Microencapsulation of astaxanthin with blends of milk protein and fiber by spray drying. *Journal of Food Engineering*. 2014. 123: 165-171.
23. Qi X, Xu D, Zhu J, Wang S, Peng J, Gao W, Cao Y. Studying the interaction mechanism between bovine serum albumin and lutein dipalmitate: Multi-spectroscopic and molecular docking techniques. *Food Hydrocolloids*, 2021. 113: 106513.
24. Magalhães O F, Paula H M C, Rezende J P, Coelho Y L, Mendes T A O, Silva L H M, Pires A C S. Energetic and molecular dynamic characterization of lysozyme/ β -carotene interaction. *Journal of Molecular Liquids*. 2021. 337: 116404.
25. Paiva P H C, Coelho Y L, Silva L H M, Pinto M s, Vidigal M C T R, Pires A C S. Influence of protein conformation and selected Hofmeister salts on bovine serum albumin/lutein complex formation. *Food Chemistry*. 2020. 305.
26. Møller A H, Wijaya W, Jahangiri A, Madsen B, Joernsgaard B, Vaerbak S, et al. Norbixin binding to whey protein isolate - alginate electrostatic complexes increases its solubility and stability. *Food Hydrocolloids*. 2020. 101: 1–8.
27. Allahdad Z, Varidi M, Zadmard R, Saboury A, Haertle. Binding of β -carotene to whey proteins: Multi-spectroscopic techniques and docking studies. *Food Chemistry*. 2019. 277: 96–106.
28. Mantovani R A, Rasera M L, Vidotto D C, Mercadante A Z, Tavares G M. Binding of carotenoids to milk proteins: Why and how. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. 110: 280-290.
29. Stachowiak B & Szulc P. Astaxanthin for the Food Industry. *Molecules*. 2021. 26: 2666.
30. Capelli B, Talbott S, & Ding L. Astaxanthin sources: Suitability for human health and nutrition. *Functional Foods in Health and Disease*. 2019. 9; 6: 430–445.
31. Liu H, Zhang X, Xiao J, Song M, Cao Y, Xiao H, et al. Astaxanthin attenuates d-galactose-induced brain aging in rats by ameliorating oxidative stress, mitochondrial dysfunction, and regulating metabolic markers. *Food & Function*. 2020. 11; 5: 4103–4113.

32. Krestinina O, Baburina Y, Krestinin R, Odinkova I, Fadeeva I, & Sotnikova L. Astaxanthin prevents mitochondrial impairment induced by isoproterenol in isolated rat heart mitochondria. *Antioxidants*. 2020. 9; 3: 262.
33. Penislusshiyam S, Chitra L, Ancy I, Kumaradhas P, & Palvannan, T. Novel antioxidant astaxanthin-s-allyl cysteine biconjugate diminished oxidative stress and mitochondrial dysfunction to triumph diabetes in rat model. *Life Sciences*. 2020. 245.
34. El-Baz F K, Aly H F, & Abd-Alla H I. The ameliorating effect of carotenoid rich fraction extracted from *Dunaliella salina* microalga against inflammation associated cardiac dysfunction in obese rats. *Toxicology Reports*. 2020. 7: 118–124.
35. Yaghooti H, Mohammadtaghvaei N, & Mahboobnia K. Effects of palmitate and astaxanthin on cell viability and proinflammatory characteristics of mesenchymal stem cells. *International Immunopharmacology*. 2019. 68: 164–170.
36. Wang X, Ma J, Bai X, Yan H, Qin C, & Ren D. Antioxidant properties of astaxanthin produced by cofermentation between *Spirulina platensis* and recombinant *Saccharomyces cerevisiae* against mouse macrophage RAW 264.7 damaged by H₂O₂. *Food and Bioproducts Processing*. 2019. 118: 318–325.
37. Sharma K, Sharma D, Sharma M, Sharma N, Bidve P, Prajapati N, et al. Astaxanthin ameliorates behavioral and biochemical alterations in in-vitro and in vivo model of neuropathic pain. *Neuroscience Letters*. 2018. 674: 162–170.
38. Meephansan J, Rungjang A, Yingmema W, Deenonpoe R, & Ponnikorn S. Effect of astaxanthin on cutaneous wound healing. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*. 2017. 10: 259–265.
39. Ko J C, Chen J C, Wang T J, Zheng H Y, Chen W C, Chang P Y, et al. Astaxanthin down-regulates Rad51 expression via inactivation of AKT kinase to enhance mitomycin C-induced cytotoxicity in human non-small cell lung cancer cells. *Biochemical Pharmacology*. 2016. 105: 91–100.
40. Yang Y, Kim B, Park Y K, Koo S I, & Lee J Y. Astaxanthin prevents TGFβ1-induced pro-fibrogenic gene expression by inhibiting Smad3 activation in hepatic stellate cells. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*. 2015. 1850; 1: 178–185.
41. Lafarga, T. Effect of microalgal biomass incorporation into foods: Nutritional and sensorial attributes of the end products. *Algal Res*. 2019. 41; 101566.

42. CLAUDINO, Rayanne Leitão. Gelatina e astaxantina de resíduo do salmão (salmo salar L): extração, caracterização e aplicação para a produção de filmes antioxidantes. 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

Capítulo 22**Doi.org/10.53934/9786585062060-22****COMPOSTOS BIOATIVOS E DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Jade Vitoria Duarte de Carvalho *; **Luana Karoline Furtado **; **Helen Cristina de Oliveira Palheta **; **Luis Gustavo Alcantara **; **Rosely Carvalho do Rosário **; **Thiely Ribeiro Martins **; **Orquídea Vasconcelos dos Santos **

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: jadevitoria487@gmail.com*

Resumo:

O contexto epidemiológico atual demonstra a ascensão das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), destacando-se que a alimentação impacta e pode ser considerado um dos fatores de risco modificável na gênese de diversas doenças. Nesse sentido, pesquisas científicas têm mostrado a influência de compostos bioativos sobre a prevenção de diversos agravos à saúde humana. Desse modo, este trabalho tem o objetivo de analisar, na literatura científica atual, como se apresenta a influência dos compostos bioativos na prevenção de DCNT. Os compostos bioativos como os compostos fenólicos, carotenoides, vitamina C e clorofilas apresentam papel positivo na diminuição do risco de surgimento de DCNT, visto que a ingestão de uma dieta rica em fontes alimentares desses compostos é uma excelente forma de obtenção desses compostos que atuam na manutenção e promoção da saúde dos indivíduos. Desse modo, uma alimentação saudável e balanceada constituída de compostos bioativos é essencial para o bom funcionamento do organismo e prevenção das DCNT.

Palavras-chave: Alimentos funcionais; Compostos fitoquímicos; Doenças crônicas não transmissíveis

INTRODUÇÃO

No cenário atual, o Brasil e o mundo passam por um contexto epidemiológico o qual se destaca a predominância de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) como hipertensão arterial, diabetes mellitus, obesidade, doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, neoplasias e outras. De acordo com o Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das DCNT no Brasil 2021-2030, elas são graves problemas de saúde pública e privada no país, pois representam a causa de mais da metade do total de mortes no Brasil, sendo em 2019, a causa de 54,7% dos óbitos registrados (1).

Apresentam etiologia multifatorial, entretanto estudos demonstram que o consumo alimentar apresenta influência positivas ou negativas sobre o surgimento de DCNT (2,3,4). Segundo o Guia Alimentar para a população brasileira os alimentos *in natura* e minimamente processados devem ser a base da alimentação dos indivíduos em geral, visto que a ingestão adequada de macro e micronutrientes proporcionada pela

alimentação é de extrema importância e influência para a manutenção da homeostase corporal e saúde dos indivíduos (5).

Entretanto, observa-se que o estilo de vida moderno (ingresso da mulher no mercado de trabalho, longas jornadas de trabalho e busca por alimentos mais palatáveis e entre outros) contribui para o aumento do consumo de alimentos com alta densidade calórica, ricos em gordura, sal e açúcar os quais são prejudiciais à saúde, contribuindo como fator de risco modificável para o surgimento de DCNT (6). Diante disso, há grande interesse no desenvolvimento de pesquisas científicas nutricionais acerca de alimentos com alegação de propriedades funcionais, por conta da presença de compostos bioativos que podem atuar reduzindo o risco de surgimento de DCNT (7).

Os compostos bioativos são substâncias advindas de metabólitos secundários das plantas, através de vias metabólicas e que apesar de não serem considerados nutrientes, atuam na redução de riscos a agravos de saúde e conseqüentemente auxiliam na saúde dos indivíduos (8).

Dessa forma, este trabalho tem o objetivo analisar, na literatura científica atual, como se apresenta a influência dos compostos bioativos na prevenção de DCNT.

METODOLOGIA

A presente pesquisa é bibliográfica, de abordagem qualitativa básica, com objetivo descritivo acerca de compostos bioativos carotenoides, compostos fenólicos, vitamina C e clorofilas. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica, com busca nas bases de dados BVS, MEDLINE (PubMed) e Science Direct de artigos científicos em periódicos, em inglês e português, de 2018 a 2022, utilizando-se como descritores "compostos bioativos", "doenças crônicas não transmissíveis", "nutricional" e "funcional" de forma isolada ou combinados entre si pelo descritor booleano "AND".

TÓPICOS

COMPOSTOS BIOATIVOS E SAÚDE HUMANA

A natureza disponibiliza aos seres humanos uma vasta disponibilidade de plantas na flora mundial com potenciais medicinais, nutricionais, farmacêuticos e industriais com comprovação científica de sua eficácia e funcionalidades (DE SÁ-FILHO, 2021). As plantas possuem metabólitos secundários, os quais são considerados princípios ativos vegetais produzidos a partir de produtos da fotossíntese com funções importantes como proteção e resposta a estímulos do ambiente em que elas estão inseridas (9).

Alguns dos compostos bioativos conferem cores aos alimentos, a exemplo das antocianinas, carotenóides, clorofila e xantofilas e distinguem-se principalmente em fitoquímicos, polifenóis, flavonóides, carotenóides, fitoesteróis e vitamina C (10,11). Alimentos com componentes bioativos são conhecidos como alimentos com alegação de propriedades funcionais, devido a seus efeitos fisiológicos e metabólicos benéficos ao organismo humano, que incluem suas atividades antioxidantes, anti-inflamatórias e seus efeitos no metabolismo da glicose e lipídios, visto que o processo de gênese de DCNT como doenças cardiovasculares, câncer e diabetes tipo 2 podem ser diminuídos com ação desses compostos (12).

COMPOSTOS FENÓLICOS

Os compostos fenólicos são o maior grupo dentro dos compostos bioativos e podem ser divididos em classes conforme suas características estruturais, visto que os compostos fenólicos são formados a partir da ligação direta de um ou mais anéis aromáticos (benzeno) com um grupamento hidroxil, após a substituição de um ou mais hidrogênios na molécula de benzeno, podendo diferir em moléculas fenólicas simples e compostos com elevada polimerização (13).

Os polifenóis são os compostos mais abundantes nas plantas, sendo divididos em flavonóides que são as flavonas (luteolina, apigenina, crisina), flavonóis (miricetina, quercitina, kaempferol, galangina e isorhamnetina), flavanonas (naringenina e hesperitina), flavanóis (epigallocatequina, EGCG, epicatequina e procianidina) isoflavonas (daidzeína e genisteína) e as antocianinas (delfinidina, malvidina, cianidina e pelargonidina) e em não flavonóides os quais são os ácidos fenólicos (ácidos hidroxicinâmico e hidroxibenzóico), lignanas (pterostilbeno, reverastrol e piceatanol), catequinas, taninos, estilbenos (14).

As principais fontes alimentares de polifenóis são as frutas (Figura 1) principalmente as de cor vermelha como o jambo e roxas como o açaí, cítricas e cacau, leguminosas como o feijão, oleaginosas como as nozes, cereais e chás preto e verde, os quais compõem um padrão de alimentação saudável capaz de prevenir deficiências nutricionais (15). Um número crescente de estudos demonstra que o desequilíbrio entre a taxa de radicais livres (EROS) e o processo antioxidante ocasiona um estresse oxidativo e conseqüentemente leva a ocorrência de alterações nos tecidos e o surgimento de doenças cardiovasculares como aterosclerose, doenças neurodegenerativas e câncer, logo os compostos fenólicos podem atuar na prevenção dessas doenças devido a seu elevado potencial antioxidante (16,17).



Figura 1 – Imagem apresentando alguns exemplos de fontes alimentares de polifenóis: feijão, laranja, açaí, jambo, chá verde e preto, respectivamente.

Segundo o estudo de revisão realizado por Gowda *et al.* (2019) (18) a dieta dos indivíduos tem uma relação complexa com a microbiota intestinal, haja vista que uma dieta rica em ultraprocessados e pobre em nutrientes gera um grau de inflamação e estresse oxidativo, sendo possível amenizar esse processo com uma dieta rica em polifenóis. Desse modo, os polifenóis como a procianidina, podem auxiliar na diminuição da inflamação, pois este apresenta efeitos na modulação de citocinas pró-inflamatórias, antioxidantes como sequestro de elétrons instáveis, aumento da atividade das enzimas antioxidantes e diminuição da peroxidação lipídica, os quais reduzem ou eliminam os

EROS e diminuem os riscos de complicações associadas à síndrome metabólica e ao estado de obesidade proporcionando a diminuição do risco do surgimento de diabetes mellitus tipo 2.

De acordo com um estudo realizado Sun *et al.* (2018) (19) os polifenóis contidos no chá preto e verde apresentam efeito modulador da microbiota intestinal por propiciar a proliferação de bactérias benéficas no cólon como *Bifidobacterias spp.*, *Enterococcus spp.* e *Lactobasilus spp.* e diminuição a proliferação de bactérias patogênicas como *Prevotella* (relacionadas a inflamações e câncer intestinal), *Bacteroides* e *Clostridium histolyticum* (pode desempenhar um papel na patogênese da colite ulcerativa).

CAROTENOIDES

Os carotenoides são compostos lipofílicos e hidrofóbicos, visto que possuem afinidade com gorduras e baixa solubilidade em meio aquoso, com moléculas oxidáveis e estruturas tetraterpenóides com oito unidades de isoprenos agrupadas no centro da molécula gerando um esqueleto conjugado formado por cerca de 40 átomos de carbono ($C_{40}H_{56}$) (20). Apresentam configurações variadas em decorrência da existência de isômeros *cis* e *trans*, os quais diferem em características como propriedades fotossintéticas e fotoprotetoras, diferentes pontos de fusão, estabilidade e solubilidade (21).

Além disso, são pigmentos sintetizados por vegetais e algas que conferem coloração aos alimentos e produtos alimentícios que variam entre os tons amarelo, laranja e vermelho, e podem ser divididos em xantofilas (pigmentos maculares) como a luteína, zeaxantina, beta-criptoxantina, astaxantina e carotenos (hidrocarbonetos puros) como alfa-caroteno, beta-caroteno e licopeno, como demonstra a Figura 2 (22). Alimentos como buriti, tomate, milho, cenoura, melancia, manga, pimentão, pitanga, abóbora, frutos do mar, pupunha, mamão, goiaba, brócolis e vegetais verdes folhosos são algumas das fontes dietéticas dos carotenoides (23).

Xantofilas

Luteína



Muruci
(*Byrsonima crassifolia*)

Zeaxantina



Marirana
(*Couepia subcordata Benth.*)

β criptoxantina



Araçá-boi
(*Eugenia stipitata*)

Astaxantina



Caranguejo

Carotenos

α -caroteno



Taperebá
(*Spondias mombin*)

β -caroteno



Tucumã
(*Astrocaryum aculeatum*)

Licopeno



Pupunha
(*Bactris gasipaes*)

Figura 2 – Imagem apresentando os dois grandes grupos de carotenóides e alguns exemplos de fontes alimentares regionais amazônicas.

Os carotenoides estão presentes nas plantas em partes como folhas, flores, raízes e sementes, entretanto sua ingestão é cem vezes menor se comparado com os polifenóis (24). Nas folhas, os carotenoides são biossintetizados pelos cloroplastos (sua composição depende de variáveis que vão desde o momento de pré-colheita até o processamento) e armazenados em complexos pigmento-proteína, portanto para a absorção satisfatória desse composto faz-se necessário o cozimento e a mastigação adequada para o rompimento da parede celular durante o processo de digestão. Já as frutas, apresentam as estruturas da parede celular menos rígida e os carotenoides estão dispostos nas gotículas de lipídios nos cloroplastos, fato que possibilita que os carotenoides presentes nas frutas sejam mais facilmente absorvidos em detrimento aos presentes nas folhas (21).

Além de contribuir com a pigmentação das frutas e vegetais, os carotenoides oferecem benefícios à saúde humana devido a suas funções precursoras da vitamina A e outros produtos da conversão de retinóides, participação no ciclo da visão, regulação genética por favorecer a proliferação e divisão de células saudáveis, interação com o controle do metabolismo lipídico e energético diminuindo risco de surgimento de doenças (como a obesidade, cardiovasculares e doença hepática gordurosa não alcoólica).

Ademais, possui atividade antioxidante por eliminar espécies reativas de oxigênio como o oxigênio singlete e evitar a ação exacerbada dos EROS inibindo processos

inflamatórios e oxidativos como os que ocorrem em doenças inflamatórias como a aterosclerose (25, 26, 27).

VITAMINA C

Outro composto bioativo que apresenta funções biológicas bastante elucidadas na literatura é a vitamina C ou ácido L-ascórbico, o qual é uma substância exógeno essencial, solúvel em água e considerado um ácido dibásico com um grupamento enediol ligado ao segundo e terceiro carbono (C2 e C3) de um anel de lactona heterocíclico (PIRES *et al.*, 2018). Suas funcionalidades no organismo humano correspondem a capacidade de alterar seu fator redox, atuar com cofator de enzimas na produção de colágeno e carnitina, biossíntese de catecolamina, no metabolismo da tirosina, além de auxiliar na absorção de ferro não heme, na redução do ferro férrico em ferroso, funcionamento adequado do sistema nervoso central e sistema imunológico (28, 29,30).

A vitamina C é sintetizada endogenamente por alguns animais e é essencial na regulação do metabolismo das plantas, nas quais está presente em elevadas concentrações, por favorecer processos como a absorção de ferro, auxiliar na fotossíntese e produção do hormônio vegetal etileno (31). Os principais alimentos fontes de vitamina C são frutas cítricas como laranja, goiaba, camu-camu, acerola, abacaxi, morango, manga, tomate e vegetais como acelga, couve-de-bruxelas, aspargo entre outros (32).

Estudos demonstram que o ácido ascórbico desempenha um papel importante na prevenção de diversos tipos de doenças associadas ao estresse oxidativo como disfunções cardiovasculares, desenvolvimento de certos tipos de tumores e doenças neurodegenerativas (33, 34).

CLOROFILAS

As clorofilas são um grupo de compostos clorínicos amplamente distribuídos na natureza, presentes no cloroplasto das plantas sendo essenciais no processo de captação luminosa para conversão em energia. Apresentam estrutura molecular constituída por quatro anéis pirrol conectado por pontes metinas e apresenta anel central com um íon de Magnésio (Mg 2+) regulado por quatro átomos de azoto (35).

Em decorrência da diferença estrutural, as clorofilas podem ser encontradas sobre nas formas de clorofilas *a* (C₅₅H₇₂O₅Mge) e *b* (C₅₅H₇₀O₆N₄Mg) às quais coexistem nas plantas e alimentos de origem vegetal, na proporção de 3:1, e são responsáveis por conferir a coloração verde, clorofilas *c* (C₅₅H₇₀O₄N₅Mg), *d* (C₅₄H₇₀O₆N₄Mg) e clorofila *f* (C₅₄H₇₀O₆N₄Mg) são encontradas em organismos como as microalgas e cianobactérias (23,36). As clorofilas apresentam sensibilidade a temperaturas e pH extremos, condições estas que permitem a formação de diversos derivados distintos como feofitinas, clorofilídeos, feoforbídeos e alterações na coloração (35).

As clorofilas são pouco absorvidas pelo organismo humano, entretanto suas concentrações na dieta podem atingir cerca de 86 mg/dia, indicando a presença de seus derivados no organismo, os quais possuem efeitos fisiológicos positivos como a sua ação antioxidante (37). Consoante ao estudo de revisão realizado por Kurdziel e Solymosi (2017) a clorofila e seus derivados são captadores de EROS como o oxigênio singlete, peróxido de hidrogênio, radical hidroxila e inibem a oxidação lipídica segundo os estudos realizados *in vivo* e *in vitro*, demonstrando seu potencial terapêutico na prevenção de agravos à saúde como doenças inflamatórias, câncer, aterosclerose e outros.

A pesquisa de Li *et al.* (2019) (38) investigou as propriedades anti-obesidade de uma suplementação de extrato de espinafre rico em clorofila por treze semanas em um grupo de camundongos expostos a uma dieta com ração normal (RN) e o outro com dieta hiperlipídica (DH). Segundo os dados, os camundongos com DH apresentaram ganho de peso na quinta semana quando comparado aos RN, entretanto os camundongos com DH que receberam a suplementação do extrato rico em clorofila apresentaram diminuição de 18,87% no peso e gordura corporal entre a semana sete e treze durante a suplementação em comparação aos que receberam RN.

Logo, observou-se que ocorreu a diminuição nas concentrações de lipoproteína de baixa intensidade (LDL) de 0,65 mg/dL para 0,53 mg/dL, endotoxina sérica TNF- γ (controla a produção de citocinas inflamatórias em tecidos e induz a inflamação), lipopolissacarídeo (LPS) e a melhora na tolerância à glicose o que implica na diminuição da inflamação sistêmica, supressão da obesidade induzida por dieta rica em gordura e consequentemente a síndrome metabólica nos camundongos testados.

CONCLUSÕES

De acordo com o que foi exposto, constata-se que os hábitos alimentares podem apresentar influência positiva ou negativa na saúde dos indivíduos, bem como no surgimento de doenças crônicas não transmissíveis.

O consumo de alimentos com alegações de propriedades funcionais, fontes de compostos bioativos, pode atuar como ferramenta na diminuição de riscos do surgimento de DCNT, visto que estes possuem potenciais ações antioxidantes e anti-inflamatórias, processos os quais podem impedir a gênese de doenças cardiovasculares, neoplasias e obesidade. Desse modo, uma alimentação saudável e balanceada constituída de compostos bioativos é essencial para o bom funcionamento do organismo dos indivíduos, evita o surgimento de agravos à saúde e consequentemente colabora para a diminuição do quadro de morbidade e mortalidade ocasionado pelas DCNT.

REFERÊNCIAS

1. Ministério da saúde (BR). Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das DCNT no Brasil 2021-2030. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis, – Brasília, 2021.
2. Barros DM, Silva APF, Mour DF, Barros MVC. A influência da transição alimentar e nutricional sobre o aumento da prevalência de doenças crônicas não transmissíveis. *Braz j dev*, 2021; 7: 7, 74647-74664. doi:10.34117/bjdv7n7-579.
3. Rocha BR, Maciel EA, Oliveira RSM. Influência dos alimentos funcionais na incidência das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), *Intercont. J Phys educ*, 2021, 3:2675-0333.
4. Dominguez LJ, DI Bella G, Veronese N. Impacto da dieta mediterrânea em doenças crônicas não transmissíveis e longevidade. *Nutrients*. 2021, 12;13(6):2028. doi: 10.3390/nu13062028.
5. Brasil. Ministério da saúde . Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável. 2014. disponível em:

- <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf>
6. Pinto JRR, Costa FN. Consumo de produtos ultraprocessados e seu impacto na saúde de adultos. *Res., soc and dev.* 2021, 10: 14, Doi: 568101422222.
 7. Ahmed T, Wang CL. Black garlic and its bioactives compounds on human health diseases: a review. *Moleculares.* 2021, 19:26. doi: 10.3390/molecules26165028.
 8. Bao C, Jiang P, Chai J, Jiang Y, Li D, Bao W, Liu B, Norde W, Li Y. The delivery of sensitive food bioactive ingredients: absorption mechanisms, influencing factors, encapsulation techniques and evaluation models. *Food Res. Int.* 2019, 120: 130–140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.02.024>.
 9. Borges LP, Amorim VA. metabólitos secundários de plantas. *Rebagro.* 2020; 11:1, 54-67. disponível em: https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/418088/mod_folder/com.
 10. Morand C, Tomás-Barberán FA. contribution of plant food bioactives in promoting health effects of plant foods: why look at interindividual variability? *Eur. J Nutr.* 2019, 58, 13-19. doi: 10.1007/s00394-019-02096-0.
 11. Ali MB, Murtaza S, Shahbaz M, Ramzan s, Ali MM. Nano-encapsulation of bioactive compounds: a diminutive review. *J agric food chem.* 2020, 1:2, 13-22. disponível em: <https://jaf.su.edu.pk/uploads/journals/article-2.pdf>.
 12. Opara E. Culinary herbs and spices: what can human studies tell us about their role in the prevention of chronic non-communicable diseases?. *J sci food agric.* 2019, 99, 4511–4517. doi: 10.1002/jsfa.9658.
 13. Rasera GB, Castro RJR. Germinação de grãos: uma revisão sistemática de como os processos bioquímicos envolvidos afetam o conteúdo e o perfil de compostos fenólicos e suas propriedades antioxidantes. *Braz J nat sci.* 2020, 3:1, 287-300. doi: <https://doi.org/10.31415/bjns.v3i1.90>.
 14. Lobo GBS, Silva AV, Menezes GBL. Polifenóis dietéticos e função endotelial em adultos sem diagnóstico de doenças: uma revisão de ensaios randomizados. *Braz j dev.* 2020; 6:11, 85320-85340. doi:10.34117/bjdv6n11085.
 15. Dias LKM, Medeiros CBS, Silva AKNS, Morais, AHA, Maia JKS. Can polyphenols improve the gut health status in pre-clinical study with diet-induced obesity? a protocol for systematic review and/or meta-analysis. *Medicine.* 2021, 100:9, 1-6. doi: 10.1097/md.000000000028162.
 16. Kumar G, Xu B. A Critical review on polyphenols and health benefits of black soybeans. *Nutrients.* 2017, 9:5. doi: <https://doi.org/10.3390/nu9050455>.
 17. Mao X, Gu C, Chen D, Yu B, He J. Oxidative stress-induced diseases and tea polyphenol. *Oncotarget.* 2017. doi: <https://doi.org/10.18632/oncotarget.20887>.
 18. Gowda V, Karima N, Shishira MRI, Xiea L, Chena W. Dietary polyphenols to combat the metabolic diseases via altering gut microbiota. *Trends food sci technol.* 2019, 93:81–93. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.005>.
 19. Sun H, Chen Y, Cheng M, Zhang X, Zheng X, Zhang Z. The modulatory effect of polyphenols from green tea, oolong tea and black tea on human intestinal microbota in vitro. *J food sci technol.* 2018, 55:399-407. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2951-7>.

20. Santos PDF, Rubio FTV, Da silva MP, Pinho LS, Favaro-Trindade C.S. Microencapsulation of carotenoid-rich materials: a review. *food res int.* 2021. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110571.
21. Ordóñez TC, Carlea L, Schweiggeta RC. Bioaccessibility of carotenoids from plant and animal foods. *J sci food agric.* 2019, 99:3220–3239. Doi: (wileyonlinelibrary.com) doi 10.1002/jsfa.9525.
22. Smirnoff ,N. Ascorbic acid metabolism and functions: a comparison of plants and mammals. *Free radic biol med.* 2018, 122: 116-129. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2018.03.033.
23. Jadhav R, Bhujbal SS. A review on natural food colors, pharmaceutical resonance. 2020, 2:12-20.
24. Yabuzaki J. Carotenoids database: structures, chemical fingerprints and distribution among organisms. *Database (oxford).* 2017, 1. doi: 10.1093/database/bax004.
25. Conception M, Avalos J, Bonet ML, Boronat A, Gomez-gomez L, Hornero-mendez D, Limon MC, Meléndez-martínez AJ, Olmedilla AB, Palou A, Ribot J, Rodrigo MJ, Zacarias L, Zhu C. A global perspective on carotenoids: metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. *Prog Lipid Res.* 2018, 70:62-93. doi: 10.1016/j.plipres.2018.04.004.
26. Meléndez-martínez AJ, An overview of carotenoids, apocarotenoids, and vitamin a in agro-food, nutrition, health, and disease. *Mol nutr food res.* 2019 63, 15:1-11. doi: 10.1002/mnfr.201801045.
27. Clugston RD. Carotenoids and fatty liver disease: current knowledge and research gaps. *Biophys. Acta, Mol. Cell Biol. Lipids Biochimica.* 2020, 1865. doi: 10.1016/j.bbalip.2019.158597.
28. Spoelstra-de-man AME, Elbers PWG, Straaten HMOV. “Vitamin c: should we supplement?”. *Curre opin crit care.* 2018, 24, 4:248-255. doi:10.1097/mcc.0000000000000510.
29. Portugal CC, Da encarnação T.G, Sagrillo MA, Pereira MR, Relvas JB, Socodato R, Paes-de Carvalho R. Activation of adenosine a3 receptors regulates vitamin c transport and redox balance in neurons. *Free radic biol med.* 2021, 1,163:43-55. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2020.11.039.
30. Cerullo G, Negro M, Parimbelli M, Pecoraro M, Perna S, Liguore G, Rondanelli M, Cena H, D'antona G. The long history of vitamin c: from prevention of the common cold to potential aid in the treatment of covid-19. *Front immunol.* 2020, 11: 1-16. doi: 10.3389/fimmu.2020.574029.
31. Smirnoff N. Ascorbic acid metabolism and functions: a comparison of plants and mammals. *Free radic biol med.* 2018, 122:116-129. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2018.03.033
32. Carr AC, Rowe S. Factors affecting vitamin c status and prevalence of deficiency: a global health perspective. *Nutrients.* 2020, 12: 7. doi:10.3390/nu12071963.
33. Pires A, Marques CR, Encarnação JC, Brantes AM, Marques IA, Laranjo M, Oliveira R, Casalta-Lope J, Gonçalves A, Sarmiento-Ribeiro A, Botelho MF, Ascorbic acid chemosensitizes colorectal cancer cells and synergistically inhibits tumor growth. *Front physiol.* 2018, 9: 911. doi: https://doi.org/10.3389/fphys.2018.009111.

34. Chen L, Su X, Whang Z, Lu W, Chen M, HeY, Xu F, Zheng L. The impact of plasma vitamin c levels on the risk of cardiovascular diseases and alzheimer's diseases: a mendelian randomization study. *Clin nutr.* 2021; 40(10): 5327-5334. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.08.020>
35. Bryant DA, Hunter CN, Warren MJ. Biosynthesis of the modified tetrapyrroles-the pigments of life. *J biol chem.* 2020, 295, 20: 6888-6925 2020; 295:6888-6925. doi: 10.1074/jbc. rev120.006194.
36. Wang YT, Yang CH, Huang KS, Shaw JF. Chlorophyllides: preparation, purification, and application. *Biomolculares.* 2021, 11(8):1115. doi:10.3390/biom11081115
37. Hayes M, Ferruzzi MG. Update on the bioavailability and chemopreventative mechanisms of dietary chlorophyll derivatives. *Nutr res.* 2020, 81: 19-37. Doi: 10.1016/j.nutres.2020.06.010.
38. LiY, Cui Y, Lu F, Wang X, LiaoX, Hu X, Zhang Y. Beneficial effects of a chlorophyll-rich spinach extract supplementation on prevention of obesity and modulation of gut microbiota in high-fat diet-fed. *Sci rep.* 2019, 60:1-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103436><https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103436>

Capítulo 23**Doi.org/10.53934/9786585062060-23****AN REVIEW ‘DE RUSSAS’ ORANGE: CHARACTERISTICS,
PROPAGATION AND PRODUCTION****Sheyla Maria Barreto Amaral *; Felipe Sousa da Silva ; Marjorie Beatriz Vidal Maia ; Cleilson do Nascimento Uchôa ; Marlene Nunes Damaceno **

Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará, Campus Limoeiro do Norte, Ceará, Brazil

**Corresponding author – Email: sheylaamaral82@gmail.com*

Abstract: There is a sweet orange variety in the state of Ceará in Brazil that is adapted to the semi-arid region called the ‘de Russas’ orange, cultivated in the Jaguaribe Valley region. Considered sweeter than the ‘Pera’ orange, this variety has been gaining space at consumers’ tables and has the potential to meet the state’s table fruit demand; however, it is only marketed in fresh form, without using processes which add value to the product, and there are no studies which detail its food characteristics. This study addresses an integrative literature review which highlights the sweet orange regarding its origin and botanical aspects; the characteristics and benefits of fruit and juice, which is the main derivative; production, export and consumption; and characteristics, propagation and production of the ‘de Russas’ orange variety. Its main objective is to convey information to academia and industry, contributing to diffuse cultural knowledge, the local sustainability and the marketing supply of this derivative. Based on this review, it is found that the ‘de Russas’ orange currently represents a significant example of family farming in the interior of the state of Ceará. In addition, that organic cultivation is another way of preserving family farming in the semi-arid region in Ceará, reducing hunger and social inequality, and in turn contributing to expand citrus in the state and increase valorization of the traditional ‘de Russas’ sweet orange variety.

Keywords: family farming; *Citrus sinensis* (L.) Osbeck; organic cultivation.

INTRODUCTION

Carolus Linnaeus described the *Citrus* genus in 1753, and since then its taxonomy and the number of extant species have been studied. Citrus fruits belong to the Rutaceae family, most commonly found in tropical regions and considered the most widespread in the world. These fruits include oranges, grapefruit, tangerines, pomelos, limes and lemons. The main fruit of the group is the sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), responsible for about 70% of production and total consumption (1, 2).

According to data from the 2022 Brazilian Horti&Fruti Yearbook, oranges are one of the plant species with the greatest supply in Brazil, making it the world's largest producer of the fruit and the largest exporter of juice in the world. The orange ranks first of the 21 species of fruit produced in the country (3).

Despite the prominent position that some states have in Brazilian citrus production, the center with the highest production is São Paulo and the Triângulo/Southwest Mineiro, better known as the citrus belt, present in 350 municipalities (4). Data from the General Register of Employed and Unemployed People (*Cadastro Geral de Empregados e Desempregados - Caged*) released by the National Association of Citrus Juice Exporters (*CitrusBR*) report that the Brazilian citrus industry was responsible for 38,327 admissions in 2020, which represents 10.23% of the jobs generated in the state of São Paulo, and 6.33% of the Brazilian total, one of the main sectors for job generation in the country (5).

According to the Systematic Survey of Agricultural Production (*Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - LSPA*) released by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE*), the Northeast Region is the second largest orange producer in the country, contributing with 1,251,948 tons in the 2022 harvest, preceded by the Region Southeast, which holds more than 80% of production (6).

Several factors negatively influence citrus expansion growing in the Northeast, such as: hot and dry weather; difficulty in acquiring cultivars that adapt to biotic and abiotic stresses and seedlings with genetic and phytosanitary quality; absence of fertile soils; appropriate water for irrigation; technical assistance and rural extension; and farmers' lack of access to rural credit (7, 8).

Despite these obstacles, Ceará State is the fourth largest producer of oranges in the Northeast Region (9), and has the potential to regenerate and expand the production chain given the absence or control of the main diseases and pests of economic importance and diseases which affect the citrus industry worldwide (10).

Ceará has an orange variety adapted to the semi-arid region, called the 'de Russas' orange, making Russas – a municipality located in the Jaguaribe Valley region – recognized as the "land of oranges" (11). Despite this, the orange harvested area between the years 1990 and 2020 in this municipality was reduced from 70 to 36 hectares. On the other hand, the neighboring municipality, Jaguaruana, located on the East Coast of the State, showed an increase of more than 280% in the harvested area, from 30 to 106 hectares in the same period, being considered a potential producer of the crop in Ceará. Other municipalities are also producers, such as Quixeré, Limoeiro do Norte and

Tabuleiro do Norte, indicating that production is not limited to the municipality of Russas, and has been gaining space in the orchards of the state (12).

Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) Mandioca e Fruticultura in Cruz das Almas (BA) has been studying the ‘de Russas’ orange variety cultivated in the form of unripe plants in the Vale do Jaguaribe region since the mid-1930s (13). This orange is considered sweeter than the ‘Pera’ orange, has been gaining space on consumers’ tables, and has the potential to meet the market demand for table fruit in the state (14).

However, although there are already 8 cultivars (BRS ‘Russas 01’, ‘02’, ‘03’, ‘04’, ‘05’, ‘06’, ‘07’, ‘08’) identified, selected and registered at the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA*), it is only sold *in natura*, without using processes that add value to the product, and there are no studies which detail its food characteristics (15).

This study addresses an integrative literature review which highlights the ‘de Russas’ sweet orange variety in terms of origin and botanical aspects; characteristics and benefits of fruit and juice (its main derivative); production, export and consumption; and characteristics, propagation and production. Its main objective is to transmit information to academia and industry, contributing to disseminate cultural knowledge, local sustainability and the market offer of this derivative.

DEVELOPMENT

1 ORIGIN OF THE SWEET ORANGE

According to researchers, citrus fruits originate in East Asia from the southern slopes of the Himalayas to southern China, Indochina, Thailand, Malaysia and Indonesia (16, 17).

Studies indicate that the orange originated from the crossing of the pomelo (*Citrus maxima* Burm.) with the tangerine (*Citrus reticulata* Blanco) and that it was taken from Asia to North Africa in the Middle Ages, eventually reaching the south of Europe. Finally, it reached the Americas around the year 1500 (18, 19).

Citrus fruits were introduced into Europe with citrons in the 4th century BC, followed by lemon trees (10th century AD), sweet orange trees (15th century AD) and tangerine trees (19th century AD). Christopher Columbus was responsible for taking them to America, more precisely to Haiti, in 1493. Citrus arrived in South Africa in 1654; and in Australia in 1788 (20, 21).

The first introductions of the sweet orange were lost after the fall of the Roman Empire. Then it was reintroduced by the Genoese through their trade routes in 1425. Four types of sweet oranges are recognized: common, navel, pigmented and low-acid oranges (22).

Citrus fruits were introduced in Brazil around 1500 by the first Portuguese colonizing expeditions on the coast of Bahia. Citrus trees in Rio Grande do Sul were brought by the Azoreans in the Rio Taquari Valley in 1760, with seedlings of ungrafted trees, then expanding soon after to the Rio Caí Valley (23).

In a study on oranges in Brazil by Hasse (24) which considered the period from 1500 to 1987, the 'Pera' orange is only mentioned at the end of the 19th century with its origin in Rio de Janeiro, where it was most cultivated. Until that date, the 'Pera' orange had not been mentioned in any publication.

2 BOTANICAL ASPECTS OF THE ORANGE

The orange is one of the most cultivated fruits in the world. It belongs to the Rutaceae family and is divided into two groups: the sweet orange and the sour orange. The sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) is the most important citrus species, and comprises most of the varieties that are cultivated in the world. The 'Pera', 'Valencia', 'Natal' and 'Folha Murcha' varieties stand out in Brazil, intended for direct consumption and juice production (25).

The orange tree is a medium-sized plant reaching an average of 5 to 10 meters in height, with a dense crown and a rounded base. Its leaves are aromatic, green and shiny, the flowers are white and small. The fruit has a rounded shape, orange peel and epicarp rich in pectin. It has several vesicles (buds) of juice protected by a wax film called a peel (flavedo), which contains the substances responsible for the aroma and color of the fruit. There are segments composed of juice vesicles in its inner edible part, in addition to the solid part (membranes and albedo), which is a source of fibers and bioactive compounds, as well as seeds (26, 27, 28).

The climate exerts a direct influence on the quality and composition of the fruits, such as the amount of juice present, the size of the fruit, maturation and solids content. The orange adapts easily in Brazil given the growing conditions, soil and climate. The ideal temperature range for obtaining a fruit with the required quality ranges from 22 to 33 °C (never above 36 °C and never below 12 °C) with an annual average of around 25 °C (29).

Well-distributed rainfall throughout the year contributes to the crop quality, ideally with precipitation of around 1,200 mm occurring. If there is a water deficit, artificial irrigation can be used to correct it. It is preferable that the air humidity is around 60 to 80%. Also, one must think about the influence of the soil, although the orange tree manages to develop in different types of soils: sandy, clayey, deep and permeable, the plant adapts better in sandy-clay, deep and well-drained soils, and shallow soils with the possibility of waterlogging should be avoided (30, 31).

3 CHARACTERISTICS AND BENEFITS OF THE ORANGE AND JUICE

3.1 Nutritional composition

The most effective way to acquire the benefits that the orange has is to consume it in the form of juice or *in natura*. Some studies indicate that eating two oranges a day provides the full amount of vitamin C that the human body needs (19).

According to the Brazilian Food Composition Table (32), fresh 'Pera' orange juice (the most produced variety in Brazil) in a 100 g portion has a nutritional composition of 91.3 g.100 g⁻¹ of water; 7.6 g.100 g⁻¹ of carbohydrates; 0.7 g.100 g⁻¹ of protein; 0.1 g.100 g⁻¹ of lipids; 0.3 g.100 g⁻¹ ash and trace amounts of dietary fiber. Regarding minerals and vitamins, 7 mg.100 g⁻¹ of calcium; 14 mg.100 g⁻¹ of phosphorus; 8 mg.100 g⁻¹ of magnesium; 149 mg.100 g⁻¹ of potassium; 0.03 mg.100 g⁻¹ of manganese; 0.01 mg.100 g⁻¹

¹ of copper; trace amount of iron, sodium and zinc and B1, B2, B3 and B6 vitamins; 73.3 mg.100 g⁻¹ of vitamin C; and a total caloric value of 33 kcal.

According to the Resolution of the Collegiate Board no. 269, of September 22, 2005, the Recommended Daily Intake (RDI) of vitamin C for adults is 45 mg (33), meaning that depending on the variety, growing conditions, post-harvest care, and the preparation method, only a portion of 100 g of orange juice provides the RDI for this nutrient.

In addition to the wide range of mentioned nutritional constituents, the orange also has a high content of micronutrients and phytochemicals, including substances with antioxidant properties (34). Several studies prove that the benefits of eating oranges and its juice come from vitamin C, phenolic compounds, flavonoids and carotenoids, which are bioactive compounds that act in strengthening the immune system (35, 36).

Furthermore, the benefits related to β -carotene, a bioactive compound that gives orange its color, are cited in the literature and can help prevent cancer and heart attacks (37). Consumption of juice can help reduce bad cholesterol (low density lipoprotein - LDL) and increase good cholesterol (high density lipoprotein - HDL) (38).

The antioxidant components of oranges improve blood vessel functioning, and fighting cardiovascular diseases (39). The fibers present in the skin, more precisely the pectin (white part), help with digestion (40). The calcium present in the orange pomace helps in maintaining bones, in forming muscles and blood, and the iron acts in forming hemoglobin and in oxygen transport (41).

Orange juice is the main derivative of the fruit, Decree no. 6.871 regulates Law no. 8.918 (standardization, classification, registration, inspection, production and supervision of beverages), and defines it in art. 18 as: unfermented and undiluted beverage, obtained from the edible part of the orange (*Citrus sinensis*), through an appropriate technological process (42).

In order to obtain a quality product meeting the standards and requirements of the market, Normative Instruction no. 37, of October 1, 2018, of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) provides the parameter analyzes of fruit juice and pulp and the listing of fruits and other complementary attributes to the already established identity and quality standards (43). The orange juice must meet the characteristics and composition described in Table 1.

Table 1 – Characteristics and composition of orange juice according to the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply.

Parameter	Minimum	Maximum
Soluble solids in °Brix, at 20° C	10	-
Ratio of soluble solids in °Brix/acidity in g.100 g ⁻¹ of anhydrous citric acid	7	-
Ascorbic acid (mg.100 mg ⁻¹)	25	-
Total natural orange sugars (g.100 g ⁻¹)	-	13
Orange essential oil (%v/v)	-	0.035

Source: BRASIL (2018).

3.2 Quality attributes

The various characteristics of a fruit directly influence its quality, but its appearance gains prominence with regard to the commercialization of citrus for both *in natura* consumption and for processing (44). Fruit quality attributes relate to appearance, flavor, aroma, texture and nutritional value. The appearance is mainly associated with the external color variable, while the internal color also exerts influence for processing the fruit in elaborating derivatives (45).

The quality of a fruit is one of the main factors that determine its post-harvest destination. In the case of oranges, the following parameters are analyzed to verify their quality: chemical composition, including the content of vitamin C present, expressed in ascorbic acid, pH, soluble solids, titratable acidity, soluble solids/titratable acidity ratio (Ratio), color and fruit flavor (46).

These variables may change depending on the variety, soil, climate and post-harvest storage conditions, and must remain stable to ensure quality until it reaches the consumer's table (47, 48). An alternative to control pre- and post-harvest factors is to monitor the levels of vitamin C present, helping to maintain the highest possible concentrations (49).

3.3 Ascorbic acid

Vitamin C or ascorbic acid is considered an agent with antioxidant potential, with the ability to inhibit the development of oxidative reactions caused in the human body (50, 34).

It is a water-soluble vitamin and is sensitive to high temperatures, rapidly degrading when exposed to oxygen, which is why it is considered an unstable antioxidant. Vitamin C undergoes degradation during food processing, which can be influenced by pH, exposure to light, oxygen and temperature in the face of chemical and biochemical reactions arising from processing and the final packaging and storage stages of the product (51, 52, 53).

Like other antioxidant compounds, the vitamin C content present in fruits is also influenced by environmental conditions, agricultural practices, plant genotype and fruit maturation index (54). Therefore, vitamin C is used as an indicator of quality and even conservation in fruits, vegetables and their derivatives, as it degrades more easily during storage than other compounds that may be present (55).

Orange juice plays an important role in achieving the Recommended Daily Intake of vitamin C, since human beings are not capable of synthesizing ascorbic acid in their bodies, requiring a dietary source to reach the RDI (56).

Several analysis techniques have been used to quantify the vitamin C present in fruit juices, such as titrimetry, fluorometry, spectrophotometry, and other more sensitive ones such as high-performance liquid chromatography (HPLC), which stands out due to its property of separating analytical interferences and speed in sample preparation, providing less conditions for the degradation of ascorbic acid (57, 58, 59).

3.4 Volatile organic compounds

Two other quality parameters which are also very important are the aroma and flavor of the product. These are sensory characteristics which please consumers,

especially in the case of juice, as it is closely related to the aroma of fresh fruit, such as orange juice (60, 61, 62).

The constitution of fruit aroma comes from the release of low molecular weight (MW) volatile compounds which give off odors, which in turn are captured by the olfactory sensory system of human beings. The aroma is also associated with the parameters of color, texture and size of a fruit, and contributes to the consumer's propensity to purchase it. It also enables differentiating varieties of the same species and characterizing their quality (63).

Volatile organic compounds (VOCs) have a hydrophobic character and low molecular mass, with approximately 20 carbon atoms, making them easily able to evaporate at room temperature, to cross cell membranes, and be released into the air or soil in the absence of a diffusion barrier (64).

VOCs belong to different chemical classes, mainly including compounds of terpene origin and derivatives of fatty acids, such as alcohols, ketones, lactones, aromatic compounds and esters, which form the food aroma in minimal combinations (65).

Terpenes make up a vast group of organic molecules, synthesized as secondary metabolites, mainly by plants, protecting them from attacks by external agents due to their antimicrobial action. They are chemically called hydrocarbons when composed of only carbon and hydrogen, but they are called terpenoids if they have oxygen in their structure, and perform various organic functions such as: acids, alcohols, aldehydes, ketones, ethers, phenols or terpene epoxides, and can still be cyclic or aromatic (66).

The terpenes are classified based on the amount of isoprene units in their structure (C_5H_8). Those with two isoprene units, or ten carbons, are called monoterpenes (absence of oxygen) or monoterpenoids (presence of oxygen) (67). Monoterpenes and monoterpenoids have prominent volatilization capacity which relevantly contribute to the aroma of natural products, especially citrus fruits, spices, condiments and aromatic herbs. However, terpenes with larger size molecules do not have such characteristics (68).

The volatile compounds were determined through gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). Techniques emerged starting in the 1960s to evaluate the importance of each volatile compound in the aroma and taste of food (69, 70).

Figueiredo, Tocchini and Bordoni (71) were the pioneers in research with Brazilian juices, preparing concentrated orange juice and evaluating the volatile profile of the juices for 180 days, using the headspace-gas chromatography technique, and the sensory acceptance of the products. Brealey (72) and Mirhosseini et al. (73) quantified and qualified the volatile organic compounds present in oranges, among which α -Pinene, β -Pinene, 3-Carene, para-Cymene and D-Limonene stand out.

4 PRODUCTION, EXPORTATION AND CONSUMPTION

4.1 *In natura* orange

The production of citrus fruits is considered one of the most important commercial activities in many countries with tropical and subtropical climates such as Brazil, India and China, which are currently the main citrus producing countries in the world (34).

According to data from the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Brazil leads the ranking of world production of oranges. Oranges remain

in the 6th position of the ten best commodities in the country, with a production of 16,214,982 tons in 2021 (last update) (74).

Data from the Municipal Agricultural Production (*Produção Agrícola Municipal - PAM*) survey released by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (*IBGE*) report that 574,563 hectares of orange trees were planted in Brazil in 2020, along with 572,698 hectares of harvested area. The country produced 16,707,897 tons of oranges, with an average yield of 29,174 kg per hectare, and a production value of R\$10,898,251.00, accounting for 2.3% of the total production value of the main products of national agriculture, in turn occupying fourth position of the main products of the Southeast Region (75).

According to the report “Citrus: World Markets and Trade”, released by the Department of Agriculture of the United States (United States Department of Agriculture – USDA) in January 2022, a total of 8.0 million tons of fresh oranges were exported out of Brazil from July 2021 to January 2022. Brazil presented a consumption of 4.749 million tons of oranges, reporting that 30.259 million tons of oranges were consumed worldwide in the same period (76).

4.2 Frozen concentrated orange juice

Brazil remains the world’s largest producer and exporter of frozen concentrated orange juice (65 °Brix) (frozen concentrated orange juice – FCOJ) (74). Data from the 2022 Brazilian Horti&Fruti Yearbook indicate that orange juice production in the main Brazilian citrus belt (São Paulo and Triângulo/Southwest Mineiro) was estimated at 820,567 tons in the 2021/22 harvest, equating a 2% reduction compared to the previous period due to climatic problems (3).

Brazil was responsible for three quarters of global exports in the period 2021/22. Brazil exported 1.000 million tons of frozen concentrated orange juice in the period from July 2021 to January 2022, with Europe remaining the main destination. In the same period, there was consumption of 75,000 tons of orange juice in Brazil, and 1.699 million tons worldwide (76).

5 ‘DE RUSSAS’ ORANGE

It is believed that the ‘de Russas’ orange (Figure 1) had already arrived in the Vale do Jaguaribe region through the Portuguese Jesuits in the mid-1930s when they introduced the seeds, and since then were cultivated in the form of unripe plants (propagated by seeds), arousing the interest of farmers, researchers and traders (13).



Figure 1 – (A) ‘de Russas’ orange tree and (B) ‘de Russas’ oranges.

By using the seeds of the ‘de Russas’ orange which had more desirable characteristics, small farmers were able to select mutations that would please the palate of consumers of citrus fruits in the Vale do Jaguaribe region. This orange was the most preferred in the capital of Ceará until the mid-1990s, but is currently unknown by the majority of wholesalers that operate at the *Central de Abastecimento* of Fortaleza, CE (Ceasa) (11, 10).

5.1 Botanical characteristics

The ‘de Russas’ orange is a variety of the sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). The adult plant is grafted onto ‘Swingle’ citrumelo, its crown is rounded, medium-sized, 3.4 to 4.0 meters high, with a diameter ranging from 2.7 to 3.5 meters at seven years old. Its leaf is large, light green in color and has a curved limb; the fruit has a cylindrical shape, medium to large size, ranging from 190 to 270 g; the rind is smooth or rough, predominantly green and with an orange pulp; the number of seeds per fruit ranges from 2 to 18. The BRS ‘Russas 01’ and BRS ‘Russas 02’ varieties have few seeds (0 to 6), being considered seedless (13, 14).

It has total acidity between 0.6 and 0.9%, total soluble solids from 6.6 to 8.4 °Brix and the soluble solids/titratable acidity ratio (Ratio) ranging from 7.6 to 15.2. Its productivity ranges from 40 to 60 tons per hectare, with flowering mainly in September and maturation in the mid-season (May and June) (8, 15).

5.2 Propagation

The ‘de Russas’ orange tree plantations were usually planted with non-grafted seedlings (ungrafted plants) without formation pruning which provokes a delay in their development, expanding the size of the plant and making it more vulnerable to diseases, namely rot or gummosis as a major example (11, 14).

Although the Vale do Jaguaribe and the East Coast of Ceará regions have favorable climatic conditions and available water resources, the belt of orange groves in the state is centered on ‘de Russas’ oranges, which are susceptible to *Phytophthora* gummosis, one of the main Brazilian citriculture diseases (10).

In order to collaborate with the valorization of citrus growing in Ceará, *Embrapa Mandioca e Fruticultura* in Cruz das Almas (BA) developed the Citriculture Revitalization Project in the Jaguaribe Valley, with support from the Banco do Nordeste and the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará Campus Limoeiro do Norte, introducing varieties adapted to the region, including the ‘de Russas’ orange, and evaluating different rootstocks under different managements (11).

Grafting is the most used vegetative propagation form (seed-free), which combines a graft and a root holder, joining the two parts to form a new plant with common characteristics. Grafting has been known since the 5th century, but only since the emergence of gomosis on the island of the Azores in 1842 was there a change in citrus cultivation to grafting (77).

The goal of grafting is to gain more productive cultivars, fruits with few seeds and greater juice content, attractive coloration, a balance between sugar and acidity, thereby exerting direct influence on productivity and fruits (78). The first rootstocks used in citrus were sweet oranges which do not tolerate drought and are highly susceptible to gomosis. The most widely used species as a root holder in Brazilian citrus since 1960 is the ‘clove’

(*Citrus Limonia* Osbeck) due to its tolerance to drought and the citrus tristeza (sadness) virus (79).

5.3 Organic production and family farming

Organic agriculture was idealized by Albert Howard between the years 1925 and 1930 in India, originating as an alternative means of production. It was the opposite of conventional production that was growing rapidly around the world, especially in the United States and Europe, highlighting the great importance of organic matter in the production system. Its main aspect is the non-use of pesticides, chemical fertilizers or synthetic substances which harm the environment. Organic production means the rational use of soil, water, air and other natural resources (80).

The production of organic food and its demand by consumers have shown rapid growth in recent years, especially in Brazil. This increase is in principle associated with rejection of the conventional model, which increasingly uses fertilizers and pesticides which directly affect consumer health; the constant search for new ways to consume these foods; and finally, the advancement of scientific research for innovative tools and resources for use in organic productivity (81, 82).

Despite consumers expressing fear of purchasing a product due to lack of proof that it comes from organic cultivation, several countries have adopted organic certification systems. Institutions accredited by regulatory bodies assess whether the product is in fact organic, granting certificates of conformity and authorization for the use of seals, contributing to identify regulated products (83).

The main Brazilian certification companies are: *AAO (Associação de Agricultura Orgânica)*, *ABIO (Associação de Agricultores Biológicos do Rio de Janeiro)*, *Fundação Mokiti Okada*, *Coolméia*, *Ecocert*, *TECPAR (Instituto de Tecnologia do Paraná)*, *IMO Control do Brasil* and *IBD (Instituto Biodinâmico)*, with the latter being considered the largest certifier of organic and sustainable products in Latin America. For conformity assessment, these certifiers comply with international procedures and criteria, in addition to the technical requirements established by Brazilian legislation (84).

IBD was accredited by the International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) in 1995; it acquired accreditation from the International Organic Accreditation Service and the European market in 1999; it was accredited to the American market in 2002; and, it received *MAPA* accreditation in 2010 (85).

Law 10,831 in Brazil in 2003 established what an organic production system is and defined its purposes (86). Then, the production and commercialization of organic products was regulated in 2007 by Decree no. 6.323 (87). Normative Instruction no. 18 in 2014 established the single seal of the Brazilian Organic Conformity Assessment System, *SisOrg* (88). There are also North American, European, Japanese, Swiss, Chinese, and Canadian seals, among others, varying according to the product's origin certification standards.

In addition to the aforementioned seals, there is Fair for Life, a certification program that reconciles organic and fair trade certification. It was created in 2006 by the Swiss Bio-Foundation in cooperation with the IMO Group and delivered to the Ecocert group in 2014, and is also responsible for all supply chain documentation (89).

There are currently three ways to obtain quality assurance certification for an organic product in Brazil: 1. Hiring an Audit; 2. Connection to a Participatory Guarantee System; and 3. Formation of a Social Control Organization. The seal must appear on certified products according to instructions in the application manual (90).

According to The World of Organic Agriculture statistical yearbook released by the Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and IFOAM in 2019, 3.1 million organic producers were registered worldwide, and the world organic food market reached 106 billion euros, with the United States in the lead, followed by Germany and France (91).

According to the Institute for Applied Economic Research (*Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA*), there was an average annual increase of 19% in organic production units between 2010 and 2018, and of almost 17% in the number of organic producers registered in MAPA. Most of these units are concentrated in the Northeast Region (with emphasis on the border between Bahia, Pernambuco, Piauí and Ceará), in the South Region, and in part of the states of São Paulo, Rio de Janeiro and Espírito Santo (92).

Data from the National Register of Organic Producers (*Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos - CNPO*) of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) show that Brazil has more than 23,000 registered organic producers (up until February 3, 2023); significantly responding to the 19,978 registrations in 2019, Ceará specifically has 1,008 registered organic producers, representing an increase of more than 63% compared to 2019, which had only 616 registrations (93).

The aforementioned rates can be justified by the growing search by consumers for organic food, serving as an incentive for family farmers who began to show interest in migrating from conventional to organic production, and those who had already adhered to the new system were driven to increase its productivity and increasing profitability, improving the quality of its products on a sustainable basis and positioning itself more expressively in the organic market. Although the importance of family farming for agricultural development is known, especially in rural areas, there are still obstacles and challenges associated with this model (94).

Some examples of these differences need to be highlighted, such as: obstacles to increasing food production, high deforestation rates in arable areas, insufficiency and inefficiency of agrarian reform, technological differences, instability in technical assistance and rural extension, as well as scarce agricultural financing (95, 96).

For example, the cultivation of 'de Russas' oranges in Ceará is basically carried out on small properties with an integration of agriculture and livestock, led by family farming (14). A study carried out demonstrates that although citrus growing in Ceará is a viable path for the socioeconomic stability of these farmers, they do not reach the rural credit line, having a low monthly income of up to three minimum monthly salaries per month (8).

In view of this, it is necessary to disseminate this information to family farmers so that they realize the importance of the agricultural activity they develop for society, as well as for the environment (97).

5.4 Cultivars

The cultivation of the ‘de Russas’ orange has as a historical characteristic the propagation by seeds that were empirically selected in small and medium-sized family farms in the region of the municipality of Russas, which thus led to its name (11).

Ordinance no. 527 of MAPA (98) instituted the National Cultivar Registry (*Registro Nacional de Cultivares - RNC*), with the aim of organizing, systematizing and controlling the production and sale of seeds and seedlings. The RNC is governed by Law no. 10,711 (99) and regulated by Decree no. 10,586 (100). The eight ‘de Russas’ orange cultivars (BRS ‘Russas 01’ to ‘08’) were registered by Embrapa, with the BRS ‘Russas 03’ cultivar being registered with a date of 2011; and the others in 2013 (101).

Law no. 9,456 (102) instituted the Protection of Cultivars, which is regulated by Decree no. 2,366 of November 5, 1997 (103), within the scope of MAPA, responsible for registrations through the National Service for the Protection of Cultivars (*Serviço Nacional de Proteção de Cultivares - SNPC*). However, the ‘de Russas’ orange variety has not yet been registered with the SNPC.

CONCLUSION

Based on this review, it appears that the ‘de Russas’ orange currently represents an expressive example of family farming in the interior of the state of Ceará. In addition, that organic cultivation is yet another way of preserving family farming in the semi-arid region of Ceará, reducing hunger and social inequality, contributing to expand citriculture in the State and to the appreciation of the traditional ‘de Russas’ sweet orange variety.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)*, the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)* for the Master’s scholarship granted to the first author and the *Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP)* scholarship no.: BP4-0172-00061.01.00/2020).

REFERENCES

1. Araújo ACC, Budoia SAG. Características físico-químicas e benefícios da farinha de laranja. *Nutr Bras.* 2019;18(1):49–54.
2. Sharma K, Mahato N, Cho MH, Lee YR. Converting citrus wastes into value-added products: Economic and environmently friendly approaches. *Nutr.* 2017; 34(2):29–46.
3. Kist BB, Carvalho C de, Beling RR. *Anuário brasileiro de Horti&Fruti 2022.* Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz; 2022.
4. Guerreiro Neto G, Figueira SRF. Maior dificuldade fitossanitária à produção da laranja no principal cinturão citrícola brasileiro-safras de 2017 a 2019. *Citrus R&T.* 2021;42(e1066):1–10.

5. CitrusBR. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. Citricultura gera mais de 38 mil empregos em 2020 [Internet]. 2021 [acesso em 12 Set 2022]. Disponível em: <https://citrusbr.com/noticias/citricultura-gera-mais-de-38-mil-empregos-em-2020/>
6. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA janeiro de 2023 [Internet]. 2023 [acesso em 16 Fev 2023]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/ceara>
7. Almeida CO, Passos OS. Citricultura brasileira em busca de novos rumos: desafios e oportunidades na região Nordeste. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; 2011.
8. Sombra KES, Silva ACC, Loureiro FLC, Uchôa CN. A citricultura como instrumento de preservação da agricultura familiar no semiárido cearense, Brasil. Rev Ext Estud Rurais. 2018a;7(1):21–40.
9. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal – PAM 2020 [Internet]. 2021 [acesso em 15 Set 2022]. Disponível em: <https://ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>
10. Sombra KES, Andrade HM, Loureiro FLC, Oliveira FE, Bastos DC, Uchôa CN. Desenvolvimento de laranjeiras variedade “de Russas” pés francos e clones enxertados no semiárido Cearense. Nativa. 2019;7(1):6–12.
11. Passos OS, Souza J da S, Almeida CO de, Carvalho JEB de, Bastos DC, Ledo CA da S. Revitalização da citricultura do Vale Jaguaribe - CE. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; 2020.
12. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra: Produção Agrícola Municipal – 1990 a 2020 [Internet]. 2020a [acesso em 16 Set 2022]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>
13. Passos OS, Soares Filho WS, Barbosa CJ, Cunha Sobrinho AP. Clones da laranjeira ‘DE RUSSAS’. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; 2013.
14. Sombra KES, Silva ACC, Loureiro FLC, Bastos DC. Citricultura desenvolvida na agricultura de base familiar do município de Russas, Ceará. Cult Agron. 2016;25(3):303–316.
15. Sombra KES, Silva ACC, Rodrigues AJO, Loureiro FLC, Uchôa CN, Souza PA. Identificação e caracterização físico-química de frutos de laranja de Russas no semiárido cearense, Brasil. Citrus R&T. 2018b;39(e1035):1–9.

16. Agustí M. Citricultura. 2 ed. Madrid: Mundi-Prensa Libros; 2003.
17. Davies FS, Albrigo D. History, distribution and uses of citrus fruit. In: Donadio LC (Ed.) Citrus. Wallingford: Cab International; 1994.
18. Reis B. Incidência de cancro cítrico e produção e qualidade de frutos em laranjeira-de-umbigo ‘Monte Parnaso’ enxertada sobre sete porta-enxertos [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2006.
19. Silva AS. Determinação de macrocomponentes na laranja (*Citrus sinensis*): variedades pera e lima, comercializados no município de São Luís – MA [monografia]. São Luiz: Universidade Federal do Maranhão; 2015.
20. Dornelles C. Introdução à citricultura. Porto Alegre: Mercado Aberto; 1988.
21. Koller OC. Citricultura: laranja, limão e tangerina. Porto Alegre: Editora Rigel; 1994.
22. Albrigo LG, Stelinski LL, Timmer LW. History, distribution and uses of citrus fruit. Citrus. 2 ed. Wallingford: Cab International; 2019.
23. Moreira CS, Moreira S. História da citricultura no Brasil. In: Rodriguez O, Viegas FCP, Pompeu Júnior J. (Orgs.). Citricultura Brasileira. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill; 1991.
24. Hasse G. A laranja no Brasil 1500-1987: a história da agroindústria citrícola Brasileira, dos quintais coloniais às fábricas exportadoras de suco do século XX. São Paulo: Duprat & Iobe; 1987.
25. Bastos DC, Ferreira EA, Passos OS, Sá JF de, Ataíde EM, Calgaro M. Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. Inf Agrop. 2014;35(281):36–45.
26. CitrusBR. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. A Fruta – Laranja e Suco [Internet]. 2020 [acesso em 06 Set 2022]. Disponível em: <http://www.citrusbr.com/laranjaesuco/?ins=20#>
27. Neves MF, Trombin VG, Milan P, Lopes FF, Cressoni F, Kalaki R. O retrato da citricultura brasileira. Ribeirão Preto: FEA/USP; 2011.
28. UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (org.). Características botânicas [Internet]. 2020 [acesso em 23 Ago 2022]. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/afeira/materias-primas/frutas/laranja/caracteristicas-botanicas>
29. Andrade LP de. Extração e biotransformação de flavonoides a partir de resíduo de indústria cítrica [dissertação]. Araraquara: Universidade Estadual Paulista; 2019.

30. Cunha Sobrinho AP, Magalhães AFJ, Souza AS, Passos OS, Soares Filho WS. A Cultura dos Citros. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2013.
31. Oliveira LAE de, Menelau S. Atributos do produto e influências ambientais no comportamento do consumidor de suco de laranja do Distrito Federal. *Organ Rurais Agroind.* 2017;19(1):60–74.
32. TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4. ed. Campinas: NEPA-UNICAMP; 2011.
33. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteínas, vitaminas e minerais. *Diário Oficial da União.* 23 set 2005; Seção 1:372.
34. Sdiri S, Cuenca J, Navarro P, Salvador A, Bermejo A. New triploids late-maturing mandarins as a rich source of antioxidant compounds. *Eur Food Res Technol.* 2020;246(1):225–237.
35. Gonçalves D, Lima C, Ferreira P, Costa P, Costa A, Figueiredo W, et al. Orange juice as dietary source of antioxidants for patients with hepatitis C under antiviral therapy. *Food Nutr Res.* 2017;61(1):1296675.
36. Miles EA, Calder PC. Effects of citrus fruit juices and their bioactive components on inflammation and immunity: A narrative review. *Front Immunol.* 2021;12(2558):1–18.
37. Johnson EJ, Russell RM. Beta-carotene. In: Coates P, Blackman M, Cragg GM, Levine MA, Moss J, White JD. (Orgs.) *Encyclopedia of Dietary Supplements.* New York: Marcel Dekker; 2004.
38. Franke AA, Cooney RV, Henning SM, Custer LJ. Bioavailability and antioxidant effects of orange juice components in humans. *J Agric Food Chem.* 2005; 53(13):5170–5178.
39. Buscemi S, Rosafio G, Arcoleo G, Mattina A, Canino B, Montana M, et al. Effects of red orange juice intake on endothelial function and inflammatory markers in adult subjects with increased cardiovascular risk. *Am J Clin Nutr.* 2012;95(5):1089–1095.
40. Wang L, Xu H, Yuan F, Fan R, Gao Y. Preparation and physicochemical properties of soluble dietary fiber from orange peel assisted by steam explosion and dilute acid soaking. *Food Chem.* 2015;185(10):90–98.
41. Silva JCS, Orlando EA, Rebellato AP, Pallone J. A Optimization and validation of a simple method for mineral potential evaluation in citrus residue. *Food Anal Methods.* 2017;10(6):1899–1908.

42. Brasil. Atos do Poder Executivo. Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da União. 05 jun 2009; Seção 1:20.
43. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 37, de 01 de outubro de 2018. Estabelece os parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas e a listagem das frutas e demais quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade já fixados. Diário Oficial da União. 08 out 2018; Seção 1:23.
44. Lemos LMC, Siqueira DL, Salomão LCC, Cecon PR, Lemos JP. Características físico-químicas da laranja-Pera em função da posição na copa. Rev Bras Frutic. 2012;34(4):1091–1097.
45. Coelho BES, Duarte VM, Silva LFM, Sousa KSM, Figueiredo Neto A. Atributos físico-químicos de frutos de laranja ‘Pêra’ produzidos sob sistemas de cultivo orgânico e convencional. Rev Bras Meio Ambiente. 2019;5(1):128–137.
46. Amaro KC, Tadini CC. The optimal time-temperature conditions for orange juice microwave-assisted pasteurization. LWT. 2021;150:111907.
47. Chitarra MIF, Chitarra AB. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEP; 2005.
48. Fellows PJ. Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e práticas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed; 2019.
49. Costa J de O. Determinação do teor de vitamina C em polpas de frutas congeladas por Iodimetria: uma opção para o controle de qualidade? [trabalho de conclusão de curso]. Vitória de Santo Antão: Universidade Federal de Pernambuco; 2016.
50. Cunha KD, Silva PRD, Costa ALF, Fonseca S da, Teodoro AJ, Koblitz MGB. Estabilidade de ácido ascórbico em sucos de frutas frescos sob diferentes formas de armazenamento. Braz J Food Technol. 2014;17(2):139–145.
51. Cardoso JA da C, Rossales RR, Limons B, Reis SF, Schumacher B de O, Helbig E. Teor e estabilidade de vitamina C em sucos *in natura* e industrializados. Mundo Saúde. 2015;39(4):460–469.
52. Fonseca NC, Petean PG da C. Determinação dos parâmetros cinéticos de degradação da vitamina C em suco de laranja. Rev Bras Iniciaç Cient. 2018;5(3)46–59.
53. Saqueti BHF, Alves ES, Ponhozi IBS, Castilho PA, Castro MC, Souza PM, et al. Viabilidade da obtenção de polpa de acerola (*Malpighia* spp) microencapsulada e liofilizada: Uma revisão. Res Soc Dev. 2021;10(2):e30410212536.

54. Romeo R, Bruno AD, Piscopo A, Medina E, Ramírez E, Brenes M, et al. Effects of phenolic enrichment on vitamin C and antioxidant activity of commercial orange juice. *Brazilian J Food Technol.* 2020;23(e2019130):1–12.
55. Souza LF da S, Domingos LF, Farias VL da S, Luzia DMM. Avaliação físico-química e estabilidade do ácido ascórbico em sucos de frutas comercializados no município de Frutal, Minas Gerais. *Revista Verde.* 2017;12(4):791–797.
56. Dallago RM, Pascuetti Tres B, Denti AF, Oro CED, Dornelles Venquiariuto L. Avaliação de sucos de laranja artesanais produzidos na Microrregião de Erechim. *Persp.* 2020;44(167):15–24.
57. Rosa JS da, Godoy RL de O, Oiano Neto J, Campos R da S, Matta VM da, Freire CA, et al. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. *Food Sci Technol.* 2007;27(4):837–846.
58. Fabricio DS. Determinação de vitamina C em suco de frutas *in natura* e industrializados por cromatografia líquida e titulação iodométrica [trabalho de conclusão de curso]. Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2018.
59. Mendonça JKA, Fontana TC. Variação da concentração de vitamina C em sucos de laranja armazenados com diferentes condições de luminosidade e temperatura. *Rev Thema.* 2021;19(1):95–106.
60. Fan G, Lu W, Yao X, Zhang Y, Wang K, Pan S. Effect of fermentation on free and bound volatile compounds of orange juice. *Flavour Fragr J.* 2009;24(5):219–225.
61. Marques S. Otimização das condições de extração por micro-extração em fase sólida (SPME) de compostos voláteis de suco de tangerina [monografia]. São Carlos: Universidade de São Paulo; 2016.
62. Marques S. Influência de diferentes porta-enxertos na composição química dos óleos essenciais e do suco de tangerina Fremont IAC 543 [dissertação]. São Carlos: Universidade de São Paulo; 2019.
63. Mariano APX, Ramos ALCC, Oliveira Júnior AH de, García YM, Paula ACCFF de, Silva MR, et al. Optimization of Extraction Conditions and Characterization of Volatile Organic Compounds of *Eugenia klotzschiana* O. Berg Fruit Pulp. *Molecules.* 2022;27(3):935.
64. Schenkel D, Lemfack MC, Piechulla B, Splivallo R. A meta-analysis approach for assessing the diversity and specificity of belowground root and microbial volatiles. *Front Plant Sci.* 2015;6(707):1–11.

65. García YM, Rufini J, Campos MP, Guedes MN, Augusti R, Melo JO. SPME fiber evaluation for volatile organic compounds extraction from acerola. *J Braz Chem Soc.* 2019;30(2):247–255.
66. Pinheiro CL, Taranto OP, Tomaz E. Study of volatile organic compounds (VOCs) emitted by orange bagasse drying process. *Process Saf Environ Prot.* 2018;114(2):16–24.
67. Bezerra RV, Oliveira HMBF de, Lima CMBL, Diniz M de FFM, Pêsoa H de LF, Oliveira Filho AA de. Atividade antimicrobiana dos monoterpenos (R)-(+)-citronelal,(S)-(-)-citronelal e 7-hidroxicitronelal contra cepa de *Bacillus Subtilis*. *Rev Uningá.* 2019;56(2):62–69.
68. Felipe LO, Bicas JL. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. *Quim Nova.* 2017;39(2):120–130.
69. Canuto KM, Garruti D dos S, Magalhães HCR. Microextração em fase sólida: métodos analíticos práticos para extração de compostos voláteis de frutas. *Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*; 2011.
70. Nascimento RF do, Lima ACA de, Barbosa PGA, Silva VPA da. *Cromatografia gasosa: aspectos teóricos e práticos.* Fortaleza: Imprensa Universitária; 2018.
71. Figueiredo IB, Tocchini RP, Bordoni LCAG. Observações sobre os componentes voláteis e alterações organolépticas em sucos concentrados de laranja pera. *Bol Inst Technol Alim.* 1979;16(2):191–207.
72. Brealey O. *Aroma e compostos voláteis da laranja [dissertação].* Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 1972.
73. Mirhosseini H, Salmah Y, Nazimah SAH, Tan CP. Solid-phase microextraction for headspace analysis of key volatile organic compounds in orange beverage emulsion. *Food Chem.* 2007;105(4):1659–1670.
74. FAO. Food and Agriculture of the United Nations. Statistical Databases [Internet]. 2022 [acesso em 2023 Fev 16]. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/commodities_by_country
75. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal – PAM.* Rio de Janeiro: IBGE; 2020b.
76. USDA. United States Department of Agriculture. *Citrus: World Markets and Trade.* Washington: Foreign Agricultural Service; 2022.
77. Buzaglo GB. *Combinações copa – porta-enxerto alternativas para produção de laranja doce na região metropolitana de Manaus-AM [dissertação].* Manaus: Universidade Federal do Amazonas; 2021.

78. Crasque J, Cerri Neto B, Souza GAR de, Costa RJ, Arantes L de O, Arantes SD, et al. Características físico-químicas de frutos de laranja em diferentes porta-enxertos. *Int J Dev Res.* 2020;10(08):39534–39539.
79. Costa DP, Stuchi ES, Girardi EA, Moreira AS, Gesteira A da S, Coelho Filho MA, et al. Less is more: A hard way to get potential dwarfing hybrid rootstocks for Valencia sweet orange. *Agriculture.* 2021;11(4):354–374.
80. Sousa MJD de, Cajú MAD, Oliveira CPA. A importância da produção agrícola orgânica na agricultura familiar. *Id on Line Rev Psic.* 2016;10(31):82–100.
81. Lourenço AV, Schneider S, Gazolla M. A agricultura orgânica no Brasil: um perfil a partir do censo agropecuário 2006. *Exten Rur.* 2017;24(1):42–61.
82. Maas L, Malvestiti R, Vergara LGL, Gontijo LA. Agricultura orgânica: uma tendência saudável para o produtor. *Cadernos de C&T.* 2018;35(1):75–92.
83. Martinelli JT. Sistema de processamento orgânico em indústrias produtoras de alimentos: um estudo de caso [trabalho de conclusão de curso]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2019.
84. Moraes MD de, Oliveira NAM de. Produção orgânica e agricultura familiar: obstáculos e oportunidades. *Rev Desenvol Socioecon Debate.* 2017;3(1):19–37.
85. IBD. Instituto Biodinâmico. Certificações [Internet]. [acesso em 10 Set 2022]. Disponível em: <https://www.ibd.com.br/certificacoes/>
86. Brasil. Atos do Poder Legislativo. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. *Diário Oficial da União.* 24 dez 2003a; Seção 1:8.
87. Brasil. Atos do Poder Executivo. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. *Diário Oficial da União.* 28 dez 2007; Seção 1:2.
88. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 18, de 20 de junho de 2014. Institui o selo único oficial do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica e estabelece os requisitos para a sua utilização. *Diário Oficial da União.* 23 jun 2014; Seção 1:2.
89. Kemper L, Partzsch L. Saving water while doing business: Corporate agenda-setting and water sustainability. *Water.* 2019;11(297):1–30.
90. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regularização da Produção Orgânica [Internet]. 2021 [acesso em 15 Set 2022]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/regularizacao-da-producao-organica>

91. FiBL. Research Institute of Organic Agriculture. IFOAM. Organics International. The World of Organic Agriculture. Statistics & Emerging Trends [Internet]. 2021 [acesso em 12 Set 2022]. Disponível em: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1150-organic-world-2021.pdf>
92. IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil. Texto para discussão. Brasília: Ipea; 2020.
93. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Orgânicos: Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos [Internet]. 2022 [acesso em 22 Fev 2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>
94. Duarte LC, Weber C, Amorim G dos S, Spanevello RM, Lago A. Mercados para a agricultura familiar. *Braz J Dev.* 2020;6(7):44370–44384.
95. Paula MM de, Kamimura QP, Silva JLG da. Mercados institucionais na agricultura familiar: dificuldades e desafios. *Rev Polit Agric.* 2014;23(1):33–43.
96. Pinho GA de, Pedroso OS, Sá Durlo R de, Guedes SNR. A agricultura orgânica como nicho de atividades para a agricultura familiar no Brasil: dificuldades e possibilidades. *Rev Iniciativa Econ.* 2015;2(1):1–23.
97. Sousa WD, Melo FKE de, Sousa EP de. Sustentabilidade da agricultura familiar no município de Barro - CE. *Rev Gest Sustent Ambiental.* 2017;6(2):302–327.
98. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 527, de 30 de dezembro de 1997. Institui o Registro Nacional de Cultivares - RNC, e procedimentos de inscrição. *Diário Oficial da União.* 07 jan 1998; Seção 1:100.
99. Brasil. Atos do Poder Executivo. Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. *Diário Oficial da União.* 06 ago 2003b; Seção 1:1.
100. Brasil. Ato do Poder Executivo. Decreto nº 10.586, de 18 de dezembro de 2020. Regulamenta a Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Proteção de Cultivares, dispõe sobre o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares - SNPC, e dá outras providências. *Diário Oficial da União.* 21 dez 2020; Seção 1:2.
101. SRNC. Sistema de Registro Nacional de Cultivares. CGSM. Coordenação-Geral de Sementes e Mudanças. DSV. Departamento de Sanidade Vegetal e Insumos Agrícolas. DAS. Secretaria de Defesa Agropecuária. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registro Nacional de Cultivares – RNC [Internet]. 2021 [acesso em 04 Set 2022]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/registro-nacional-de-cultivares-2013-rnc-1>

102. Brasil. Atos do Poder Legislativo. Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. Diário Oficial da União. 28 abr 1997a; Seção 1:8241.

103. Brasil. Atos do Poder Executivo. Decreto nº 2.366, de 05 de novembro de 1997. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças. Diário Oficial da União. 06 nov 1997b; Seção 1:25333.

Capítulo 24**Doi.org/10.53934/9786585062060-24****DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO ÓPTICA E FÍSICO-QUÍMICA DE FILME BIODEGRADÁVEL E COMESTÍVEL UTILIZANDO CASCA DE ARROZ (*Oriza sativa L.*) E FALHA DE PINHÃO (*Araucaria angustifolia*)**

Ana Caroline Ferreira Carvalho *; João Miguel Garcia Conegero ; Sávio Leandro Bertoli ; Cristiane Vieira Helm ; Mirza Lahud ; Carolina Krebs de Souza 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: anacarolinefc@outlook.com

Resumo: O material utilizado para produzir embalagens plásticas ao longo dos anos tem sido o petróleo e o elevado acúmulo destes materiais é uma das causas negativas que tem impacto ao meio ambiente. Nos últimos anos, tem havido um interesse crescente em embalagens de base biológica para minimizar este problema. O objetivo deste trabalho consistiu em desenvolver um filme biodegradável e comestível a partir da valorização de subprodutos do agronegócio, como casca de arroz (*Oriza sativa L.*) e falha de pinhão (*Araucaria angustifolia*). Foi realizado através da metodologia *casting* o desenvolvimento de 7 filmes com matérias-primas comestíveis e concentrações distintas de extratos aquosos de casca de arroz e de falha de pinhão. Foram determinadas propriedades físico-químicas e óptica dos filmes biodegradáveis. Os filmes apresentaram resultados satisfatórios em relação à cor, espessura, teor de umidade e solubilidade. Estes resultados indicam a possibilidade da substituição de materiais sintéticos à base de petróleo pelo bioplástico desenvolvido.

Palavras-chave: Filme; biopolímero; bioeconomia circular; casca de arroz; falha de pinhão.

INTRODUÇÃO

A aplicação adequada de embalagens é primordial para garantir a qualidade e a segurança dos alimentos/bebidas, uma vez que protege contra danos biológicos, químicos, físicos e mecânicos durante o transporte e armazenamento (1–3). As embalagens à base de petróleo têm sido utilizadas durante muitos anos devido sua facilidade de manuseio com características como durabilidade, baixo custo, qualidade estética e versatilidade (4). O plástico pode ser flexível, rígido, de diferentes tamanhos, formas e está disponível em aplicações, por exemplo, em embalagem, transporte, construção e agricultura (5).

Com base em questões ambientais, regulamentos internacionais estão incentivando empresas e indústrias para investir na utilização de embalagens de alimentos *Eco-Friendly* (amiga do meio ambiente) com um tempo menor de degradação, e que são descartadas logo após o uso (6). Desta forma, os impactos ecológicos desfavoráveis causados pelo descarte de polímeros sintéticos podem ser significativamente reduzidos

com o uso de polímeros biodegradáveis (7), que sofrem a decomposição por ação microbiológica (8,9).

Ao mesmo tempo, o excesso de resíduos agroindustriais gerados pela cadeia de produção da indústria aumentou seus interesses pela preocupação tanto com aspectos ambientais, quanto financeiros (10,11). Alguns destes resíduos passam por bioprocessamento como matéria prima aumentando seu valor, mas grande parte ainda são descartados em aterros sanitários (12).

O estado de Santa Catarina é uma referência no setor de agronegócios e destaca-se em relação à produção e diversidade. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (13), Santa Catarina é o segundo maior produtor de arroz em todo o país, apresentando uma colheita de 1,2 milhões de toneladas deste cereal em 2020. Com isto, acredita-se em um grande potencial na casca de arroz para ser utilizada como matéria-prima em materiais destinados ao uso como embalagens de alimentos. Ainda, verifica-se um baixo volume de pesquisa realizada na área acadêmica referente ao pinhão e seus derivados.

MATERIAL E MÉTODOS

PREPARAÇÃO DO FILME

Para a preparação do filme biodegradável foi utilizada a metodologia denominada *casting*, com algumas adaptações (14). O método consiste em inicialmente misturar 24 g de amido de milho e 400 mL de água destilada. Após misturados, foi feita adição de 13,3 g de glicerol (plastificante) e 2,4 g de carboximetilcelulose (CMC). Esta solução foi aquecida em banho termostatizado até 50 °C (Tecnal, TE-184) sob agitação mecânica constante (Agitador Quimis, Q2352) durante aproximadamente quinze minutos. Em seguida a temperatura foi elevada até 80 °C e permaneceu por trinta minutos para garantir a gelatinização completa do material e formação da solução filmogênica. Por fim, a temperatura foi ajustada para 90 °C e permaneceu por mais quinze minutos. Então, foram adicionados à solução filmogênica os extratos aquosos de casca de arroz (1:10) (15) e de falha de pinhão (1:10) (Tabela 1) (16). Posteriormente as soluções foram vertidas em recipientes de vidro e colocadas em estufa de circulação de ar forçada com temperatura em torno de 45 °C durante 24 horas (17). Os filmes formados foram submetidos às análises de caracterização.

Tabela 1 – Concentração de extrato de casca de arroz e falha de pinhão adicionado aos filmes biodegradáveis

Filme	Extrato de Casca de arroz	Extrato de Falha de pinhão
1	0mL	50mL
2	20mL	50mL
3	0mL	150mL
4	20mL	150mL
5	10mL	100mL
6	10mL	100mL
7	10mL	100mL

CARACTERIZAÇÃO DO FILME

Para a caracterização dos filmes foram realizadas análises para determinação dos seguintes aspectos:

Propriedade óptica do filme

- Cor e transparência/opacidade do filme.

A coloração e transparência/opacidade dos filmes foram determinadas pelo espectrofotômetro de esfera (Modelo SP60 Series, X-Rite Inc., Grand Rapids, MI, EUA) e os resultados da coloração foram expressos em L^* (luminosidade); a^* (vermelho/verde); e b^* (amarelo/azul). Os valores de transparência/opacidade (%) foram lidos diretamente no equipamento. A amostra utilizada para a leitura apresentava tamanho de 5 cm x 5 cm e foram determinados 5 pontos de leitura (extremidades e centro) (17).

- Resposta de cor dos filmes em diferentes pHs

Para determinação da resposta de cor dos filmes como indicadores de pH, eles foram cortados em quadrados com dimensões 2 cm x 2 cm. Estes foram submersos durante 5 minutos em soluções com valores de pH de 2 a 12. Utilizando-se espectrofotômetro de esfera (Modelo SP60 Series, X-Rite Inc., Grand Rapids, MI, EUA) foram avaliados os parâmetros de cor dos filmes. Para isto, determinou-se pontos (extremidades e meio) na superfície do material para realização da leitura. Os resultados foram expressos em: L^* (claridade); a^* (vermelho/verde); e b^* (amarelo/azul) (17).

Propriedade físico-química do filme

- Espessura do filme

A espessura dos filmes foi medida com micrômetro digital (Marca Zaas, precisão de 0,001mm). Foram realizadas cinco medições ao longo dos filmes (extremidades e meio) para determinação da média de espessura (18).

- Teor de umidade do filme

O teor de umidade presente nos filmes foi determinado a partir dos métodos descritos pela Associação de Químicos Analíticos (19). Este procedimento foi realizado em estufa de convecção forçada à 105 °C (Fanem Ltda) até completa estabilização da massa das amostras. Para determinação do valor de umidade, foi calculada (Equação 1) a diferença relativa de massa entre a amostra inicial e a final e os valores foram expressos em porcentagem.

$$\text{Teor de umidade (\%)} = 100 * \left[\frac{(w_i - w_f)}{w_i} \right] \quad \text{Eq.1}$$

onde, w_i = massa inicial da amostra; w_f = massa final após secagem.

- Solubilidade do filme

Uma amostra de cada filme (2 cm x 2 cm) foi pesada e adicionada em um béquer contendo 30 mL de água destilada, na qual permaneceu sob agitação lenta (0,80 rpm) durante 24 horas. Em seguida, foi feita a filtração com papel filtro previamente pesado. O material retido no filtro foi submetido a secagem em estufa até obter massa constante. O cálculo de solubilidade foi realizado conforme a Equação 2 (18).

$$S(\%) = 100 * \left[\frac{(w_i - w_f)}{w_i} \right] \quad \text{Eq. 2}$$

onde, w_i = massa inicial da amostra; w_f = massa final após secagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS








Propriedade óptica do filme

- Cor e transparência/opacidade

A cor é uma característica visual que influencia diretamente em quão atrativo será o produto aos olhos do consumidor. A Tabela 2 apresenta os parâmetros de coloração dos filmes, expressos em L^* , a^* e b^* , além da visualização da cor. Embalagens translúcidas permitem que o consumidor visualize melhor o produto no interior da embalagem; entretanto, a incidência de luz pode afetar a conservação do alimento e conseqüentemente, acelerar ou desencadear reações oxidativas (20).

O filme desenvolvido com maior valor de luminosidade (L^*) foi o filme obtido a partir do Tratamento 1. O filme com menor valor de L^* foi o que continha maior quantidade de extrato de casca de arroz e falha de pinhão em sua composição (Tratamento 4, 20 mL de extrato de casca de arroz e 150 mL de extrato de falha de pinhão). Dessa forma, notou-se que a adição dos extratos de casca de arroz e pinhão afetou diretamente a fotometria das amostras, o que pode facilitar a aplicação de filmes de preservação em embalagens de alimentos sob menor incidência de luz.

Tabela 2 - Propriedades ópticas (cor) dos filmes desenvolvidos

Tratamento	L^*	a^*	b^*	Visualização da Cor
1	83,29±0,31 ^a	3,57±0,08 ^f	12,21±0,55 ^f	
2	82,96±0,10 ^{bc}	3,23±0,10 ^f	13,34±0,24 ^e	
3	78,82±0,53 ^e	6,14±0,05 ^{bc}	24,46±0,35 ^b	
4	71,23±0,50 ^f	12,11±0,13 ^a	41,14±0,17 ^a	
5	81,44±0,19 ^d	4,91±0,15 ^d	15,45±0,60 ^d	
6	78,28±0,43 ^e	6,34±0,21 ^b	23,77±0,57 ^{bc}	
7	83,26±0,25 ^{bc}	3,90±0,02 ^e	11,70±0,10 ^f	

* Média \pm desvio padrão. Letras minúsculas diferentes denotam diferença significativa entre os valores médios em uma coluna ($p \leq 0,05$).

Além de afetar a luminosidade (L^*), os extratos interferem nos valores das coordenadas de cor a^* (vermelho/verde) e b^* (amarelo/azul). O filme com maior quantidade de extrato (Tratamento 4, 20 mL de extrato de casca de arroz e 150 mL de extrato de falha de pinhão) apresentou maiores valores para os parâmetros a^* $12,11 \pm 0,13$ e b^* $41,14 \pm 0,17$ dentre os demais filmes desenvolvidos. Esses resultados foram obtidos porque o extrato de falha do pinhão possui uma cor marrom intensa, implicando diretamente na cor do filme que resulta em uma cor laranja intensa. Na Tabela 2, as diferenças de cor entre os filmes biodegradáveis desenvolvidos podem ser visualmente observadas.

Estudos sobre a elaboração de filmes a partir de amido de pinhão apresentaram valores maiores de luminosidade ($L^* = 91 \pm 1,00$). A coloração do amido de pinhão ($L^* = 93,22 \pm 0,01$, $a^* = 0,40 \pm 0,01$ e $b^* = 3,62 \pm 0,01$), aproxima-se da cor branca, é mais clara comparada a da falha de pinhão, logo, o valor de luminosidade é superior (21). As demais coordenadas cromáticas a^* e b^* , por consequência, também sofrem alterações por conta da coloração ($a^* = 0,39 \pm 0,06$ e $b^* = 5,28 \pm 0,11$) (18).

Tabela 3 – Propriedade óptica (transparência/opacidade) dos filmes desenvolvidos

Tratamento	Opacidade (%)	Transparência (%)
1	$11,33 \pm 0,16^e$	$88,67 \pm 0,16^b$
2	$10,38 \pm 0,24^f$	$89,62 \pm 0,24^a$
3	$12,94 \pm 0,35^b$	$87,06 \pm 0,35^e$
4	$13,94 \pm 0,15^a$	$86,06 \pm 0,15^f$
5	$11,60 \pm 0,40^e$	$88,40 \pm 0,40^b$
6	$12,37 \pm 0,34^{cd}$	$87,63 \pm 0,34^{cd}$
7	$12,55 \pm 0,20^{bc}$	$87,45 \pm 0,20^{de}$

Média \pm desvio padrão. Letras minúsculas diferentes denotam diferença significativa entre os valores médios em uma coluna ($p \leq 0,05$).

Notou-se que a relação entre opacidade/transparência (Tabela 3) das amostras está relacionada diretamente com a luminosidade, sendo que no filme contendo a concentração maior de extratos (Tratamento 4, 20 mL de extrato de casca de arroz, 150 mL de extrato de falha de pinhão) apresentou um valor menor

de luminosidade ($L^* 71,23 \pm 0,50$), maior valor de opacidade ($13,94 \pm 0,15\%$) e menor valor de transparência ($86,06 \pm 0,15\%$).

- Propriedade físico-química do filme

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados referentes às propriedades físico-químicas (espessura, solubilidade e teor de umidade) dos filmes desenvolvidos.

Tabela 4 – Propriedades físico-químicas dos filmes

Tratamento	Espessura (mm)	Teor de umidade (%)	Solubilidade (%)
1	$0,16 \pm 0,01^{bcd}$	$22,80 \pm 0,05^a$	$45,23 \pm 2,49^{cd}$
2	$0,17 \pm 0,02^{bc}$	$26,22 \pm 0,03^a$	$52,16 \pm 1,97^{ab}$
3	$0,17 \pm 0,01^{bc}$	$25,40 \pm 0,05^a$	$50,80 \pm 8,64^{bc}$
4	$0,23 \pm 0,01^a$	$17,76 \pm 0,05^a$	$55,41 \pm 3,41^a$
5	$0,13 \pm 0,01^f$	$22,94 \pm 0,03^a$	$40,17 \pm 6,22^f$
6	$0,13 \pm 0,01^f$	$24,53 \pm 0,04^a$	$42,24 \pm 6,24^f$
7	$0,15 \pm 0,01^{de}$	$26,06 \pm 0,02^a$	$43,07 \pm 4,05^{ce}$

* Média \pm desvio padrão. Letras minúsculas diferentes denotam diferença significativa entre os valores médios em uma coluna ($p \leq 0,05$).

- Espessura

A espessura do material de embalagem pode variar dependendo da aplicação. Os materiais mais finos são mais maleáveis e transparentes, ao contrário dos materiais mais espessos, que reduzem o teor de umidade do material e protegem melhor os alimentos. A espessura é afetada pela quantidade de plastificante na fórmula, o processo de preparação e as características das matérias-primas (22).

Os filmes desenvolvidos (tratamentos) apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). O Tratamento 4 apresentou maior espessura ($0,23 \pm 0,01$ mm), conforme Tabela 9. Em filme de amido de pinhão com valores de espessura semelhantes ($0,27$ mm). Maior espessura (Tratamento 4) é devido a níveis mais elevados de extrato de casca de arroz e falha de pinhão do que outras fórmulas e, portanto, tem a maior concentração de fibra solúvel ($18,23$).

Todas as formulações propostas apresentaram matrizes poliméricas contínuas, sem bolhas ou rachaduras após a etapa de secagem quando analisadas a olho nu. Porém, notou-se que o manuseio durante a separação do filme dos moldes (Placas de Petri) e no decorrer da caracterização foi mais eficiente em filmes mais espessos (Filme 4). Observou-se ao longo deste estudo e em comparação com outros autores que filmes desenvolvidos por meio da metodologia *casting* apresentam dificuldade de manter padronização na espessura, pois este controle depende totalmente da viscosidade da solução filmogênica e das condições de secagem (24,25).

- Teor de umidade

Para melhor conservação dos alimentos, os filmes devem ter baixo teor de umidade e atividade de água para reduzir ou inibir o crescimento de microrganismos quando aplicados nos alimentos (26). A umidade é um dos parâmetros físico-químicos mais importantes em filmes biodegradáveis, pois a alta absorção de água leva à instabilidade da matriz polimérica, o que prejudica as propriedades protetoras pelas quais o filme é responsável. No entanto, algumas matérias-primas utilizadas para fazer filmes podem ter propriedades hidrofílicas, ou seja, podem absorver a umidade do seu ambiente (27).

Nos filmes desenvolvidos, os valores não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao teor de umidade, que variou entre $17,76 \pm 0,05\%$ e $26,22 \pm 0,03\%$. Da mesma maneira, os valores obtidos de teor de umidade estão de acordo com filme desenvolvido a partir de amido de pinhão, onde os valores variaram de $19,65 \pm 0,02\%$ e $28,52 \pm 0,01\%$ (18).

- Solubilidade

A solubilidade é uma característica físico-química que determina o tipo de aplicação para a qual um filme é utilizado como embalagem. Alimentos líquidos ou alimentos com média a alta atividade de água (A_w) requerem embalagens com resistência à água, ou seja, baixa solubilidade, ao contrário de alimentos com baixa atividade de água que podem ser embalados com alta solubilidade (28).

De acordo com o grau de solubilidade do filme, isto irá implicar no seu tempo de degradação, ou seja, um filme com solubilidade alta sofrerá uma degradação rápida. Ainda, a elevada solubilidade é benéfica em alimentos que possuem contato direto com a água durante o preparo/cozimento (22).

Como apresentado na Tabela 3, as amostras apresentaram alta solubilidade em água e diferenças significativas entre os valores ($p < 0,05$), sendo o maior valor de $55,41 \pm 3,41\%$ (Tratamento 4). Em termos de embalagem biodegradável, a alta solubilidade é almejada, contudo, para que a proteção seja efetiva o alimento necessita ter baixa solubilidade em água para que a *shelf life* seja prolongada, evitando, assim, a degradação da embalagem (26).

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvido um filme biodegradável com a utilização de subprodutos da indústria agrícola (casca de arroz e falha de pinhão), valorizando a bioeconomia circular, a sustentabilidade e as tendências de comportamento em relação ao consumo de alimentos, tornando-o mais consciente em relação ao meio ambiente. Todos os ingredientes utilizados no desenvolvimento do biopolímero são comestíveis e conferem esta característica ao material desenvolvido. Sendo assim, estes resultados indicam a possibilidade da substituição de materiais à base de petróleo pelo bioplástico desenvolvido neste estudo, além de ser biodegradável e comestível.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo apoio financeiro, à Empresa Brasileira de Pesquisa








Agropecuária (EMBRAPA Florestas) pelo suporte na execução deste projeto e a Fundação Regional de Blumenau (FURB).

REFERÊNCIAS

1. Mangaraj S, Yadav A, Bal LM, Dash SK, Mahanti NK. Application of Biodegradable Polymers in Food Packaging Industry: A Comprehensive Review. *J Packag Technol Res.* 2019 Mar 29;3(1):77–96.
2. Sid S, Mor RS, Kishore A, Sharanagat VS. Bio-sourced polymers as alternatives to conventional food packaging materials : A review. *Trends Food Sci Technol [Internet].* 2021;115(June):87–104. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.026>
3. Yuvaraj D, Iyyappan J, Gnanasekaran R, Ishwarya G, Harshini RP, Dhithya V, et al. Advances in bio food packaging – An overview. *Heliyon.* 2021 Sep;7(9).
4. Chi K, Wang H, Catchmark JM. Sustainable starch-based barrier coatings for packaging applications. *Food Hydrocoll.* 2020 Jun;103:105696.
5. Dhall RK, Alam MS. Biodegradable Packaging. In: *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials.* 2020. p. 26–43.
6. Moura IG de, Sá AV de, Abreu ASLM, Machado AVA. Bioplastics from agro-wastes for food packaging applications. In: *Food Packaging.* Elsevier; 2017. p. 223–63.
7. Ghosh T, Priyadarshi R, Krebs de Souza C, Angioletti BL, Rhim JW. Advances in pullulan utilization for sustainable applications in food packaging and preservation: A mini-review. *Trends Food Sci Technol.* 2022 Jul;125:43–53.
8. Hadidi M, Jafarzadeh S, Forough M, Garavand F, Alizadeh S, Salehabadi A, et al. Plant protein-based food packaging films; recent advances in fabrication, characterization, and applications. *Trends Food Sci Technol.* 2022 Feb;120:154–73.
9. Zhong Y, Godwin P, Jin Y, Xiao H. Biodegradable polymers and green-based antimicrobial packaging materials: A mini-review. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research.* 2020 Jan;3(1):27–35.
10. Bayer IS, Guzman-Puyol S, Heredia-Guerrero JA, Ceseracciu L, Pignatelli F, Ruffilli R, et al. Direct Transformation of Edible Vegetable Waste into Bioplastics. *Macromolecules.* 2014 Aug 12;47(15):5135–43.
11. Coll A, Kleineidam J. Improving Low-Loss Food Supply Chains in Developing Countries based on a Case Study of Tanzania. In 2020. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/337103004>
12. Girotto F, Alibardi L, Cossu R. Food waste generation and industrial uses: A review. *Waste Management.* 2015 Nov;45:32–41.
13. IBGE. PAM 2020: valor da produção agrícola nacional cresce 30,4% e chega a R\$ 470,5 bilhões, recorde da série. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31672-pam-2020-valor-da-producao-agricola-nacional-cresce-30-4-e-chega-a-r-470-5-bilhoes-recorde-da-serie>. 2021.
14. Usman A, Hussain Z, Riaz A, Khan AN. Enhanced mechanical, thermal and antimicrobial properties of poly(vinyl alcohol)/graphene oxide/starch/silver nanocomposites films. *Carbohydr Polym.* 2016 Nov 20;153:592–9.
15. Wanyo P, Meeso N, Siriamornpun S. Effects of different treatments on the antioxidant properties and phenolic compounds of rice bran and rice husk. *Food Chem.* 2014 Aug 15;157:457–63.
16. BARBOSA RA, BENINCA C, Schnitzler E. EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DA CASCA DE PINHÃO NAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS E TECNOLÓGICAS DE AMIDOS Raíssa Arantes Barboza. 2018.

17. Hoffmann TG, Angioletti BL, Bertoli SL, de Souza CK. Intelligent pH-sensing film based on jaboticaba peels extract incorporated on a biopolymeric matrix. *J Food Sci Technol*. 2021;
18. Opata P, Amorin SG, Bertan LC, Pinto VZ. ELABORAÇÃO DE FILMES DE AMIDO DE PINHÃO PELA TÉCNICA DE CASTING. In 2016.
19. AOAC. Association of Official Analytical Chemists International Official Methods of Analysis. 1997;16.
20. Kalem IK, Bhat ZF, Kumar S, Wang L, Mudiyanse RJ, Bhat HF. *Tinospora cordifolia*: A novel bioactive ingredient for edible films for improved lipid oxidative and microbial stability of meat products. *J Food Process Preserv*. 2018 Nov 1;42(11).
21. Daudt RM. Estudo das propriedades do amido de pinhão visando a sua utilização como excipientefarmacêutico. [Porto Alegre]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2012.
22. Luchese CL. Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir de amido contendo subprodutos provenientes do processamento de alimentos. [Porto Alegre]: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL; 2018.
23. Soleimani Y, Sanou I, Turgeon SL, Canizares D, Khalloufi S. Natural plant fibers obtained from agricultural residue used as an ingredient in food matrixes or packaging materials: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2022 Jan 23;21(1):371–415.
24. Santos VS, Fernandes R da S, Ferreira Júnior CR, Aouada FA, Américo-Pinheiro JHP, Moura MR de. Avaliação e caracterização de biofilme comestível de carboximetilcelulose contendo nanopartículas de quitosana e Cúrcuma longa. *Matéria* (Rio de Janeiro) [Internet]. 2021;26(1). Available from: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/k7TBfTJGBWfyXSWxKnWSLqw/?lang=pt&format=pdf>
25. Silva HC, Silveira MP, Helm CV, Jorge LM de M, Jorge RMM. CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE FARINHA DE ARROZ COM GUABIROBA. In: Anais do Simpósio Paranaense de Modelagem, Simulação e Controle de Processos. Departamento de Engenharia Química UFPR; 2020. p. 254–60.
26. Amaral DP, Hoffmann G, Krebs C, Souza DE. EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL ATIVA À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*) E ÓLEO ESSENCIAL DE MELALEUCA (*Melaleuca alternifolia*) PARA PRESERVAÇÃO DE ALFACE REFRIGERADA.
27. Menezes Filho ACP de, Sousa WC de, Castro CF de S. Características de embalagens biodegradáveis a partir do resíduo de melancia e incorporadas com amido do tubérculo de *Sinningia elatior*. *Research, Society and Development*. 2020 Aug 2;9(8):e932986547.
28. Jorge N. EMBALAGENS PARA ALIMENTOS. São Paulo: Cultura Acadêmica; 2013.

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE VIDA ÚTIL, FÍSICA E MICROBIOLÓGICA DE JABUTICABAS (*Plinia cauliflora*) ATRAVÉS DE COBERTURAS COMESTÍVEIS

Neiviane Pereira de Carvalho *; Maria Cecília Pacco-Huamani ; Sandriane Pizato ; Rosalinda Arévalo Pinedo ; Clitor Junior Fernandes de Souza ; Marcelo Fossa da Paz ; William Renzo Cortez-Vega 

*William Renzo Cortez-Vega (Corresponding author) – Email: williamvega@ufgd.edu.br

Resumo: Novos meios de conservação vêm sendo estudados a fim de aumentar o tempo pós colheita de frutas e hortaliças. O objetivo deste trabalho foi avaliar a manutenção da vida útil de jabuticabas (*Plinia Cauliflora*) revestidas com fécula de batata-doce e mandioca durante 12 dias de armazenamento. As jabuticabas foram imersas nos revestimentos previamente preparados. Foram utilizados três tratamentos: T1 (controle, sem revestimento); T2 (4% amido de batata-doce); T3 (4% amido de mandioca). Os frutos revestidos foram colocados e armazenados em recipientes de polietileno tereftalato a $5\pm 1^\circ\text{C}$. Análises físicas e químicas como perda de massa, pH, teor total de sólidos solúveis ($^\circ$ Brix), acidez, atividade da água, cor (L^* , a^* , b^*) foram realizadas nos dias 0, 1, 3, 5, 7, 9 e 12. Análises microbiológicas de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., bolores e leveduras foram realizadas todos os dias. Observou-se que o T2 teve uma perda de peso inferior em comparação com os outros tratamentos avaliados. O pH e os sólidos solúveis aumentaram em todos os tratamentos. Para o parâmetro L^* , observou-se que havia uma oscilação entre amostras, com uma redução do brilho em todos os tratamentos. O chroma a^* não apresentou diferenças significativas entre as amostras, porém, foi observada uma leve diminuição da cor em todos os tratamentos nos dias 9 e 12 de armazenamento. O uso de fécula de batata-doce na concentração de 4% para o tratamento T2, retardou o crescimento de odorantes e leveduras em relação a T1 e T3. Assim, a utilização de fécula de batata-doce pode ser utilizada para aumentar a vida útil da jabuticaba minimamente processada.

Palavras-chave: fécula de batata-doce, fécula de mandioca, vida útil, jabuticabas (*Plinia Cauliflora*)

Abstract: New means of conservation have been studied in order to increase the post-harvest time of fruits and vegetables. The objective of this work was to evaluate the shelf life maintenance of jabuticabas (*Plinia Cauliflora*) coated with sweet potato and cassava starch during 12 days of storage. The jabuticabas were immersed in previously prepared coatings. Three treatments were used: T1 (control, without coating); T2 (4% sweet potato starch); T3 (4% cassava starch). The coated fruits were placed and stored in polyethylene terephthalate containers at $5\pm 1^\circ\text{C}$. Physical and chemical analyzes such as mass loss, pH, total soluble solids content ($^\circ$ Brix), acidity, water activity, color (L^* , a^* , b^*) were performed on days 0, 1, 3, 5, 7, 9 and 12. Microbiological analyzes of *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., molds

and yeasts were performed every day. It was observed that T2 had a lower weight loss compared to the other evaluated treatments. The pH and soluble solids increased in all treatments. For the L* parameter, it was observed that there was an oscillation between samples, with a reduction in brightness in all treatments. Chroma a* did not show significant differences between samples, however, a slight decrease in color was observed in all treatments on days 9 and 12 of storage. The use of sweet potato starch at a concentration of 4% for the T2 treatment, delayed the growth of odorants and yeasts in relation to T1 and T3. Thus, the use of sweet potato starch can be used to increase the shelf life of minimally processed jabuticaba.

Keywords: sweet potato starch, cassava starch, shelf life, jabuticabas (*Plinia Cauliflora*)

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as coberturas comestíveis tornaram-se uma das melhores alternativas para prolongar a vida útil de frutas in natura e minimamente processadas (1–4). Os amidos são utilizados em coberturas e filmes comestíveis apresentaram boas propriedades de barreira e retardaram processo de amadurecimento. Evitam trocas de gases de O₂ e CO₂ além de manter a qualidade nutricional e sensorial das frutas e hortaliças revestidas (5)(6).

As coberturas são aplicadas ou formadas diretamente sobre a fruta onde formam membranas que não é possível vê-la ao olho nu, as frutas e hortaliças ao serem revestidas com coberturas comestíveis elas tendem a serem seguras para a saúde do consumidor, sendo assim a composição dos revestimentos precisam ser consideradas seguras e atóxicas (7).

A batata-doce (*Ipomoea batatas L.*), pertencente à família Convolvulaceae, é a terceira cultura mais importante em valor de produção e a quinta em contribuição calórica para dietas humanas em todo o mundo (5,8,9). É nativa da América Latina, mas também é uma cultura importante em muitos países asiáticos e africanos (8). A produção anual de raízes doces como batata-doce e mandioca no Brasil gira em torno de 740 toneladas, sendo a região Nordeste do Brasil responsável por aproximadamente 34% dessa produção (10).

A mandioca (*Manihot esculenta Cranz*) e a batata foram os tubérculos mais consumidos 59 e 43% respectivamente (11). Sua produção é mais elevada em países tropicais e sua industrialização vem ganhando destaque na economia. A fécula de mandioca é amplamente utilizada na indústria de alimentos devido ao seu baixo custo em comparação com outros amidos. Assim, a fécula de mandioca tem sido cada vez mais utilizada na indústria alimentícia devido às suas funções e propriedades inerentes, além de possuir alta transparência, resistência à acidificação e alta viscosidade (8,12).

A jabuticaba é uma baga nativa do Brasil, pertencente à família *Myrtaceae*. É uma fruta muito perecível, devido ao alto teor de água e açúcar, o que dificulta a comercialização (13,14).

O objetivo deste trabalho foi aplicar coberturas a base de fécula de batata-doce e fécula de mandioca em jabuticabas minimamente processadas, avaliando sua qualidade físico-química e microbiológica durante de 12 dias a $5 \pm 1^\circ\text{C}$.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção e preparação de matéria-prima

As jaboticabas foram adquiridas em uma propriedade no município de Dourados, MS, Brasil. Os frutos foram higienizados, desinfetados (solução de cloro orgânico a 2 g L⁻¹, por 10 min) e selecionados em relação a tamanho e grau de maturação no laboratório de bioengenharia do bloco multidisciplinar II, localizado na UFGD. Defeitos, injúrias como danos mecânicos e físicos foram descartadas, as jaboticabas foram classificadas conforme o grau de maturação acima de 90%. A fécula de batata-doce e mandioca foram adquiridas no comércio local da cidade de Dourados.

Preparo e aplicação de revestimentos

As soluções foram preparadas segundo metodologia (15) por dissolução lenta da fécula de batata-doce e fécula de mandioca (4%) em água destilada, sob agitação, até completa dissolução, seguido de aquecimento a 70°C por 20 minutos e resfriado até 40°C.

Foram realizados 3 tratamentos: T1 (controle -jaboticabas sem revestimento); T2 (fécula de batata-doce 4%); T3 (fécula de mandioca 4%).

As jaboticabas foram totalmente submersas nas soluções por 3 minutos e, em seguida drenado com o auxílio de peneiras. Após aplicação das coberturas, as jaboticabas foram armazenadas em embalagem PET- polietileno Tereftalato com tampa (SANPACK), por um período de 12 dias a 5±1°C.



Figura 2 –Revestimento de jaboticabas por imersão

Análises físicas, químicas e microbiológicas

Perda de Massa

A perda de massa foi calculada por meio da diferença de massa inicial e final das jaboticabas a cada análise, utilizando a seguinte equação:

$$\%Perda\ de\ massa = \left[\frac{(massa\ inicial - massa\ final)}{massa\ inicial} \right] \times 100$$

Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa.

Análise de pH, acidez titulável e sólidos solúveis totais

A análise de pH, acidez titulável e sólidos solúveis totais foram determinados segundo metodologia descrito por (16).

Análise de atividade de água

A atividade de água foi determinada com o equipamento Aqualb- Braseq.

Análise de cor

A cor dos frutos revestidos foi avaliada durante os dias 0, 1, 3, 5, 7, 9 e 12. Foi utilizado um calorímetro Minolta, modelo chroma meter CR400 (Japão) e leitura direta dos parâmetros: luminosidade, chroma (L*), de 0 (preto) a 100 (branco); chroma (a*) que vai do verde (-60) ao vermelho (+60) e chroma (b*) do azul (-60) ao amarelo (+60) (17).

Análise microbiológica

As análises microbiológicas realizadas foram para bolores e leveduras, *Salmonella* ssp. e *Escherichia coli*, nos frutos inteiros e após a aplicação dos revestimentos, foi utilizado metodologia descrita por (18).

Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos pela média. Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente mediante análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa Statistica 7.0. (Statsoft Inc. 2004, Tusla OK).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perda de massa

A Tabela 1 apresenta os dados de perda de massa avaliados para as jaboticabas.

Tabela 3– Perda de massa (%) de jaboticabas revestidas a 5±1°C, por 12 dias

Dias	Tratamentos		
	T1	T2	T3
0	0,00 ± 0,00 ^{dA}	0,00 ± 0,00 ^{bA}	0,00 ± 0,00 ^{bA}
1	0,00 ± 0,00 ^{dA}	0,00 ± 0,00 ^{bA}	0,00 ± 0,00 ^{bA}
3	8,26 ± 0,18 ^{aA}	7,16 ± 0,40 ^{aA}	7,64 ± 2,22 ^{aA}
5	8,12 ± 0,21 ^{aAB}	7,02 ± 0,40 ^{aA}	7,50 ± 2,18 ^{aA}
7	8,15 ± 0,22 ^{bAB}	7,26 ± 0,44 ^{bA}	8,94 ± 0,98 ^{aA}
9	7,77 ± 0,19 ^{abBC}	6,61 ± 0,40 ^{bA}	8,82 ± 0,96 ^{aB}
12	7,64 ± 0,20 ^{abA}	6,44 ± 0,43 ^{aB}	8,53 ± 0,95 ^{aA}

Médias de 3 repetições \pm desvio padrão, seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). T1 (controle – jabuticabas sem revestimento); T2 (4% de fécula de batata-doce); T3 (4% de fécula de mandioca).

A perda de peso é um parâmetro importante na qualidade de frutas e hortaliças, e está diretamente relacionada com a atividade metabólica da fruta. Uma alta porcentagem de perda de peso indicará que a fruta está próxima do amadurecimento. A maior porcentagem de peso perdido durante o armazenamento de frutas e vegetais é água (19). Isso ocorre no processo de respiração do fruto, devido à migração da água, ela migra das células do fruto para a atmosfera. Os revestimentos agem como uma barreira para retardar a perda de peso (20).

A Tabela 1 mostra um aumento significativo na perda de peso em todos os tratamentos durante o tempo de armazenamento. Porém, os frutos recobertos com o tratamento T2, apresentaram menor perda de massa, 6,44% diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (T1 e T3), em 12 dias de armazenamento. Isso pode ser explicado pela capacidade do revestimento de fécula de batata-doce de criar uma barreira de umidade relativa na superfície da jabuticaba. (21), demonstrou que a fécula de batata apresenta uma porcentagem maior de proteína na sua composição em relação a fécula de mandioca, e isso pode ter contribuído para que o revestimento a base de fécula de batata-doce evitasse a perda de massa. Resultados semelhantes foram mostrados por (22) em bananas revestidas com amido de arroz que a apresentaram 7.46 %, e (20) cujo porcentual de perda de peso foi 7.35% para amoras cobertas com alginato durante 15 dias de armazenamento.

Análises de pH

A Tabela 2, apresenta os dados em relação ao pH avaliado para as jabuticabas durante um período de 12 dias de armazenamento.

Tabela 2 – Valores de pH de jabuticabas revestidas a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ por 12 dias.

Dias	T1	T2	T3
0	$3,78 \pm 0,08^{aAB}$	$3,86 \pm 0,05^{aAB}$	$3,90 \pm 0,07^{aA}$
1	$3,78 \pm 0,08^{baA}$	$3,86 \pm 0,05^{aA}$	$3,90 \pm 0,07^{aA}$
3	$3,99 \pm 0,05^{aA}$	$3,92 \pm 0,04^{aA}$	$4,13 \pm 0,23^{aA}$
5	$3,94 \pm 0,14^{aA}$	$3,96 \pm 0,10^{aA}$	$3,85 \pm 0,24^{aA}$
7	$3,98 \pm 0,11^{aA}$	$3,69 \pm 0,08^{cBC}$	$3,82 \pm 0,15^{abAB}$
9	$3,71 \pm 0,11^{bB}$	$3,61 \pm 0,08^{cC}$	$3,44 \pm 0,06^{bB}$
12	$3,89 \pm 0,09^{aA}$	$3,80 \pm 0,00^{bA}$	$3,81 \pm 0,02^{aA}$

Médias de 3 repetições \pm desvio padrão, seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) T1 (controle – jabuticabas sem revestimento); T2 (4% de fécula de batata-doce); T3 (4% de fécula de mandioca).

Estudos realizados por (23), encontraram valores de pH em frutas que variam entre 3 a 4,5, no presente estudo observou-se que os resultados encontrados para pH são semelhantes aos valores descritos acima.

Foi observado um aumento do pH no tratamento controle (T1) entre o dia 0 e o dia 12 de análise, podendo estar atrelado a maior senescência da jabuticaba que foi notada durante os experimentos, porém esse tratamento não diferiu significativamente dos demais tratamentos ao final das análises.

Análise Atividade de água

Tabela 3 – Atividade de água (A_w) de jabuticabas revestidas a $5\pm 1^\circ\text{C}$ durante 12 dias de armazenamento.

Dias	Tratamentos		
	T1	T2	T3
0	$0,980 \pm 0,002^{aA}$	$0,981 \pm 0,002^{aA}$	$0,979 \pm 0,001^{aA}$
1	$0,980 \pm 0,002^{aA}$	$0,981 \pm 0,002^{aA}$	$0,979 \pm 0,001^{aA}$
3	$0,986 \pm 0,003^{aA}$	$0,977 \pm 0,002^{aB}$	$0,974 \pm 0,002^{bB}$
5	$0,975 \pm 0,008^{aA}$	$0,977 \pm 0,002^{aA}$	$0,974 \pm 0,002^{bA}$
7	$0,975 \pm 0,002^{aA}$	$0,976 \pm 0,001^{aA}$	$0,970 \pm 0,002^{bB}$
9	$0,976 \pm 0,004^{aA}$	$0,974 \pm 0,003^{aA}$	$0,974 \pm 0,003^{bA}$
12	$0,942 \pm 0,001^{bB}$	$0,958 \pm 0,005^{bA}$	$0,961 \pm 0,008^{bA}$

Médias de 3 repetições \pm desvio padrão, seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) T1 (controle – jabuticabas sem revestimento); T2 (4% de fécula de batata-doce); T3 (4% de fécula de mandioca).

A atividade de água é um dos parâmetros mais importantes para a estabilidade química, microbiológica e vida útil dos alimentos (24).

A Tabela 3, apresenta os dados em relação a atividade de água avaliado para as jabuticabas durante um período de 12 dias de armazenamento.

Resultados do presente estudo revelam que a atividade de água das jabuticabas estudadas ficaram entre 0,980 a 0,951 durante o estudo. Valores semelhantes encontrados por (25) onde ao trabalhar com polpa de jabuticaba encontrou uma atividade de água de 0,992

Observando a Tabela 3, podemos ver que a atividade de água não variou muito com o passar dos dias de armazenamento, sendo que o tratamento controle (sem revestimentos) ao final de 12 dias apresentou uma perda de atividade de água mais acentuada, diferindo estatisticamente das demais amostra avaliadas.

Sólidos solúveis totais ($^\circ$ Brix)

Tabela 4 – Valores de Sólidos Solúveis Totais ($^\circ$ Brix) de jabuticabas revestidas a $5\pm 1^\circ\text{C}$ por 12 dias.

Dias	Tratamentos		
	T1	T2	T3
0	$16,00 \pm 0,00^{cC}$	$16,17 \pm 0,06^{dB}$	$17,00 \pm 0,00^{aA}$
1	$16,00 \pm 0,00^{cC}$	$16,17 \pm 0,06^{dB}$	$17,00 \pm 0,00^{aA}$
3	$16,00 \pm 0,00^{cB}$	$16,97 \pm 0,06^{cA}$	$17,00 \pm 0,00^{aA}$
5	$17,77 \pm 1,33^{acA}$	$17,50 \pm 0,00^{bA}$	$16,00 \pm 0,03^{cB}$

7	17,87 ± 0,12 ^{aA}	16,20 ± 0,89 ^{dB}	17,43 ± 0,40 ^{aAB}
9	16,13 ± 0,12 ^{bA}	16,53 ± 0,25 ^{dA}	16,20 ± 0,00 ^{bA}
12	17,20 ± 0,66 ^{aAB}	18,00 ± 0,00 ^{aA}	17,40 ± 0,17 ^{aB}

Médias de 3 repetições ± desvio padrão, seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) T1 (controle – jabuticabas sem revestimento); T2 (jabuticabas revestidas de solução com 4% de fécula de batata-doce); T3 (jabuticabas revestidas de solução com 4% de fécula de mandioca).

Os sólidos solúveis são um parâmetro determinante na qualidade dos frutos (26). Na maturação, a concentração de açúcares totais aumenta e a quantidade de ácidos orgânicos diminui porque estes atuam como substrato (22).

Na Tabela 4 mostra um aumento nos sólidos solúveis totais em todos os tratamentos com o passar dos dias de armazenamento. Segundo (27) o aumento no teor de sólidos solúveis está relacionado com o aumento do teor de açúcar, esse teor de açúcar pode aumentar devido a perda de umidade que ocorre no fruto. Porém nesse estudo o tratamento T2 foi o que apresentou o maior aumento em sólidos solúveis e em relação a perda de umidade (massa) foi o que apresentou a menor perda em 12 dias de armazenamento.

Aumento no teor de sólidos solúveis durante armazenamento também foram relatados por (28) em tomates revestidos com amido de semente de manga, (22) em ameixas revestidas com amido de arroz e (29) em mirtilos revestidos com filmes com amido, gelatina e óleo de estágio de canela.

(30) relatou que nas frutas não climatéricas (como é o caso da jabuticaba), o teor de açúcar não muda significativamente durante o armazenamento, mas no presente estudo foi observado aumento com diferença significativa para os tratamentos T1 e T2.

Acidez titulável

Os ácidos orgânicos são substratos primários que participam do processo respiratório de frutas climatéricas, conseqüentemente, a acidez da fruta tende a diminuir com o tempo de armazenamento. Os revestimentos reduzem a frequência respiratória, portanto, também a perda de ácidos orgânicos (28).

Tabela 5. Acidez titulável de jabuticabas revestidas a 5±1°C, por 12 dias

Dias	Tratamentos		
	T1	T2	T3
0	4,50 ± 0,87 ^{aA}	4,10 ± 1,15 ^{aA}	4,20 ± 0,89 ^{aA}
1	4,50 ± 0,87 ^{aA}	4,10 ± 1,15 ^{aA}	4,20 ± 0,89 ^{aA}
3	3,33 ± 0,50 ^{abA}	2,77 ± 0,25 ^{cA}	3,17 ± 0,76 ^{abA}
5	4,20 ± 0,00 ^{aA}	4,27 ± 0,70 ^{aA}	3,87 ± 0,35 ^{abA}
7	3,90 ± 0,36 ^{abA}	4,40 ± 0,79 ^{aA}	3,03 ± 1,12 ^{abA}
9	3,30 ± 0,26 ^{bA}	2,87 ± 0,06 ^{bB}	2,90 ± 0,66 ^{bAB}
12	4,33 ± 0,29 ^{aA}	3,50 ± 0,50 ^{acA}	3,37 ± 0,90 ^{abA}

Médias de 3 repetições ± desvio padrão, seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) T1 (controle – jabuticabas sem revestimento); T2 (4% de fécula de batata-doce); T3 (4% de fécula de mandioca).

* Os valores são expressos em porcentagem de ácido cítrico.

No presente estudo, observou-se que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras, mas houve diminuição da acidez nas amostras T2 e T3 em relação ao T1. Essa relação pode ser explicada de acordo com (28,29) onde a acidez varia conforme o amadurecimento da fruta, podendo diminuir a acidez conforme a fruta atinge seu ponto de maturidade fisiológica ideal.

Análises de cor

Na Tabela 6, pode-se observar que para todos os parâmetros houve uma diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras durante os dias de armazenamento tendo um aumento dos parâmetros (L^*), (a^*) e (b^*). A cor é um dos métodos utilizados para avaliar a qualidade da fruta pois causa um impacto visual no consumidor onde ele avalia sua preferência, onde ele utiliza a cor para verificar se está ideal para consumo ou não (31,32).

Segundo (33) o parâmetro L^* é utilizado para verificar o escurecimento do fruto, onde expressa a coloração durante o período de senescência onde frutos tendem a ficar mais vermelhos e escuros conforme os dias de armazenamentos vão passando. Para o parâmetro L^* notou-se que houve uma oscilação entre as amostras ocorrendo uma redução da luminosidade em todos os tratamentos, observou-se que no último dia ocorreu um leve aumento em todos os tratamentos.

Tabela 6– Cor de amostras de jabuticabas revestidas a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 12 dias de armazenamento.

Parâmetros analisados	Dias	Tratamentos		
		T1	T2	T3
L^*	0	$27,37 \pm 0,60^{abB}$	$31,09 \pm 0,53^{bA}$	$30,90 \pm 0,64^{aA}$
	1	$27,37 \pm 0,60^{abB}$	$31,09 \pm 0,53^{bA}$	$30,90 \pm 0,64^{aA}$
	3	$29,40 \pm 2,06^{aA}$	$29,85 \pm 0,85^{bA}$	$24,81 \pm 1,22^{cB}$
	5	$27,68 \pm 0,70^{abB}$	$27,25 \pm 2,81^{bAB}$	$31,08 \pm 1,89^{aA}$
	7	$27,91 \pm 0,96^{abB}$	$29,69 \pm 0,43^{bA}$	$32,00 \pm 2,13^{bA}$
	9	$21,79 \pm 1,21^{cA}$	$21,37 \pm 2,35^{cA}$	$23,29 \pm 1,17^{cA}$
	12	$31,54 \pm 0,52^{aC}$	$32,95 \pm 0,45^{aB}$	$34,56 \pm 0,06^{aA}$
a^*	0	$1,26 \pm 0,77^{abA}$	$0,86 \pm 0,08^{cA}$	$1,12 \pm 0,30^{bA}$
	1	$1,26 \pm 0,77^{abA}$	$0,86 \pm 0,08^{cA}$	$1,12 \pm 0,30^{bA}$
	3	$1,45 \pm 0,21^{bA}$	$1,78 \pm 0,95^{aA}$	$1,69 \pm 0,79^{aA}$
	5	$2,25 \pm 0,29^{aA}$	$1,91 \pm 0,60^{aA}$	$2,35 \pm 0,09^{aA}$
	7	$1,87 \pm 0,26^{aA}$	$1,66 \pm 0,44^{aA}$	$1,77 \pm 0,34^{abA}$
	9	$2,64 \pm 0,70^{aA}$	$2,59 \pm 0,61^{aA}$	$2,08 \pm 0,55^{aA}$
	12	$1,69 \pm 0,13^{bA}$	$1,21 \pm 0,17^{abA}$	$1,58 \pm 0,26^{bA}$
b^*	0	$-2,46 \pm 0,14^{aA}$	$-2,91 \pm 0,12^{bA}$	$-3,04 \pm 0,12^{cA}$
	1	$-2,46 \pm 0,14^{aA}$	$-2,91 \pm 0,36^{bA}$	$-3,04 \pm 0,12^{cA}$
	3	$-2,99 \pm 0,59^{aB}$	$-3,32 \pm 0,24^{aAB}$	$-3,86 \pm 0,37^{abB}$
	5	$-3,49 \pm 0,30^{aBC}$	$-3,43 \pm 0,26^{aABC}$	$-2,97 \pm 0,29^{cA}$
	7	$-4,13 \pm 0,39^{aC}$	$-4,01 \pm 0,11^{aBCD}$	$-3,73 \pm 0,04^{bB}$
	9	$-4,32 \pm 0,35^{aC}$	$-4,32 \pm 0,37^{aD}$	$-4,28 \pm 0,11^{aB}$
	12	$-3,65 \pm 0,28^{aBC}$	$-4,11 \pm 0,12^{aCD}$	$-3,77 \pm 0,13^{bB}$

Médias de 3 repetições \pm desvio padrão, seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$) T1 (controle – jabuticabas sem revestimento); T2 (4% de fécula de batata-doce); T3 (4% de fécula de mandioca).

Em relação ao chroma a^* pode-se notar que não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, porém notou-se que ocorreu uma oscilação nos dias 9º para o 12º dia em todos os tratamentos, onde houve uma leve diminuição da cor, chegando mais próxima a cor escura, pode ser explicado devido à redução de água, onde pode ter concentrado os pigmentos. Para o chroma b^* está diretamente ligada a intensidade da cor onde ele varia do amarelado (b^* positivo) ao azulado (b^* negativo) segundo (33) e (34), nesse presente estudo pode-se observar que os resultados obtidos estão coerentes, já que tenderam a negativo indicando a tonalidade azulada.

Segundo (35) essas alterações nos parâmetros L^* , a^* e b^* da cor das cascas das jabuticabas podem ser referentes a produção de etileno, que é responsável pelo amadurecimento dos frutos e sua pigmentação e características sensoriais. (33) avaliaram a qualidade de peras revestidas com fécula de batata-doce e também relataram aumento em todos os parâmetros de cor durante 28 dias de armazenamento.

Análise microbiológica

O monitoramento microbiológico de frutas minimamente processadas, como no caso de jabuticabas é de suma importância na avaliação da eficiência dos cuidados prestados durante o processamento do produto. Não foi detectada a presença de *Escherichia coli* ($< 10^2$ NMP g^{-1}) e *Salmonella* spp. (ausência em 25 g) nos três tratamentos avaliados de jabuticabas minimamente processadas no dia 0 de armazenamento, o que confirma a eficácia das condições higiênicas e a ação do cloro orgânico na desinfecção das amostras. Estudo realizado por (36), com abacaxi minimamente processado, também evidenciou o uso do cloro orgânico como um dos fatores principais para a baixa contagem de *Escherichia coli* e também ausência de *Salmonella* spp. Como não foi detectada no presente estudo, a presença desses microrganismos desde o primeiro dia de análise (dia 0), não foi realizada novas diluições durante os outros dias de armazenamento.

No Brasil, não há legislação específica para frutas e hortaliças minimamente processadas dentro das contagens toleradas. Existe legislação para a fruta *in natura*, preparada (descascada ou selecionada ou fracionada), desinfetada, refrigerada ou para consumo, que estipula a presença de coliformes fecais até 5×10^2 UFC g^{-1} e *Salmonella* spp. ausência em 25 g de amostra (36). No entanto, não há indicação quanto ao limite permitido de microrganismos bolores e leveduras nesses produtos. No entanto, o crescimento excessivo desses contaminantes compromete a aparência, o sabor e o aroma do produto, levando a uma redução na aceitação sensorial. Uma carga microbiana de 10^6 UFC g^{-1} foi estabelecida como o limite populacional aceitável, pois em populações maiores que isso, substâncias tóxicas podem ser produzidas (37).

A Figura 2 apresenta os valores encontrados para bolores e leveduras para os diferentes tratamentos avaliados para jabuticabas minimamente processadas por 12 dias.

Observa-se na Figura 2, que ocorreu o crescimento de bolores e leveduras em ambos os tratamentos avaliados com o passar dos dias de armazenamento, mantendo com isso, seu ciclo logarítmico, sendo que o tratamento T2 foi o tratamento que apresentou um

crescimento menor, em comparação aos outros 2 tratamentos avaliados, ficando o T2 ao final de 12 dias de armazenamento com um crescimento de aproximadamente 4,4 log UFC^g⁻¹, já o tratamento T3 e T1 apresentaram um crescimento de aproximadamente 5,5 log UFC^g⁻¹.

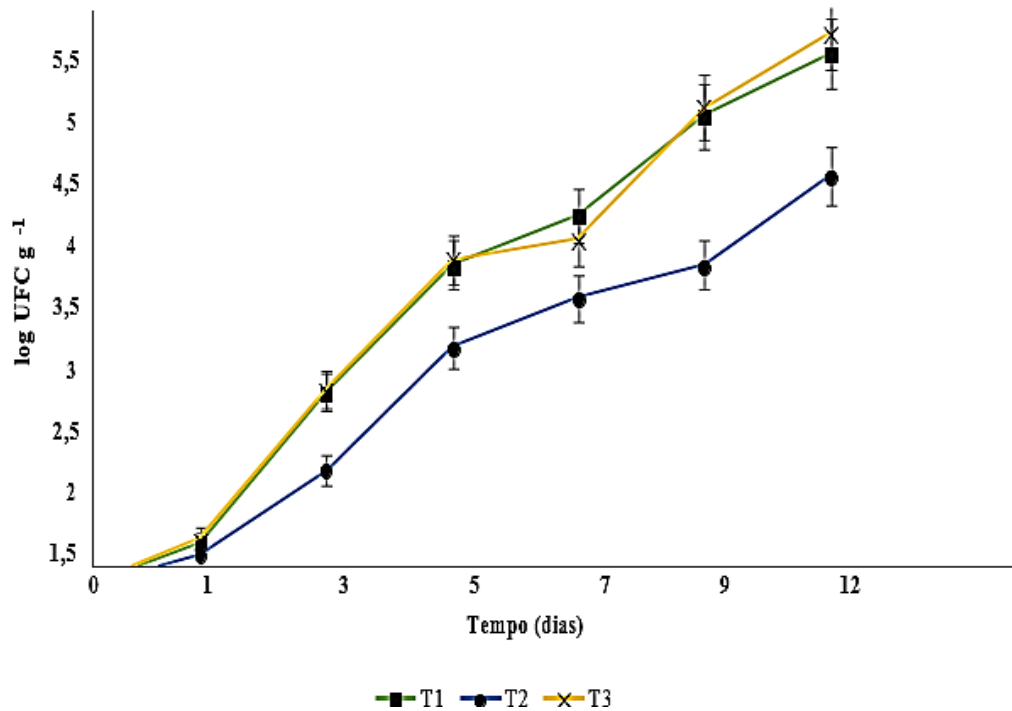


Figura 2– Crescimento de bolores e leveduras em jabuticaba minimamente processada, armazenadas em 5 ± 1°C, por 12 dias.

Médias de 3 repetições ± desvio padrão; T1 (controle – jabuticabas sem revestimento); T2 (4% de fécula de batata-doce); T3 (4% de fécula de mandioca).

Um estudo avaliou amido de mandioca como revestimento em bagas minimamente processadas, nesse estudo foi verificado que o uso de amido reduziu a contagem de bolores e leveduras porém não diferiu do tratamento controle em 16 dias de armazenamento (38). No presente estudo, o tratamento controle e o tratamento contendo fécula de mandioca, apresentaram comportamento semelhante na jabuticaba, não diferindo entre si estatisticamente ao final de 12 dias de armazenamento. Já o tratamento T2 que continha fécula de batata-doce apresentou um crescimento para bolores e leveduras menor durante o período avaliado, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Isso pode estar relacionado ao fato que a aplicação de coberturas contendo carboidratos retardam a entrada de oxigênio, dificultando o crescimento desses microrganismos (39), e aparentemente nesse estudo, a estrutura da fécula de batata doce impediu de forma mais condizente essa passagem de oxigênio.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o tratamento T2 apresentou resultados satisfatórios quanto à perda de massa, sólidos solúveis totais e acidez. A utilização de fécula de batata-doce na concentração de 4% foi eficaz em retardar o crescimento de bolores e leveduras durante 12 dias de armazenamento, muito provavelmente pela sua estrutura que impediu a passagem acentuada de oxigênio e acarretou em um menor crescimento desses microrganismos. A fécula de batata-doce pode ser utilizada na preparação de coberturas para aumentar a vida de prateleira de frutas *in natura* e minimamente processadas.

REFERÊNCIAS

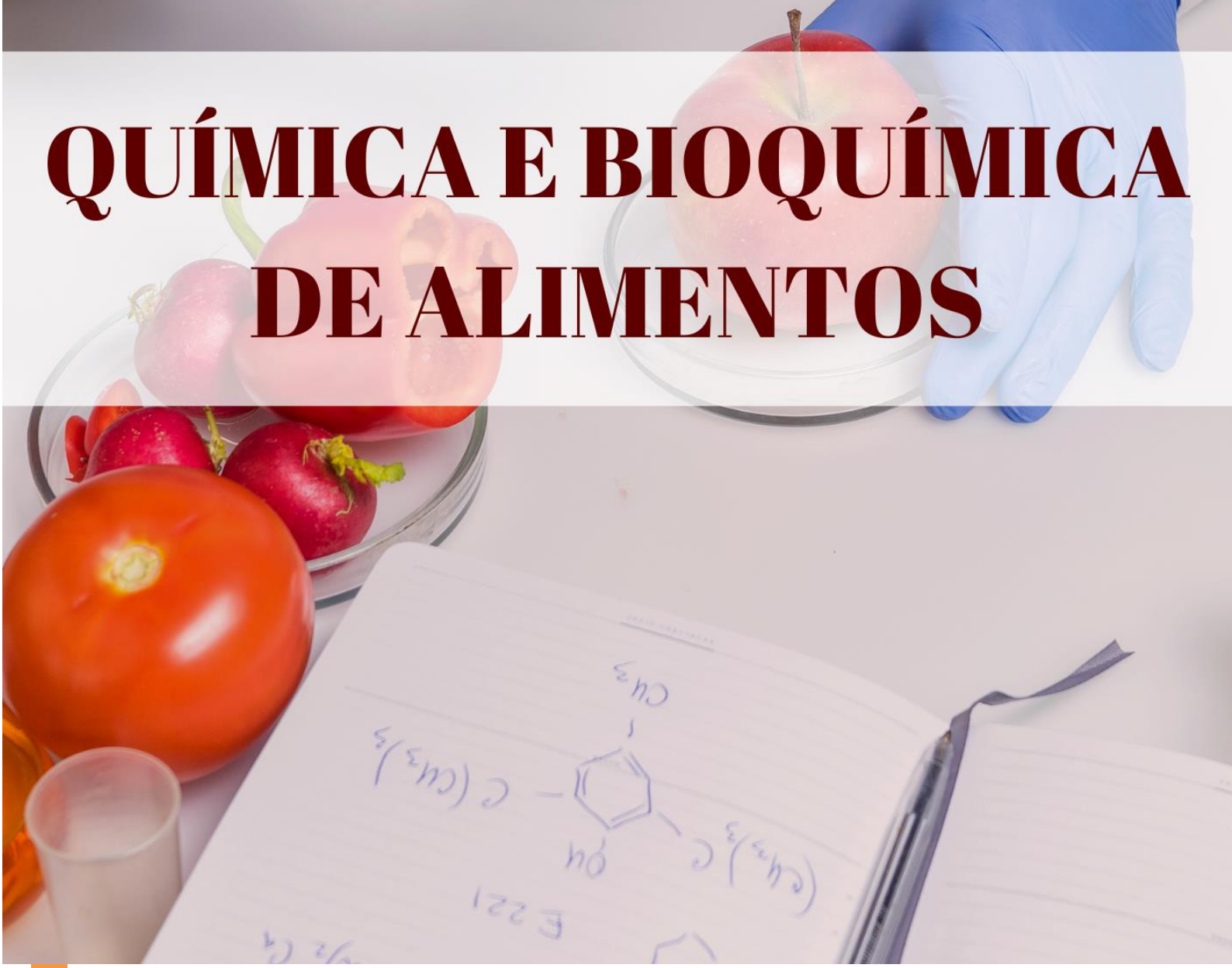
1. Rohasmizah H, Azizah M. Pectin-based edible coatings and nanoemulsion for the preservation of fruits and vegetables: A review. *Appl Food Res* [Internet]. 2022;2(2):100221. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100221>
2. Oyom W, Zhang Z, Bi Y, Tahergorabi R. Application of starch-based coatings incorporated with antimicrobial agents for preservation of fruits and vegetables: A review. *Prog Org Coatings* [Internet]. 2022;166(January):106800. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106800>
3. Tahir HE, Xiaobo Z, Mahunu GK, Arslan M, Abdalhai M, Zhihua L. Recent developments in gum edible coating applications for fruits and vegetables preservation: A review. *Carbohydr Polym* [Internet]. 2019;224(August):115141. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115141>
4. Khan MR, Di Giuseppe FA, Torrieri E, Sadiq MB. Recent advances in biopolymeric antioxidant films and coatings for preservation of nutritional quality of minimally processed fruits and vegetables. *Food Packag Shelf Life*. 2021 Dec 1;30:100752.
5. Oyom W, Zhang Z, Bi Y, Tahergorabi R. Application of starch-based coatings incorporated with antimicrobial agents for preservation of fruits and vegetables: A review. *Prog Org Coatings* [Internet]. 2022;166(March):106800. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106800>
6. Yousuf B, Qadri OS. Preservation of fresh-cut fruits and vegetables by edible coatings [Internet]. *Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Technologies and Mechanisms for Safety Control*. Elsevier Inc.; 2019. 225–242 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-816184-5.00011-2>
7. FDA. Generally recognized as safe (GRAS). 2018; Available from: <https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabel>
8. de Albuquerque TMR, Borges CWP, Cavalcanti MT, Lima M dos S, Magnani M, de Souza EL. Potential prebiotic properties of flours from different varieties of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) roots cultivated in Northeastern Brazil. *Food Biosci* [Internet]. 2020;36(March):100614. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100614>
9. Esatbeyoglu T, Rodríguez-Werner M, Schlösser A, Winterhalter P, Rimbach G. Fractionation, enzyme inhibitory and cellular antioxidant activity of bioactives from purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Food Chem* [Internet]. 2017;221:447–56. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.077>
10. IBGE. National and regional agricultural production of sweet potato. *Inst Bras Geogr Estatística* [Internet]. 2019;Internet. Available from:

- <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>
11. Horodyska J, Pigat S, Wonik J, Bompola F, Cai D, Rehm CD, et al. Impact of sociodemographic factors on the consumption of tubers in Brazil. 2021;1–10.
 12. de Souza AG, Viana DJS, dos Santos AS, Andrade Júnior VC de, Rosa D dos S. Structure and properties of starch and flour of four Brazilian sweet potatoes (*Ipomoea batatas*) cultivars. *Rev Mater.* 2020;25(3):1–10.
 13. Fernandes I de AA, Maciel GM, Maroldi WV, Bortolini DG, Pedro AC, Haminiuk CWI. Bioactive compounds, health-promotion properties and technological applications of Jabuticaba: A literature overview. *Meas Food [Internet]*. 2022;8(September):100057. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.meaf.2022.100057>
 14. Gabriel da Rosa R, Sganzerla WG, Barroso TLCT, Buller LS, Berni MD, Forster-Carneiro T. Sustainable production of bioactive compounds from jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*): A bibliometric analysis of scientific research over the last 21 years. *Sustain Chem Pharm.* 2022;27(February):1–17.
 15. Chevalier RC, Pizato S, de Lara JAF, Cortez-Vega WR. Obtaining protein isolate of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and its application as coating in fresh-cut melons. *J Food Saf.* 2018;38(5):1–10.
 16. AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed. Cunniff P, editor. Washington: AOAC International; 2000.
 17. Minolta K. PRECISE COLOR COMMUNICATION. 2007;
 18. APHA. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Salfinger Y, Tortorello M Lou, editors. Washington DC: American Public Health Association; 2001.
 19. Paul V, Pandey R. Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability - A review. *J Food Sci Technol.* 2014;51(7):1223–50.
 20. Joshi P, Becerra-Mora N, Vargas-Lizarazo AY, Kohli P, Fisher DJ, Choudhary R. Use of edible alginate and limonene-liposome coatings for shelf-life improvement of blackberries. *Futur Foods [Internet]*. 2021;4(July):100091. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100091>
 22. Thakur R, Pristijono P, Golding JB, Stathopoulos CE, Scarlett CJ, Bowyer M. Scientia Horticulturae Development and application of rice starch based edible coating to improve the postharvest storage potential and quality of plum fruit (*Prunus salicina*). *Sci Hortic (Amsterdam) [Internet]*. 2018;237(December 2017):59–66. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.005>
 23. Gava AJ. Principios de tecnología de alimentos. Vol. 4. 2007. 88–100 p.
 24. Rahman M, Labuza T. Fundamentals of Water Activity Concept. In: Rahman MS, editor. *Handbook of Food Preservation*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press; 2020. p. 473–86.
 25. Ferreira MN, Da Silva FA, Damiani C, Da Silva EP, Costa FDS. Caracterização Física E Química De Polpa De Jabuticaba. *Rev Agrotecnologia - Agrotec.* 2018;9(1):81.
 26. Ayour J, Alahyane A, Harrak H, Neffa M, Taourirte M, Benichou M. Assessment of Nutritional, Technological, and Commercial Apricot Quality Criteria of the Moroccan Cultivar “maoui” Compared to Introduced Spanish Cultivars “canino” and “delpatriarca” towards Suitable Valorization. *J Food Qual.* 2021;2021.
 27. Pizato S, Cortez-Vega WR, De Souza JTA, Prentice-Hernández C, Borges CD.

- Effects of different edible coatings in physical, chemical and microbiological characteristics of minimally processed peaches (*Prunus persica (L.) Batsch*). *J Food Saf*, 2013, 33, 30–39.
28. Nawab A, Alam F, Hasnain A. International Journal of Biological Macromolecules Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf- life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. *Int J Biol Macromol* [Internet]. 2017;103:581–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.05.057>
 29. Piechowiak T, Grzelak-Błaszczak K, Sójka M, Skóra B, Balawejder M. Quality and antioxidant activity of highbush blueberry fruit coated with starch-based and gelatine-based film enriched with cinnamon oil. *Food Control*. 2022;138(March).
 30. Sharma L, Singh CS, Sharma HK. Development of crosslinked sesame protein and pineapple extract-based bilayer coatings for shelf-life extension of fresh-cut pineapple. *J Food Proces Preserv*, 2018, 42, e13527.
 31. Carvalho do Lago R, Zitha EZM, de Oliveira ALM, de Abreu DJM, Carvalho EEN, Piccoli RH, et al. Effect of coating with co-product-based bionanocomposites on the quality of strawberries under refrigerated storage. *Sci Hortic (Amsterdam)*. 2023;309(October 2022).
 32. Oliveira IS de, Lourenço L de FH, Sousa CL, Peixoto Joele MRS, Ribeiro S da C do A. Composition of MSM from Brazilian catfish and technological properties of fish flour. *Food Control*. 2015;50:38–44.
 33. Oyom W, Xu H, Liu Z, Long H, Li Y, Zhang Z, et al. Effects of modified sweet potato starch edible coating incorporated with cumin essential oil on storage quality of ‘early crisp.’ *LWT*. 2022 Jan 1;153:112475.
 34. Da Costa CS. Coberturas à base de quitosana na qualidade pós-colheita de morangos cv. Aromas. 2009;12–42.
 35. Wigati LP, Wardana AA, Tanaka F, Tanaka F. Application of Pregelatinized Corn Starch Edible Coating with Cellulose Nanofiber Pickering Emulsion and Basil Essential Oil on Mandarin Oranges to Prevent Quality-Quantity Loss. *SSRN Electron J* [Internet]. 2022;35(December 2022):101010. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.101010>
 36. Pizato S, Chevalier RC, Félix M, Santos D, Saturnino T, Costa D. Evaluation of the shelf-life extension of fresh-cut pineapple (*Smooth cayenne*) by application of different edible coatings. 2019;
 37. Flores S, Rojas AM, Goyanes S. Physical properties of tapioca-starch edible films : Influence of filmmaking and potassium sorbate ´ a Gerschenson. 2007;40:257–65.
 38. Ojeda GA, Gorman AMA, Sgroppo SC, Zaritzky. Application of composite cassava starch/chitosan edible coating to extend the shelf life of black mulberries. *J Food Proces Preserv*. 2021; 45(1).
 39. Vericimo, AS. Obtenção e caracterização do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas.L.*) modificado por fosfatação. Trabalho de conclusão de curso. 2010. 60f.



QUÍMICA E BIOQUÍMICA DE ALIMENTOS



VINAGRE DE FRUTAS: PRODUÇÃO, ATIVIDADES BIOLÓGICAS E DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley *; **Natália Duarte De Lima** 
Rodrigo Ribeiro Arnt Santana ; **Renata Dias de Mello Castanho Amboni** 
Carolina Moura de Sena Aquino ; **Carlise Beddin Fritzen-Freire** 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
brunarafaelawanderley@gmail.com

Resumo: O vinagre é um alimento fermentado, que apresenta consumo em todo o mundo, principalmente na forma de tempero e/ou como conservante de alimentos. O vinagre de frutas é o principal tipo de vinagre consumido, em especial, o vinagre de maçã e o vinagre de uva. No entanto, a aplicação de frutas subutilizadas pela indústria de alimentos para o desenvolvimento de novos fermentados acéticos vem ganhando destaque nos últimos anos, e isso se deve ao fato que o consumo deste tipo de produto, apesar de ser bem consolidado mundialmente, está aumentando consideravelmente. Isto está relacionado principalmente com a procura dos consumidores por alimentos diferenciados e que apresentem benefícios à saúde. Neste contexto, é fundamental compreender como diferentes matérias-primas podem ser utilizadas na elaboração de vinagres. Diante disto, o objetivo desta revisão foi demonstrar as metodologias empregadas para a elaboração de vinagre de frutas, bem como, as matérias-primas, suas atividades biológicas e as potencialidades para a diversificação do desenvolvimento e da oferta de novos vinagres.

Palavras-chave: Alimentos funcionais; fermentados acéticos; matérias-primas.

INTRODUÇÃO

O vinagre é um alimento fermentado que apresenta um consumo em âmbito mundial, sendo comumente utilizado como forma de tempero ou conservante de alimentos. Este fermentado é produzido a partir de inúmeras matérias-primas, como, por exemplo, as frutas, resultando assim em um produto rico em ácidos orgânicos, compostos fenólicos, vitaminas e minerais (1,2).

As características químicas, biológicas e sensoriais dos vinagres variam conforme a matéria-prima e o método de elaboração empregado. Atualmente, os vinagres de frutas são os principais vinagres consumidos, em especial, os vinagres de uva e de maçã (3). No entanto, observa-se um aumento nos estudos que investigam o potencial de outras frutas, que comumente ainda não são exploradas na indústria vinagreira no desenvolvimento de novos tipos de vinagres, como, por exemplo: vinagre de cereja-azeda (*Prunus cerasus* L.) (4); vinagre de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) (5); vinagre de espinheiro (*Crataegus tanacetifolia* (lam.) pers.) (6); vinagre de Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) (7); entre outros.

Em vista das possíveis aplicações de frutas no desenvolvimento de novos vinagres, estudos avaliam o potencial benefício à saúde relacionado ao consumo de vinagre de frutas.

Com isso, há relatos que este alimento pode atuar como forma de prevenção de diversos problemas de saúde, como diabetes, hipertensão, infecção e inflamação (8–10).

Desta forma, as frutas brasileiras se apresentam como uma opção viável na diversificação de novos produtos, em especial, de vinagres, devido às suas características sensoriais exóticas e potenciais benefícios a saúde. Diante disto, o objetivo desta revisão foi demonstrar as metodologias empregadas para a elaboração de vinagre de frutas, bem como, as matérias-primas, suas atividades biológicas e as potencialidades para o desenvolvimento de novos tipos de vinagres.

ORIGEM E DEFINIÇÃO

O fermentado acético é conhecido popularmente como vinagre. Essa terminologia veio da palavra francesa “vin” e “aigre”, que significa “vinho azedo” (11). A produção do vinagre é relatada há mais de cinco mil anos, e acredita-se que sua origem esteja atrelada à produção dos primeiros fermentados alcoólicos (12). Atualmente o vinagre é um alimento utilizado como tempero e/ou agente conservante nas diferentes culturas (13).

Segundo o Decreto nº 6.871 de 2009 do MAPA, “fermentado acético é o produto com acidez volátil mínima de quatro gramas por cem mililitros, expressa em ácido acético, obtido da fermentação acética do fermentado alcoólico de mosto de frutas, cereais, vegetais, mel, mistura de vegetais ou mistura hidroalcoólica” (14). Além disso, é proibido a produção de fermentados acéticos provenientes de fermentados de frutas obtidos por chaptalização do mosto (adição de açúcar). Em relação à nomenclatura, o fermentado acético pode ser denominado de “vinagre”, no entanto, é necessário a especificação da origem da matéria-prima (14).

A produção do vinagre envolve dois processos fermentativos (Figura 1): a fermentação alcoólica e a fermentação acética.

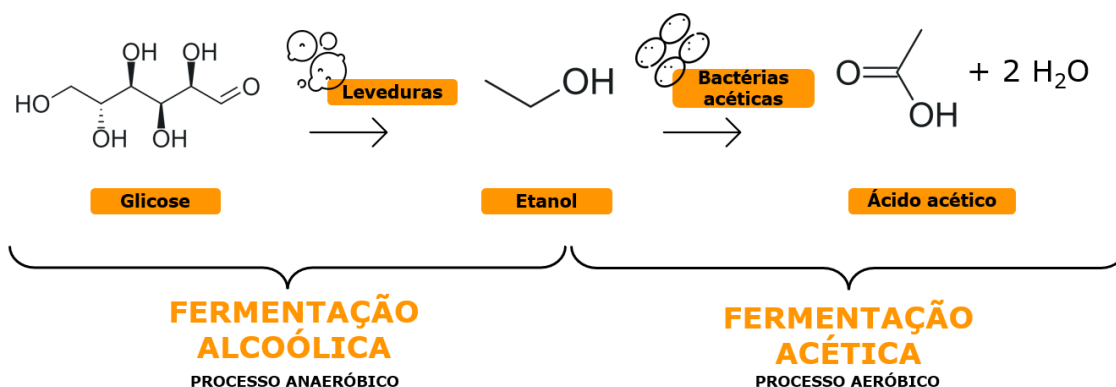


Figura 1 – Processos fermentativos na produção de vinagre.

Na fermentação alcoólica ocorre a conversão anaeróbica de açúcares fermentescíveis em etanol por meio de leveduras, geralmente do gênero *Saccharomyces*. Após a elaboração do fermentado alcoólico, o mesmo é submetido a acetificação por meio de bactérias acéticas (*Acetobacter* e/ou *Gluconobacter*), onde ocorre a conversão do etanol em ácido acético (15).

MÉTODOS DE PRODUÇÃO

Vinagre de frutas podem ser elaborados através da fermentação em meio líquido, com isso há dois métodos de elaboração mais usuais: o processo tradicional e o processo submerso (Figura 2).

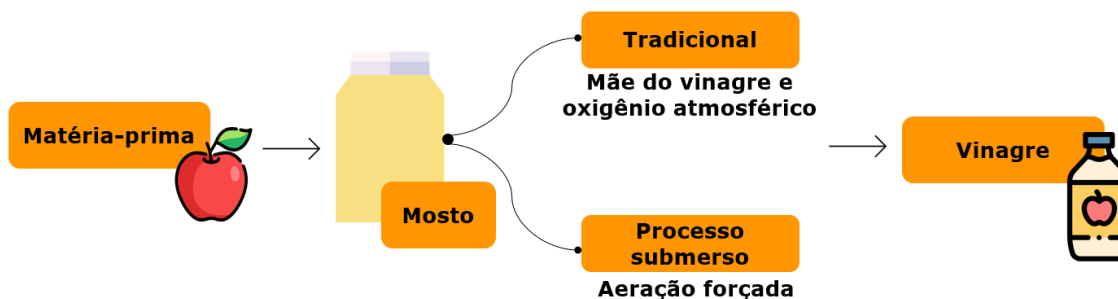


Figura 2 – Métodos de elaboração de vinagre de frutas.

O processo tradicional, também conhecido como processo Orléans ou Francês, é um dos processos mais antigos, o qual é iniciado quando é adicionado vinagre não pasteurizado (vinagre forte) em um fermentado alcoólico, sendo que este vinagre forte irá atuar como cultura *starter* (15). A temperatura de fermentação varia entre 20 e 25 °C, permitindo assim um bom crescimento microbiano sem ocorrer a evaporação do etanol (16). A fermentação ocorre na superfície do líquido, onde há oxigênio dissolvido suficiente, o que garante a conversão do etanol em ácido acético (3).

O processo submerso (Frings) consiste na acetificação do fermentado alcoólico em reatores automatizados. As bactérias acéticas ficam submersas no meio líquido, e não ocorre a formação da mãe do vinagre. Além disso, é fornecido oxigênio para acelerar a produção industrial. Periodicamente são retirados 25 % do volume de vinagre e repostos com a mesma quantidade de fermentado alcoólico (15,17). De acordo com Xia et al. (3), o método tradicional produz um vinagre de qualidade superior, enquanto o método rápido é comumente empregado na produção de vinagres de vinho, e o método submerso na produção em larga escala.

MATÉRIAS-PRIMAS

Além dos métodos de elaboração, a produção do vinagre é influenciada pelo tipo de matéria-prima empregada (18). Dentre as principais matérias-primas destacam-se os cereais e as frutas. Segundo Zhang et al. (19), a elaboração de vinagre de frutas pode ser realizada com todas as partes do fruto, apresentando um curto tempo de fermentação, alta eficiência e um alto valor nutricional.

A origem da matéria-prima está diretamente ligada a qualidade do vinagre (20). De acordo com Adams (21), mais de um país ou região podem compartilhar de uma matéria-prima e/ou alimento em comum. Como no caso do vinagre de vinho tinto e do vinagre maçã, que apresentam um amplo consumo em todo o mundo (17) (Figura 3).

O vinagre de vinho destaca-se como um dos vinagres de maior importância econômica, e apesar de ser um alimento consumido em todo o mundo, ele é o vinagre mais produzido e consumido nos países mediterrâneos e na Europa (18). A comunidade Europeia adota alguns atributos específicos de qualidade dos alimentos, conferindo a esses produtos

um alto valor agregado, como é o caso, de alimentos com Indicação Geográfica Protegida (IGP) e a Denominação de Origem Protegida (DOP) (22).

O vinagre balsâmico (Figura 3) é um vinagre italiano produzido exclusivamente na província italiana de Modena e Reggio Emilia, com status de IGP (23). A produção deste vinagre consiste na adição de mosto de uva cozido ao vinagre de vinho, que depois passa por um processo de envelhecimento que varia entre dois meses e três anos em barricas de madeira simples (24). Na Espanha (Figura 3) também está presente a produção de vinagres de vinhos, em especial, o Vinagre de Jerez, Vinagre do Condado de Huelva e o Vinagre de Montilla-Moriles protegidos pela DOP devido às suas características únicas e de produção (22).



Figura 3 - Principais tipos de vinagres consumidos no mundo. Fonte: Adaptado de Budak et al. (17) e Xia et al. (3).

O vinagre de maçã está popularizado mundialmente (3) e projeta-se que o mercado de vinagre de maçã deve atingir 1,1 bilhões de dólares em 2027, representando uma taxa de crescimento anual de 4,7 % entre 2020 e 2027 (25).

O mercado de alimentos fermentados deve atingir 39 bilhões de dólares em 2025, representando uma taxa de crescimento anual de 8,5 %. Dentre este mercado, o vinagre é o alimento de maior destaque. Os principais fatores que vêm impulsionando o crescimento do mercado incluem o aumento da prevalência de problemas digestivos e obesidade, bem como o aumento da conscientização sobre a saúde entre os consumidores (26).

ATIVIDADES BIOLÓGICAS

O consumo de alimentos fermentados vem demonstrando possuir alto valor nutricional e com potenciais efeitos biológicos, devido à produção de compostos orgânicos e metabólitos secundários por ação dos microrganismos. O vinagre apresenta múltiplas atividades biológicas, uma vez que, o ácido acético tem sido relatado como um composto com potencial para prevenção da síndrome metabólica (27). A síndrome metabólica, nada

mais é que o conjunto de fatores de risco que aumentam as chances do desenvolvimento da obesidade, hipertensão, resistência à insulina, hiperglicemia e hipercolesterolemia (28).

O consumo de vinagre pode resultar na inibição da α -amilase, uma importante enzima que inicia a digestão de carboidratos. Esta enzima atua preferencialmente em meio alcalino. Desta forma, quando ocorre a ingestão do vinagre, a mesma pode ter sua ação prejudicada e conseqüentemente apresentar uma menor biodisponibilidade de glicose na corrente sanguínea, demonstrando assim, seu potencial antidiabético (Figura 4) (29). Esse fato foi demonstrado em um estudo *in vitro* onde se observou a inibição de 37,78% da α -amilase por meio da atividade presente em vinagres de cebola roxa tratados com ultrassom (30).

As propriedades anti-hipertensivas (Figura 4) do vinagre está relacionada com a inibição da Enzima Conversora de Angiotensina (ECA). Uma vez que, esta enzima é responsável pela conversão da angiotensina-I em angiotensina-II. Conseqüentemente, a redução da pressão arterial está relacionada com a incapacidade do organismo de produzir angiotensina-II na ausência da ECA (31–33). Além disso, a atividade inibidora da ECA também está associada a redução efetiva de doença renal crônica, da arteriosclerose, e de ataque cardíaco e morte associada (34). Yikmiş et al. (30) relataram que o vinagre elaborado com *Prunus laurocerasus* e enriquecido através da tecnologia de ultrassom apresentaram atividades de inibição da ECA entre 27,02 % e 31,65 %.

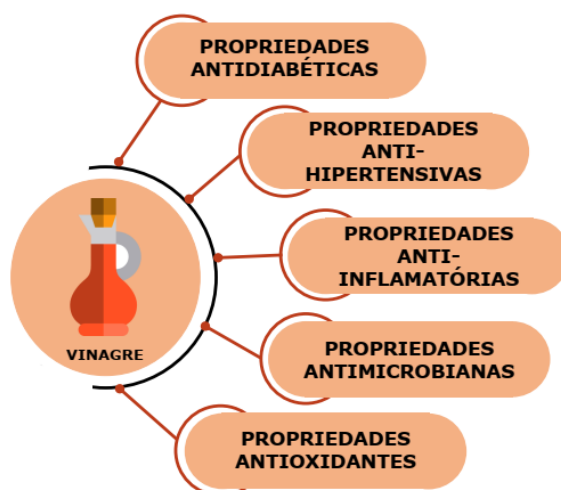


Figura 4 - Principais atividades biológicas relacionadas ao consumo de vinagres.

O vinagre de frutas apresenta propriedades anti-inflamatórias, uma vez que possui a capacidade de reduzir os níveis de citocinas inflamatórias (35). De acordo com Perumpuli e Dilrukshi (36), estas propriedades devem-se principalmente ao seu teor de ácido acético, que ao ingerido resulta no aumento do nível sérico de acetato e resulta na absorção do mesmo pelo organismo. Essa absorção ocorre, pois o acetato é imediatamente absorvido pelo estômago e liberado na circulação sanguínea.

Apesar do ácido acético ser considerado um ácido fraco, vinagres que contêm concentrações consideráveis deste ácido (acima de 4%), apresentam forte atividade antimicrobiana. Uma vez que o ácido acético atravessa a membrana bacteriana e promove a diminuição do pH interno, protonação das macromoléculas e desestabilização da membrana celular pela liberação do próton H^+ (35). Um estudo realizado por Ozturk et al. (37)

observaram que diferentes microrganismos (*Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Proteus vulgaris*) foram sensíveis aos vinagres industriais Turcos (pH entre 2,63 e 3,90).

Além destas atividades biológicas, os vinagres de frutas apresentam capacidade de neutralizar os efeitos dos radicais livres, conferindo ao vinagre importantes efeitos preventivos e de benefícios à saúde. Isso ocorre porque são encontrados no vinagre compostos, como polifenóis, que apresentam potencial antioxidante devido ao seu poder de eliminar radicais livres, quelar íons de metais de transição e reduzir oxidantes (35,38). Diante disto, novos tipos de vinagre de frutas vêm sendo desenvolvidos, visando diversificar um produto consolidado no mercado, mas também demonstrar como diferentes matérias-primas influenciam as características químicas, sensoriais e bioativas deste alimento.

DESENVOLVIMENTO DE NOVOS TIPOS DE VINAGRES

Apesar do vinagre ser um alimento difundido e consumido em diversas regiões do mundo, é notório o interesse crescente da indústria de alimentos pelo desenvolvimento de novos tipos de vinagres. Atualmente, o número de estudos científicos apresenta-se promissor, uma vez que, é evidenciado a busca da produção de vinagres diferenciados a partir de matérias-primas pouco exploradas (Tabela 1), e que apresentem características funcionais e sensoriais atrativas (39).

Tabela 1 – Matérias-primas empregadas no desenvolvimento de novos tipos de vinagres

Título do estudo	Matéria-prima empregada	Referências
Volatile aroma compounds and bioactive compounds of hawthorn vinegar produced from hawthorn fruit (<i>Crataegus tanacetifolia</i> (lam.) pers.)	<i>Crataegus tanacetifolia</i> (Lam.) Pers.	(39)
Comparison of the Chemical Properties of Pineapple Vinegar and Mixed Pineapple and Dragon Fruit Vinegar	<i>Ananas comosus</i> L. e <i>Hylocereus polyrhizus</i>	(40)
Effect of alcoholic and acetous fermentations on the phenolic acids of Kei-apple (<i>Dovyalis caffra</i> L.) fruit	<i>Dovyalis caffra</i> L.	(41)
Vinegar from <i>Anacardium othonianum</i> Rizzini using submerged fermentation	<i>Anacardium othonianum</i> Rizzini	(42)

Elaboration of mangaba vinegar by semi-solid fermentation combined with enzymatic activity: chemical characterization and sensory evaluation	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	(5)
Vinegar production from <i>Citrus bergamia</i> by-products and preservation of bioactive compound	<i>Citrus bergamia</i>	(43)

Na etapa inicial de desenvolvimento de um novo tipo de vinagre é necessário compreender as necessidades e as percepções dos consumidores, bem como identificar os fatores que influenciam a compra e o consumo de determinados alimentos (44). Além disso, é de extrema importância avaliar as características da matéria-prima, principalmente aos parâmetros relacionados a fermentação alcoólica e acética (45). Neste sentido, a produção de vinagres diferenciados a partir de matérias-primas brasileiras, como, por exemplo, frutas nativas e/ou exóticas, torna-se uma alternativa atrativa para ampliação deste mercado.

De acordo com Moraes et al. (46), as frutas nativas brasileiras apresentam notável potencial de aplicação na indústria de alimentos, entretanto a maioria destas espécies ainda são subutilizadas e pouco exploradas. Além disso, Schulz et al. (47) relatam que a aplicação destas espécies pode resultar em alimentos com características diferenciadas, e ainda ser de interesse da indústria de cosméticos e farmacêutica, contribuindo assim para o fortalecimento da economia local e incentivando o manejo consciente e a preservação das espécies.

CONCLUSÕES

Apesar do vinagre ser um alimento de consumo mundial e com métodos de elaboração bem estabelecidos, é evidente a demanda por novos tipos de vinagres, a partir da diversificação da oferta deste produto no mercado. Esse crescente interesse está atrelado a necessidade dos consumidores por alimentos diferenciados, e principalmente por aqueles que apresentem características com potenciais efeitos benéficos a saúde. Diante disto, observa-se um cenário promissor para o desenvolvimento de novos vinagres a partir de matérias-primas brasileiras, como, por exemplo, as frutas nativas e/ou exóticas. Desta forma, novos estudos devem ser realizados para avaliar o potencial destas frutas no desenvolvimento de fermentados alcoólicos e acéticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – nº 140616/2021-7), a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Código 001) e a FAPESC (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – Código 2021TR000353) pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Özdemir N, Pashazadeh H, Zannou O, Koca I. Phytochemical content, and antioxidant activity, and volatile compounds associated with the aromatic property, of the vinegar produced from rosehip fruit (*Rosa canina* L.). *LWT*. 2022 Jan 15;154:112716.
2. Bakir S, Dilara Devecioglu ·, Kayacan S, Toydemir G, Funda Karbancioglu-Guler ·, Capanoglu · Esra. Investigating the antioxidant and antimicrobial activities of different vinegars. *Eur Food Res Technol*. 2017;243:2083–94.
3. Xia T, Zhang B, Duan W, Zhang J, Wang M. Nutrients and bioactive components from vinegar: A fermented and functional food. *J Funct Foods*. 2020 Jan 1;64:103681.
4. Özen M, Özdemir N, Ertekin Filiz B, Budak NH, Kök-Taş T. Sour cherry (*Prunus cerasus* L.) vinegars produced from fresh fruit or juice concentrate: Bioactive compounds, volatile aroma compounds and antioxidant capacities. *Food Chem*. 2020 Mar 30;309:125664.
5. Siqueira AEB, Silva EP da, Santiago E dos S, Teixeira ÉTLB, Mesquita J de A, Cristo PFRF de, et al. Elaboration of mangaba vinegar by semi-solid fermentation combined with enzymatic activity: chemical characterization and sensory evaluation. *Ciência Rural*. 2021 Jun;51(10).
6. Özdemir GB, Özdemir N, Ertekin-Filiz B, Gökırmaklı Ç, Kök-Taş T, Budak NH. Volatile aroma compounds and bioactive compounds of hawthorn vinegar produced from hawthorn fruit (*Crataegus tanacetifolia* (lam.) pers.). *J Food Biochem* [Internet]. 2022 Mar 1 [cited 2023 Jan 29];46(3):e13676. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfbc.13676>
7. Hu TG, Zhu WL, Yu YS, Zou B, Xu YJ, Xiao GS, et al. The variation on structure and immunomodulatory activity of polysaccharide during the longan pulp fermentation. *Int J Biol Macromol*. 2022 Dec 1;222:599–609.
8. Liu Q, Tang G-Y, Zhao C-N, Gan R-Y, Li H-B. Antioxidant Activities, Phenolic Profiles, and Organic Acid Contents of Fruit Vinegars. *Antioxidants* [Internet]. 2019 [cited 2023 Feb 5];8(78):1–12. Available from: www.mdpi.com/journal/antioxidants
9. Xia T, Duan W, Zhang Z, Li S, Zhao Y, Geng B, et al. Polyphenol-rich vinegar extract regulates intestinal microbiota and immunity and prevents alcohol-induced inflammation in mice. *Food Res Int*. 2021 Feb 1;140:110064.
10. Xu S, Ma Z, Chen Y, Li J, Jiang H, Qu T, et al. Characterization of the flavor and nutritional value of coconut water vinegar based on metabolomics. *Food Chem*. 2022 Feb;369:130872.
11. Lim SJ, Ho CW, Lazim AM, Fazry S. History and Current Issues of Vinegar. In: Bekatorou A, editor. *Advances in Vinegar Production* [Internet]. 1st ed. CRC Press, Taylor and Francis; 2019 [cited 2023 Feb 5]. p. 1–17. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781351208475-1/history-current-issues-vinegar-seng-joe-lim-chin-wai-ho-azwan-mat-lazim-shazrul-fazry>
12. Al-Dalali S, Zheng F, Xu B, Abughoush M, Li L, Sun B. Processing Technologies and Flavor Analysis of Chinese Cereal Vinegar: a Comprehensive Review. *Food Anal Methods* [Internet]. 2022 Jan 1 [cited 2023 Jan 28];16(1):1–28. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12161-022-02328-w>
13. Ho CW, Lazim AM, Fazry S, Zaki UKHH, Lim SJ. Varieties, production, composition and health benefits of vinegars: A review. *Food Chem*. 2017 Apr 15;221:1621–30.

14. Brasil. Decreto nº 6871, de 04 de junho de 2009. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. [Internet]. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Jun 4, 2009. Available from: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm
15. Cunha MAA da, Sene L, Bertan FAB, Martin JGP. Microbiologia da fermentação de vinagre. In: Martin JGP, Lindner J de D, editors. Microbiologia de Alimentos Fermentados [Internet]. 1st ed. São Paulo: Blucher; 2022 [cited 2023 Feb 20]. p. 653–68. Available from: https://www.blucher.com.br/microbiologia-de-alimentos-fermentados_9786555061321
16. Palma MSA, Carvalho LFCP, Gavóglio LC. Vinagres. In: Aquarone E, Borzani W, Schmidell W, Lima U de A, editors. Biotecnologia industrial: Biotecnologia na produção de alimentos. 1st ed. São Paulo: Blucher; 2001. p. 183–208.
17. Budak NH, Aykin E, Seydim AC, Greene AK, Guzel-Seydim ZB. Functional Properties of Vinegar. *J Food Sci* [Internet]. 2014 May 1 [cited 2023 Jan 29];79(5):R757–64. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1750-3841.12434>
18. Ríos-Reina R, Elcoroaristizabal S, Ocaña-González JA, García-González DL, Amigo JM, Callejón RM. Characterization and authentication of Spanish PDO wine vinegars using multidimensional fluorescence and chemometrics. *Food Chem*. 2017 Sep 1;230:108–16.
19. Zhang M, Li X, Mu D, Cai J, Zhang M, Liu Y, et al. Co-fermentation metabolism characteristics of apple vinegar with *Acetobacter pasteurianus* and *Lactobacillus plantarum*. *J Food Process Preserv* [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2023 Jan 29];46(7):e16605. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfpp.16605>
20. Galletto L, Rossetto L. A hedonic analysis of retail Italian vinegars. *Wine Econ Policy*. 2015 Jun 1;4(1):60–8.
21. Adams MR. Vinegar. *Encycl Food Microbiol Second Ed*. 2014 Jan 1;717–21.
22. Ríos-Reina R, Callejón RM, Savorani F, Amigo JM, Cocchi M. Data fusion approaches in spectroscopic characterization and classification of PDO wine vinegars. *Talanta*. 2019 Jun 1;198:560–72.
23. Urbinati E, Di Nunzio M, Picone G, Chiarello E, Bordoni A, Capozzi F. The Effect of Balsamic Vinegar Dressing on Protein and Carbohydrate Digestibility is Dependent on the Food Matrix. *Foods* 2021, Vol 10, Page 411 [Internet]. 2021 Feb 12 [cited 2023 Jan 29];10(2):411. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/2/411/htm>
24. Corsini L, Castro R, G. Barroso C, Durán-Guerrero E. Characterization by gas chromatography-olfactometry of the most odour-active compounds in Italian balsamic vinegars with geographical indication. *Food Chem*. 2019 Jan 30;272:702–8.
25. Global Industry Analysts. Apple Cider Vinegar. 2022.
26. Market Analysis Report. Fermented Ingredients Market Size, Share & Trends Analysis Report By Application (Food & Beverage, Pharmaceuticals), By Product (Vinegar, Cider), By Region, And Segment Forecasts, 2019 – 2025. [Internet]. Grand View Research. 2017 [cited 2023 Feb 20]. Available from: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/fermented-ingredients->

- market
27. Beh BK, Mohamad NE, Yeap SK, Ky H, Boo SY, Chua JYH, et al. Anti-obesity and anti-inflammatory effects of synthetic acetic acid vinegar and Nipa vinegar on high-fat-diet-induced obese mice. *Sci Reports* 2017 71 [Internet]. 2017 Jul 27 [cited 2023 Jan 29];7(1):1–9. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-06235-7>
 28. McCracken E, Monaghan M, Sreenivasan S. Pathophysiology of the metabolic syndrome. *Clin Dermatol*. 2018 Jan 1;36(1):14–20.
 29. Sohoulı MH, Kutbi E, Al Masri MK, Dadhkhah H, Fatahi S, Santos HO, et al. Effects of vinegar consumption on cardiometabolic risk factors: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Integr Med*. 2022 Oct 1;55:102176.
 30. Yıkmış S, Erdal B, Bozgeyik E, Levent O, Yinanç A. Evaluation of purple onion waste from the perspective of sustainability in gastronomy: Ultrasound-treated vinegar. *Int J Gastron Food Sci*. 2022 Sep 1;29:100574.
 31. Erdal B, Akalın RB, Yılmaz B, Bozgeyik E, Yıkmış S. Application of ultrasound to the organic cornelian cherry (*Cornus mas* L.) vinegar: Changes in antibacterial, antidiabetic, antihypertensive, and anticancer activities. *J Food Process Preserv* [Internet]. 2022 Nov 1 [cited 2023 Jan 29];46(11):e16952. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfpp.16952>
 32. Guo S, Ai M, Liu J, Luo Z, Yu J, Li Z, et al. Physicochemical, conformational properties and ACE-inhibitory activity of peanut protein marinated by aged vinegar. *LWT*. 2019 Mar 1;101:469–75.
 33. Khurana V, Goswami B. Angiotensin converting enzyme (ACE). *Clin Chim Acta*. 2022 Jan 1;524:113–22.
 34. Lee KH, Bae IY, Park SI, Park JD, Lee HG. Antihypertensive effect of Korean Red Ginseng by enrichment of ginsenoside Rg3 and arginine–fructose. *J Ginseng Res*. 2016 Jul 1;40(3):237–44.
 35. Ousaaıd D, Mechchate H, Laaroussi H, Hano C, Bakour M, El Ghouzi A, et al. Fruits Vinegar: Quality Characteristics, Phytochemistry, and Functionality. *Mol* 2022, Vol 27, Page 222 [Internet]. 2021 Dec 30 [cited 2023 Jan 29];27(1):222. Available from: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/1/222/htm>
 36. Perumpuli P, Dilrukshi D. Vinegar: A functional ingredient for human health. *Int Food Res J*. 2022;29(5):959–74.
 37. Ozturk I, Caliskan O, Tornuk F, Ozcan N, Yalcin H, Baslar M, et al. Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars. *LWT - Food Sci Technol*. 2015 Sep 1;63(1):144–51.
 38. Bakir S, Toydemir G, Boyacioglu D, Beekwilder J, Capanoglu E. Fruit Antioxidants during Vinegar Processing: Changes in Content and in Vitro Bio-Accessibility. *Int J Mol Sci* 2016, Vol 17, Page 1658 [Internet]. 2016 Sep 29 [cited 2023 Jan 29];17(10):1658. Available from: <https://www.mdpi.com/1422-0067/17/10/1658/htm>
 39. Özdemir GB, Özdemir N, Ertekin-Filiz B, Gökırmaklı Ç, Kök-Taş T, Budak NH. Volatile aroma compounds and bioactive compounds of hawthorn vinegar produced from hawthorn fruit (*Crataegus tanacetifolia* (lam.) pers.). *J Food Biochem* [Internet]. 2022 Mar 1 [cited 2023 Jan 30];46(3):e13676. Available from:

- <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfbc.13676>
40. Boondaeng A, Kasemsumran S, Ngowsuwan K, Vaithanomsat P, Apiwatanapiwat W, Trakunjae C, et al. Comparison of the Chemical Properties of Pineapple Vinegar and Mixed Pineapple and Dragon Fruit Vinegar. *Ferment* 2022, Vol 8, Page 597 [Internet]. 2022 Nov 1 [cited 2023 Jan 29];8(11):597. Available from: <https://www.mdpi.com/2311-5637/8/11/597/htm>
 41. Minnaar P, Jolly N, Beukes L, Benito S. Effect of alcoholic and acetous fermentations on the phenolic acids of Kei-apple (*Dovyalis caffra* L.) fruit. *J Sci Food Agric* [Internet]. 2021 Aug 15 [cited 2023 Jan 30];101(10):4315–20. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jsfa.11071>
 42. Neves GA da R, Machado AR, Santana JF, da Costa DC, Antoniosi Filho NR, Viana LF, et al. Vinegar from *Anacardium othonianum* Rizzini using submerged fermentation. *J Sci Food Agric* [Internet]. 2021 May 1 [cited 2023 Jan 30];101(7):2855–62. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jsfa.10916>
 43. Di Donna L, Bartella L, De Vero L, Gullo M, Giuffrè AM, Zappia C, et al. Vinegar production from Citrus bergamia by-products and preservation of bioactive compounds. *Eur Food Res Technol* [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2023 Jan 29];246(10):1981–90. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-020-03549-1>
 44. Pacheco MHS, Kuriya SP, Capobiango CSC, Pimentel TC, Cruz AG, Esmerino EA, et al. Exploration of gender differences in bottled mineral water consumption: A projective study of consumer's perception in Brazil. *J Sens Stud*. 2018 Aug;33(4):e12434.
 45. Luzón-Quintana LM, Castro R, Durán-Guerrero E. Biotechnological Processes in Fruit Vinegar Production. *Foods* 2021, Vol 10, Page 945 [Internet]. 2021 Apr 26 [cited 2023 Jan 28];10(5):945. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/5/945/htm>
 46. Morais RA, Teixeira GL, Ferreira SRS, Cifuentes A, Block JM. Nutritional Composition and Bioactive Compounds of Native Brazilian Fruits of the Arecaceae Family and Its Potential Applications for Health Promotion. *Nutr* 2022, Vol 14, Page 4009 [Internet]. 2022 Sep 27 [cited 2023 Jan 29];14(19):4009. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6643/14/19/4009/htm>
 47. Schulz M, Seraglio SKT, Brugnerotto P, Gonzaga LV, Costa ACO, Fett R. Composition and potential health effects of dark-colored underutilized Brazilian fruits – A review. *Food Res Int*. 2020 Nov 1;137:109744.

Capítulo 27**Doi.org/10.53934/9786585062060-27****RESÍDUOS DE MANDIOCA PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA VINHAÇA****Ana Maria Silva Costa *; Nayara Pereira Lima ; Ana Cristina Silva da Natividade ; José Matheus Santos Oliveira ; Osmar Luis Silva Vasconcelos 
; Jennifer da Cruz Arouche Silva ; Francisco Albuquerque Bastos ****Autor correspondente (Corresponding author) – Email: anas@acad.ifma.edu.br*

Resumo: No processo da cadeia produtiva do etanol, a vinhaça surge como um efluente de elevado poder poluente, cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico. Seu potencial poluidor decorre da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH e elevada corrosividade. O presente trabalho teve como objetivo analisar e quantificar o potencial de geração de biogás a partir da biodegradação da vinhaça de cana-de-açúcar (Tratamento I) e vinhaça com adição de rejeitos de mandioca (Tratamento II) em um biodigestor anaeróbio em regime de batelada. A produção de biogás foi avaliada durante 15 dias, sob condições mesofílicas. A geração do biogás foi monitorada, observando-se diariamente a temperatura e pressão manométrica. Parâmetros como pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e umidade foram medidos nos dois tratamentos e avaliados de modo a relacioná-los com a produção de biogás observada no período de incubação. A biodigestão resultante nos tratamentos apresentou volume de biogás acumulado diferenciados. O tratamento II produziu 2,1 Kg/Cm², enquanto o Tratamento I, somente 0,5 Kg/Cm². Portanto, pelas condições dos experimentos adotadas neste estudo, o substrato com adição rejeitos de mandioca, mostrou potencial de geração de biogás satisfatório.

Palavras-chave: The sugar and alcohol industries are characterized by high demand for water, and generate proportional volumes of waste to be discarded. In the process of the ethanol production chain, vinasse emerges as an effluent of high pollutant power, about one hundred times greater than that of domestic sewage. Its polluting potential stems from its richness in organic matter, low pH and high corrosivity. The present work aimed to analyze and quantify the potential of biogas generation from the biodegradation of sugarcane vinasse (Treatment I) and the addition of cassava tailings (Treatment II) in a batch anaerobic biodigester. Biogas production was evaluated during 15 days of digestion under mesophilic conditions. Biogas generation was constantly monitored, observing the temperature and gauge pressure daily. Parameters such as pH, biochemical oxygen demand (BOD) and humidity were measured in both treatments and evaluated in order to relate them to the biogas production observed during the incubation period. The resulting digestion in the treatments presented differentiated accumulated biogas volume. Treatment II produced 2.1 Kg/Cm², while Treatment I only 0.5 Kg/Cm². Therefore, due to the conditions of the experiments adopted in this study, the substrate with cassava tailings addition showed satisfactory biogas generation potential.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar e também o primeiro país do mundo na produção e exportação de açúcar e etanol (1). As usinas sucroalcooleiras representam para o país um dos maiores ramos do agronegócio nacional, contribuindo para a economia e gerando milhões de empregos. Com o aumento da produção de etanol e açúcar, houve também o aumento da produção de subprodutos e resíduos gerados pelo processo, com isso maneiras de descarte e novas tecnologias estão sendo estudadas pensando nos impactos ambientais e na geração de energia. Desse processo surge a vinhaça (2).

A vinhaça é o principal subproduto da produção sucroalcooleira, apresenta elevado teor de matéria orgânica rica em nutrientes minerais. É um resíduo presente em destilarias autônomas e usinas de açúcar e etanol e com custo relativamente baixo, vem sendo amplamente utilizada na fertirrigação de áreas cultivadas com cana. No entanto, deve-se utilizá-la com cautela, uma vez que pode contaminar águas subterrâneas e mananciais superficiais, devido à percolação ou arraste de altas concentrações de manganês, ferro, potássio, alumínio, cloreto, matéria orgânica, dentre outros (3,4).

A vinhaça é caracterizada como efluente de destilarias com alto poder poluente e alto valor fertilizante; o poder poluente, cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico, decorre da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), além de elevada temperatura na saída dos destiladores; é considerada altamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces, além de afugentar a fauna marinha que vem às costas brasileiras para procriação (3).

A mandioca é uma cultura versátil e de grande apelo econômico e social. Cultivada nas diversas regiões do País, serve de fonte de alimento e renda para as populações rurais, que consomem e comercializam o produto tanto em forma de farinha como in natura. Como toda atividade produtiva, o processamento da mandioca gera grande quantidade de resíduos, que geralmente se perdem nas áreas de produção por desconhecimento do produtor sobre as alternativas de uso. No processamento das raízes de mandioca para o preparo de farinhas, as cascas representam de 10-15% do peso das raízes, dependendo do processo de descascamento. As cascas de mandioca ricas em carboidratos se constituem em excelente matéria prima. Aproveitar os resíduos gerados na produção de mandioca é uma forma de tornar a cultura mais competitiva e resolver problemas ambientais (4,5).

Segundo o levantamento da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (6), a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é um dos tubérculos mais importantes cultivados no Brasil (7). A mandioca é uma planta nativa do Brasil classificada como uma cultura perene de alta produtividade, baixo custo de produção, resistente a pragas, de fácil adaptação às condições climáticas e elevado valor energético.

Como toda atividade produtiva, o processamento da mandioca gera grande quantidade de resíduos, que geralmente se perdem nas áreas de produção por desconhecimento do produtor sobre as alternativas de uso. No processamento das raízes de mandioca para o preparo de farinhas, as cascas representam de 10-15% do peso das raízes, dependendo do processo de descascamento. As cascas de mandioca ricas em carboidratos se constituem em excelente matéria prima. Aproveitar os resíduos gerados

na produção de mandioca é uma forma de tornar a cultura mais competitiva e resolver problemas ambientais (4).

A composição do substrato é importante para a quantificação e a qualidade do biogás, o que está diretamente ligado à quantidade de nutrientes e contaminantes potenciais (metais, patógenos, contaminantes orgânicos contidos na matéria orgânica). A escolha do material certo influencia no resultado do processo, na maximização da produção de energia e na boa qualidade de biogás.

A biodigestão anaeróbia apresenta-se como uma das melhores soluções para o aproveitamento da biomassa existente tanto na vinhaça como nos rejeitos de mandioca, não somente no sentido ambiental como também no econômico (8). Trata-se de uma tecnologia madura e atualmente é aplicada em milhares de plantas em escala real em todo o mundo (9).

As aplicações dos subprodutos da biodigestão, tem como resultado a vinhaça biodigerida e o biogás. O digestado pode ainda ser utilizado na fertilização, uma vez que este tratamento não reduz o potencial fertilizante do efluente. Com relação ao biogás, devido à elevada concentração de metano em sua composição, as principais aplicações referem-se à geração de energia (pelo seu potencial combustível).

Este trabalho visa avaliar e quantificar a produção de biogás obtido por mistura de vinhaça com rejeitos de mandioca como inoculante, em proporções definidas utilizando biodigestor anaeróbio e verificar a diminuição de sua carga orgânica através de análises físico-químicas de DBO e assim, contribuir para um manejo correto dos resíduos gerados em agroindústria de produção de açúcar, etanol e/ou de cachaça, agregando valor ao efluente gerado do processo da biodigestão na forma de biofertilizantes.

MATERIAL E MÉTODOS

A vinhaça e os rejeitos de mandioca utilizados neste estudo foram coletados na Fazenda Egito, oriundos da cidade de Vargem Grande – MA. A vinhaça foi coletada na saída da panela do alambique de destilação e armazenada em uma bombona plástica de 20 litros, enquanto os resíduos de mandioca foram coletados em uma casa de farinha da mesma propriedade e acondicionados em sacos plásticos devidamente vedados.

As amostras foram encaminhadas ao laboratório de Química do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, Campus São Luís – Maracanã para a realização das análises: pH, umidade, temperatura, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis, carbono, nitrogênio kjeldahl, alcalinidade total, turbidez, cor, acidez total: Instituto Adolfo Lutz (10); Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO: método de Winkler modificado pela ázida de sódio, que compreende diversas fases.

O monitoramento foi realizado no início e final do processo por um período de 15 dias, visto que os ensaios foram concretizados em batelada.

Procedimentos para o processamento de biogás

Inicialmente os resíduos de vinhaça e rejeitos de mandioca, passaram por alguns procedimentos prévios visando melhorar a cinética das reações e a eficiência da produção de biogás. Os rejeitos de mandioca foram triturados e a vinhaça passou por um processo de decantação para se obter um resíduo mais concentrado.

Dois tratamentos foram avaliados: Vinhaça (Tratamento I) e Vinhaça + rejeitos de mandioca triturados (Tratamento II). Após a separação e preparo dos substratos, os resíduos foram secos em estufa a 110 °C durante 48 horas para que posteriormente todos recebessem a quantidade necessária de água, de modo que a umidade final em todos os tratamentos fossem a mesma, 80%.

As bateladas foram realizadas colocando 12 litros de matéria orgânica na urna do biodigestor, vinhaça (I) e vinhaça + rejeitos (II). Em seguida, selou-se o biodigestor, ligou-se a resistência elétrica e ajustou-se o termostato para o controle da temperatura desejada, 37°C. Os tratamentos I e II permaneceram incubados até que não se observasse mais geração de biogás, o que ocorreu após o 15º dia de incubação.

A geração do biogás foi monitorada constantemente, observando-se diariamente a temperatura e pressão manométrica.

Construção do biodigestor

O biodigestor foi equipado com uma urna, com capacidade para 30 litros, resistência elétrica, termostato, manômetro e registro de gaveta para descarga de resíduos. A estimativa da produção de gás foi feita através de um manômetro com aferição de 0 a 5 Kgf/cm². O escoamento do gás produzido no biodigestor foi drenado por um registro de gaveta instalado na parte inferior da urna do biodigestor.

O biodigestor foi equipado com uma urna, com capacidade para 30 litros, resistência elétrica, termostato, manômetro e registro de gaveta para descarga de resíduos, conforme **Figura 1**.

Figura 1 – Biodigestor em batelada



Fonte – A autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização físico-química

Figura 1 – Matérias primas analisadas respectivamente: vinhaça e rejeitos de mandioca.



Fonte – Autoria própria.

A **Tabela 1** apresenta os parâmetros físico-químicos analisados dos substratos de vinhaça (tratamento I) e vinhaça + rejeitos de mandioca (tratamento II), antes do processo de biodigestão. Pode-se observar que somente os parâmetros temperatura, pH e DBO foram analisados nos dois tratamentos, tendo em vista que se alteram pela adição dos rejeitos de mandioca. Contudo, os demais parâmetros não foram analisados no tratamento II, pois são relevantes, neste trabalho, apenas para o substrato principal, vinhaça.

Tabela 1 – Composição química dos substratos: vinhaça e vinhaça + rejeitos de mandioca

PARÂMETROS	TRATAMENTO I	TRATAMENTO II
Temperatura (°C)	31,0	37,0
pH	3,7	7,5
DBO (mg/l)	420	210
Sólidos totais (mg/l)	1.4657	-
Sólidos voláteis (mg/l)	1.360,30	-
Sólidos fixos (mg/l)	997,27	-
Sólidos Sedimentáveis (mg/l)	0,5	-
Nitrogênio (mg/l.N)	2,1	-
Carbono (mg/l.C)	58	-
C/N	29	-
Alcalinidade (mg/l CaCO ₃)	48,1	-
Turbidez (NTU)	1.314	-
Cor (UC)	161,4	-

Fonte – Autoria própria (2019).

Processamento de biogás

A **Tabela 2** apresenta os parâmetros que foram monitorados no ensaio, como pH, temperatura, umidade e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), todos controlados antes e depois do período de biodigestão.

PARÂMETROS	TRATAMENTO I			TRATAMENTO II		
	Início	Fim	Redução	Início	Fim	Redução
pH	8,0	7,2	0,8	8,0	7,5	0,5
Temperatura (°C)	37	37	-	37	37	-
Umidade (%)	80	80	-	80	80	-
DBO (mg.L ⁻¹)	7,60	4,2	44,74	7,60	2,1	72,37 %

A temperatura é um fator muito importante a ser considerado na digestão anaeróbia. A maior parte da energia liberada pela respiração celular está diretamente ligada ao produto final, o metano. Para que os microrganismos se desenvolvam da melhor maneira possível e gerem quantidades satisfatórias de biogás, é necessário que o calor seja fornecido externamente. A temperatura é a variável que apresenta maior influência sobre o metabolismo dos microrganismos responsáveis pela geração de metano (11,12).

Baseado no que determina a literatura, a temperatura foi mantida constante em 37°C durante os tratamentos I e II. Resíduos que contém teor de umidade entre 60 e 90% corroboram para um maior potencial de geração de biogás. A produção de biogás pode ser afetada diretamente pela umidade que o resíduo apresenta (13).

A umidade final nos tratamentos I e II foi de 80%, conforme análises de material seco (umidade), valor que se encontra dentro da faixa apresentada na literatura como ótima para geração de biogás.

A geração de biogás obtém maior rendimento em pH neutros ou ligeiramente superior (pH entre 7,0 e 8,5). A fim de manter um pH neutro e estável é necessário que a alcalinidade do meio seja relativamente elevada e constante. Quanto maior for a alcalinidade, maior será a capacidade tampão do processo, que, por sua vez, promove um pH estável (14). O pH inicial foi aferido por meio de um pHmetro digital, o qual indicou pH 3,7 na amostra de vinhaça (I) e 5,6 na amostra de vinhaça + rejeito (II), apontando a necessidade de adição de uma base para aumentar o pH do meio. Para correção do pH para 8,0 adicionou-se solução de NaOH a 50%). Conforme determina a literatura, esse valor está dentro da faixa favorável à geração de biogás. De acordo com a tabela 2 houve uma pequena redução de 0,8 em relação ao período de degradação para o tratamento I e 0,5 para o tratamento II.

A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.

Em termos de demanda bioquímica de oxigênio, temos uma redução significativa nos dois tratamentos, sendo, 44,74% para o tratamento I e 72,37% para o tratamento II. Assim os valores observados podem ser atribuídos à conversão da matéria orgânica em biogás.

Em relação ao monitoramento da geração de biogás, o tratamento I apresentou baixo pico de geração de biogás na biodigestão. O valor acumulado de biogás para esse tratamento ao final dos 15 dias de experimento foi de 0,5 Kg/Cm². A baixa produção de biogás no referido ensaio, pode estar relacionada à falta de um inoculante no processo, visto que nas condições adotadas no presente estudo, a codigestão utilizando somente vinhaça não se mostrou eficiente no aumento da taxa de geração de biogás.

A ineficiência da codigestão pode estar relacionada à necessidade de determinar a proporção correta da mistura na codigestão para potencializar a produção de metano; além disso, deve-se evitar a formação de agentes inibidores do processo (15,16).

O ensaio de biodigestão no Tratamento II apresentou alto pico de geração de biogás na biodigestão. O valor acumulado de biogás para esse tratamento ao final do 15º dia de experimento foi de 2,2 Kg/Cm². O rejeito de mandioca adicionado a vinhaça como inoculante neste tratamento possui componentes nutritivos que garantiram a sua alta biodigestão anaeróbia, por isso recomenda-se a adição de nutrientes que favoreçam o processo.

CONCLUSÕES

Os dois tratamentos realizados neste trabalho apresentaram características diferentes; a composição de cada um de seus componentes contribuiu para seus desempenhos. A produção de biogás apresentou padrões distintos nos tratamentos ao longo do período de incubação, principalmente na quantidade de biogás gerada. Quanto à remoção de carga orgânica, os dois mostraram-se uma boa alternativa para o tratamento e disposição da vinhaça, visto que a eficiente redução de carga orgânica na vinhaça biodigerida evidencia a transformação de matéria orgânica em biogás.

Quanto ao potencial de geração de biogás, o tratamento II que tem como substrato adicional os rejeitos de mandioca, apresentou um volume de biogás gerado de 2,1 Kg/Cm², evidenciando um quantitativo de quatro vezes maior que o produzido no tratamento I, contendo apenas a vinhaça. Esse resultado mostra que nas condições adotadas no presente estudo, o substrato com adição de um suplemento apresenta um potencial de geração de biogás satisfatório quando codigerido.

Apesar do processo de digestão anaeróbia da vinhaça apresentar muitas vantagens, ainda restam diversos desafios e obstáculos para que este processo seja implementado. Como sugestões para melhoramento do processo, menciona-se o uso de um sistema de agitação, o aumento no tempo de biodigestão, purificação do biogás e mais estudos na adição de suplementação. Nesse cenário, o biogás se destaca principalmente por se tratar de uma fonte renovável e com alto potencial energético.

REFERÊNCIAS

1. FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): FAO Statistical Databases., 2023.

2. MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>.
3. FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203p.
4. MODESTO JUNIOR, M. S.; ALVES, R. N. B.; SILVA, E. S. A. **Produtividade de mandioca cultivada por agricultores familiares na região dos lagos, município de Tracuateua, Estado do Pará. Amazônia: Ciência Desenvolvimento**, Belém, v. 6, n. 12, 2012.
5. SILVA, JJ; DA SILVA, BF; ZANONI, MVB; STRADIOTTO, NR. Preparação de Amostras e Quantificação de Antibióticos em Vinhaça Gerada a partir da Produção de Etanol Combustível de Cana-de-Açúcar. *J. Chromatogr. A* **2022** , 1666 , 462833.
6. FAOSTAT. Crops: Cassava and Potatoes. 2023. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
7. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Preços da mandioca em raiz, fécula e farinha**. 2018.
8. GRANATO, E. F.; SILVA, C. L. **Geração de energia elétrica a partir do resíduo de vinhaça**. In: Encontro Energia no Meio Rural, 4., 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP.
9. CHEN, L.; FANG, W.; LIANG, J.; NABI, M. Biochar application in anaerobic digestion: Performances, mechanisms. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 188, 2023.
10. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. Brasília: ANVISA, 2008.
11. WESTERMANN, P.; AHRING, B. K. **Dynamics of methane production, sulfate reduction, and denitrification in a permanently waterlogged alder swamp**. *Applied and environmental microbiology*, v. 53, n. 37, p. 2554-2559, 1987.
12. CINAR, CINAR, KUÇHTA. Machine Learning Algorithms for Temperature Management in the Anaerobic Digestion Process. **Fermentation**, v. 8, n. 65, 2022.
13. SILVESTRE, V. V. Levantamento do potencial de geração de biogás de aterro **sanitário para aproveitamento sob a forma de energia elétrica**. 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

14. CROVADOR, M.I.C. **Potencial de geração de biogás a partir da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos.** 2017. 119 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, 2014.
15. ÁLVAREZ, J. A.; OTERO, L.; LEMA, J. M. **A methodology for optimising feed composition for anaerobic co-digestion of agroindustrial wastes.** *Bioresource Technology*, v. 101, n. 4, p. 1153- 1158, 2010.
16. KASINATH, S; KSIAZEK, S. F.; SZOPINSKA, M.; BYLINSKI, H. ARTICHOWICZ, W.; REMISZEWSKA-SKWAREK, A.; LUCZKIEWICZ, A. Biomass in biogas production: Pretreatment and codigestion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 150, 2021.

Capítulo 28

Doi.org/10.53934/9786585062060-28

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E POTENCIAL DE AGROINDUSTRIALIZAÇÃO DO LEITE DE JUMENTA: UMA REVISÃO

Dhafyne Nawendgy de Moura Silva *; Lívia Vitória Oliveira Moura ; Dyego da
Costa Santos 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: dhafynes@gmail.com

Resumo: O *Equus asinus*, ou jumento, é um mamífero da família Equidae, que durante séculos foi desvalorizado e usado principalmente para transporte de cargas. Embora o leite de jumenta não seja muito usual no Brasil, sua busca e por produtos oriundos dele vem crescendo gradativamente pelo mundo, devido ao seu alto valor nutricional, sendo um possível substituto do leite humano para crianças. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre as características químicas e potencial de agroindustrialização do leite de jumenta. O leite de jumenta é caracterizado pelo alto teor de lactose, baixo teor de gordura, presença de ácidos graxos essenciais, baixa caseína/proteína relacionada à redução da capacidade alergênica e presença de enzimas com propriedade bactericida atribuído pelo alto nível de lisozima. Por esses motivos, as perspectivas futuras para a utilização desse leite são amplas e promissoras nas indústrias voltadas à produção e comercialização de produtos lácteos. A ausência de trabalhos sobre a temática, sobretudo no Brasil, demonstra que ainda há um grande campo a ser explorado, e que a obtenção de mais informações sobre esse leite contribui não somente para fins científicos, como também para a preservação da própria espécie.

Palavras-chave: derivados lácteos; *Equus asinus*; preservação da espécie; qualidade

INTRODUÇÃO

Grande parte da produção mundial de leite é representada por leites de vaca, cabra e ovelha. Essas espécies produzem cerca de 86% do leite disponível em todo o mundo (1) e são uma grande fonte de lucro para as indústrias alimentícias fabricantes de queijos, manteigas, sorvetes e iogurtes, dentre outros produtos. No entanto, outra alternativa não muito comum, mas que pode ser explorada pelo setor alimentício, é o leite de jumenta, pois apesar de se tratar de um leite produzido por uma espécie não convencional, apresenta grande potencial como substituto dos leites utilizados na fabricação desses produtos. Especialmente para crianças afetadas pela alergia às proteínas do leite de vaca ou alergias alimentares múltiplas que podem causar riscos de desnutrição, já que apresenta uma composição química muito semelhante ao leite humano (2,3).

O *Equus asinus*, popularmente chamado de jumento, é um mamífero da família Equidae, o qual em várias civilizações e durante séculos foi tido como um animal doméstico, usado principalmente para cargas por ser resistente e frugal. Embora o leite deste animal não seja muito usual no Brasil, a busca por este produto e por seus derivados cresce cada vez mais em países asiáticos e europeus. Esses produtos, por sua vez, não se caracterizam apenas como alimentícios, mas também estéticos, dado o fato de que as proteínas do leite são descritas como naturalmente ativas na hidratação e prevenção do envelhecimento da pele (4,5).

Contudo, apesar do incrível potencial que o leite de jumenta apresenta, a desvalorização desse animal, oriunda principalmente da modernização e do pensamento popular, ocasiona, por exemplo, a inferiorização do seu leite quando comparado a de outros animais de fazenda. Isso é visível quando se analisa que os gados e demais animais do meio são predominantes entre agricultores comerciais de grande escala, enquanto os jumentos são mais usados como animal de carga em propriedades de pequeno porte ou por agricultores pequenos (6). Isso quando não estão soltos ou a deriva em estradas, de onde são normalmente recolhidos, comprados a preço baixo ou até mesmo roubados de propriedades, para depois serem mantidos em condições precárias e vendidos a preços altíssimos fora do país.

A exemplo, destaca-se a China, que busca o animal principalmente para retirada de sua pele a fim de produzir o que eles chamam de “ejiao”, um remédio tradicional famoso por suas propriedades medicinais (7), além do leite que é muito buscado para produção de cosméticos. Em consequência disso, essa espécie não só está enfrentando uma crise global, como corre sério risco de extinção.

Portanto, a principal motivação para sustentar essa pesquisa bibliográfica reside na importância que o tema possui na sociedade atual, bem como ao fato de que apesar da temática possuir grande importância, tem sido pouco reportada, em particular, na literatura brasileira, se comparado com o leite de outras espécies convencionais como vaca e cabra. Isso acaba resultando na escassez de informações científica e técnica e pouca visibilidade sobre o assunto. Por essa razão, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão bibliográfica sobre as características químicas e o potencial de agroindustrialização do leite de jumenta, de modo a conscientizar a população acerca das propriedades desse produto, seus benefícios à saúde e a possibilidade de valorização dessa matéria-prima através de seu processamento,

o que culminaria em provável desenvolvimento socioeconômico, além de contribuir para a preservação da espécie.

ASPECTOS GERAIS DO LEITE DE JUMENTA

Em geral, o leite de todos os mamíferos apresenta composição similar, sendo constituído de água, proteínas, gorduras, carboidratos, vitaminas e minerais. Contudo, seus conteúdos variam entre o leite de ruminantes e não ruminantes. Além disso, mesmo dentro da mesma espécie, a genética, o ambiente, a fisiologia do animal e sua nutrição também são fatores que podem influenciar, fazendo com que possa haver variação na composição do leite (8).

No leite de jumenta, em especial, Salimei e Fantuz (9) e Martini et al. (10) destacaram que a produção e a qualidade desse leite é afetada principalmente pela estação do ano, número de ordenhas, estágio de lactação, nutrição e raça desses animais. Na Tabela 1 é descrita a diferença na composição do leite em diferentes espécies.

Visto o alto valor das características biológicas do leite dessa espécie, ele tem despertado interesse não somente científico como também de possíveis investidores e consumidores nos últimos anos (11). Entretanto, embora tenha havido um aumento em seu interesse, ele ainda é pouco pesquisado e trabalhado. Esse fato pode estar relacionado à média baixa de produção, uma vez que em comparação com o leite de vaca, que tem uma média de produção de 7 a 8 litros por dia (12), o leite de jumenta tem produção média de apenas 100-150 kg de leite em cada período de lactação, considerada uma quantidade baixa para processamento (10,13,14,15). Ademais, a espécie tem período maior de gestação (374 dias), sendo mais longa que a gestação em éguas (336 dias), e menor período de lactação (180 a 300 dias) se comparado a de outros equinos (16,17,18).

Tabela 1 – Composição nutricional do leite de diferentes espécies

Espécie	Densidade (g/mL)	Água (%)	Proteínas (%)	Gordura (%)	Lactose (%)	Extrato Seco (%)	Sais Minerais (%)
Mulher	1.031	88,12	1,90	4,50	5,30	11,88	0,18
Jumenta	1.033	90,45	1,70	1,55	5,80	9,55	0,50
Vaca	1.030	87,25	3,50	3,80	4,80	12,75	0,65
Cabra	1.032	87,54	3,70	4,20	4,00	12,46	0,56
Ovelha	1.038	80,41	6,52	6,86	5,23	19,59	0,98
Búfala	1.034	82,05	4,00	7,98	5,18	17,95	0,79
Égua	1.031	88,80	2,70	2,50	5,50	11,20	0,50

Fonte: Venturini et al. (27).

Vale ressaltar que, embora os requisitos de nutrientes para a gestação do animal ainda não sejam determinados com precisão, o período de lactação costuma variar conforme características do animal e de como ele é mantido. Isso evidencia a necessidade de mais

estudos para uma melhor definição acerca das necessidades das jumentas em lactação e do seu leite, com o intuito de ampliar as perspectivas futuras em questão de criação, produção e comercialização.

Lactose

A lactose é um dissacarídeo composto por uma molécula de glicose e uma de galactose, que ao ser hidrolisado pela enzima lactase, libera seus componentes para a absorção na corrente sanguínea (19). Segundo Zychar e Oliveira (20), a lactose desempenha alguns papéis importantes no organismo, como fonte de energia, constituinte dos cerebrosídeos presentes na massa cerebral e mielina nervosa, atuando também na retenção de cálcio e magnésio no organismo, além de prolongar a ação da vitamina D.

Independentemente da espécie, a lactose é quantitativamente o principal carboidrato existente no leite de todos os mamíferos, pois sua concentração é similar nos leites de égua, jumenta e humano, e menor no leite dos ruminantes, além de apresentar também traços de outros açúcares como glicose, frutose, glicosamina, galactosamina e oligossacarídeos (8). A presença desses oligossacarídeos confirma a adequação do leite de jumenta como alimento infantil, visto que eles possuem potencial de modular o crescimento da flora intestinal, bem como influenciar diferentes processos gastrointestinais e inflamatórios, além de fornecer proteção contra infecções (21).

Salimei et al. (22) e Giosuè et al. (23) encontraram em seus estudos teores médios de lactose aproximados no leite de jumenta, de 6,40% e 6,88%, respectivamente. Devido ao alto teor de lactose, esse leite possui um sabor consideravelmente mais doce do que outros tipos de leite geralmente destinados ao consumo humano. Esse alto teor de lactose também é responsável pela boa palatabilidade e melhor absorção intestinal do cálcio, que é essencial para a mineralização óssea dos lactentes (24,25).

Gordura

A gordura do leite é o constituinte que mais varia na composição, costumando ter seu teor variando de 0,28% a 1,82% (5). Até agora os principais fatores que afetam no valor de seu teor são a raça, estratégia de ordenha, manejo alimentar, época do ano, e o período de lactação (26). Venturini et al. (27) realizou um estudo no qual é feito um comparativo do leite de jumenta com leites de outros lactantes, inclusive os mais comuns como vaca e cabra. Através dos resultados dessa pesquisa, torna-se perceptível que em comparação com os leites normalmente consumidos, o leite de jumenta apresenta uma porcentagem menor no que se refere a teor de gordura. Na Tabela 1 é mostrado a diferença nos teores de gordura em diferentes espécies.

Ácidos graxos

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas, classificados segundo o comprimento da cadeia de carbonos (curta, média e longa) e a presença e número de duplas ligações (28). No estudo de Claeys et al. (29) foi feito um comparativo da presença de três tipos principais de ácidos graxos nas espécies humano, asinina, equina, bovina, ovina e caprina, sendo esses ácidos graxos respectivamente: AGS

(ácidos graxos saturados), AGMI (ácidos graxos monoinsaturados) e AGPIs (ácidos graxos poliinsaturados), os quais estão dispostos na Tabela 2. No leite dos asininos foi apresentado baixo teor de AGS (46,7%) em comparação com os demais, embora ainda alcançando um número maior que o teor encontrado no leite equino e no leite humano, que teve resultados respectivamente de 37,5% e 39,4%. Ademais, o leite de jumenta apresentou também menor concentração no teor de AGMI (15,31%) dentre os leites estudados, em contraste com uma maior concentração de AGPIs (14,17%), perdendo apenas para os equinos (12,8%).

Tabela 2 – Perfil de ácidos graxos do leite de alguns mamíferos em porcentagem

Espécie	Ácidos Graxos Saturados (%)	Ácidos Graxos Monoinsaturados (%)	Ácidos Graxos Poli-insaturados (%)
Humano	39,4 - 45	33,2 - 45,1	8,1 - 19,1
Equina	37,5 - 55,8	18,9 - 36,2	12,8 - 51,3
Asinina	46,7 - 67,7	15,31 - 35,0	14,17 - 30,5
Bovina	55,7 - 72,8	22,7 - 30,3	2,4 - 6,3
Ovina	57,5 - 74,6	23,0 - 39,1	2,5 - 7,3
Caprina	59,9 - 73,7	21,8 - 35,9	2,6 - 5,6

Fonte: Adaptado de Claeys et al. (29).

Isso confirma o que foi estudado por Martemucci e D'Alessandro (30), Martini et al. (31) e Li et al. (14). De acordo com estes autores, a fração lipídica do leite asinino apresenta uma composição de ácidos graxos mais favorável que os demais leites, por este ser caracterizado pela presença de ácidos graxos essenciais, por possuir menor concentração de ácidos graxos saturados se comparado aos leites bovino, ovino e caprino, menor concentração de ácidos graxos monoinsaturados e maior teor de ácidos graxos poli-insaturados.

COMPOSIÇÃO DO LEITE DE JUMENTA

Proteínas

Em relação às proteínas, Messias et al. (15) destacam que o leite humano e de jumenta compartilham características quantitativas e qualitativas semelhantes nos perfis protéicos. A caseína, por exemplo, é um componente menor de ambos os leites. Contudo, o leite de jumenta tem um teor de proteína total menor em comparação com o leite de vaca, já que seu valor médio está entre cerca de 1,63 a 1,7 g/100 mL (32). Valores semelhantes foram obtidos por Doreau et al. (33) e Salimei et al. (22), que relataram que o valor médio de proteína do leite de jumenta é de 1,72%. Enquanto Giosuè et al. (23) obtiveram o valor médio de 1,89%.

Ademais, uma digestão simulada *in vitro* mostrou que a caseína de jumento possui uma degradabilidade rápida e uma digestibilidade quase completa (34). Isso pode desempenhar um papel na redução da alergenicidade do leite de jumenta, uma vez que a

alergenicidade da proteína alimentar também está ligada à sobrevivência do alérgeno no trato gastrointestinal (35).

No que se refere às proteínas presentes no soro, tanto no leite humano quanto no de jumenta uma proteína altamente representada é α -lactalbumina, em média cerca de 2 e 3 g/L em jumenta e humano, respectivamente (11). A α -lactalbumina desempenha um papel fundamental na síntese de lactose na glândula mamária e fornece uma importante fonte de aminoácidos essenciais no leite humano. Além disso, a α -lactalbumina é resistente à digestão e atinge o trato intestinal quase intacto, onde estimula a mucosa e regula a função imunológica geral do lactente (36).

A α -lactalbumina também inibe o crescimento de vários patógenos potenciais, tanto *in vitro* quanto *in vivo*, e por ser uma proteína de ligação ao cálcio que pode se ligar ao ferro e ao zinco, tendo efeito estimulante na absorção de minerais (37). O conteúdo semelhante de α -lactalbumina nos dois tipos de leite é interessante para o bem-estar e nutrição infantil, considerando também que as fórmulas infantis à base de leite bovino são pobres nessa proteína e devem ser frequentemente enriquecidas (36).

De modo geral, o teor de proteína no soro do leite de jumenta é de 0,64 g/100 ml, que é muito semelhante ao do leite humano, ou seja, 0,76 g/100 ml (32,38). Salimei et al. (22) também descreveram um valor semelhante de 0,68% para a proteína do soro do leite. A relação de baixa caseína/proteína do soro também desempenha um papel importante na sensibilização à fração proteica do leite de vaca, reduzindo a capacidade alergênica. Tem sido relatado que quanto menor o valor da relação caseína/proteína de soro de leite, menor a capacidade alergênica (39).

Enzimas

Segundo Malacarne et al. (40), as enzimas do leite de jumenta possuem algumas características distintas, como a propriedade bactericida que o distingue dos leites de outros mamíferos. A atividade inibitória microbiana no leite de jumenta é muito alta em comparação com o leite de outros mamíferos. Isso foi atribuído à presença de alto nível de lisozima (1,0 g/L) que, ao contrário da lactoperoxidase e das imunoglobulinas (principais sistemas de defesa no leite bovino), é praticamente ausente no leite de vaca, ovelha e cabra, sendo um dos componentes do leite de jumenta com propriedades biológicas úteis (22,41).

De acordo com Pereira (42), que realizou um estudo com jumentas da raça Nordestina, a contagem de células somáticas médias encontradas no leite de jumenta é o equivalente a 4,54 log CCS/mL. Resultados semelhantes foram encontrados por Salimei et al. (22), que destaca que a contagem de células somáticas e a contagem de bactérias totais do leite de jumenta são muito baixas, da ordem de 3,68 log CCS/mL e 4,46 log UFC/mL, respectivamente.

A lisozima é conhecida por ser um agente antimicrobiano natural que atua diretamente sobre as paredes celulares das bactérias, realizando a hidrólise dos polissacarídeos presentes nas mesmas e inibindo assim o desenvolvimento desses microrganismos no leite de jumenta (43). Sua concentração é retratada na literatura como sendo duas vezes maior em relação ao leite humano (32,44), enquanto que o teor de lactoferrina, enzima também presente no leite de jumenta, é cerca de duas vezes maior do que o relatado para o leite bovino (40). Isso demonstra os efeitos potenciais positivos e potenciais sobre a estocagem desse leite cru (45). A Tabela 3 dispõe as concentrações de

lactoperoxidase, lisozima e lactoferrina no leite humano, asinino e bovino.

Tabela 3 – Concentração de lactoperoxidase, lisozima e lactoferrina no leite humano, asinino e bovino

Espécie	Lactoperoxidase (mg/L)	Lisozima (g/L)	Lactoferrina (g/L)
Humano	0,77	0,12	0,3 - 4,2
Asinina	0,11	1,0	0,080
Bovino	30 – 100	Traços	0,10

Fonte: Polidori e Vincenzetti (46).

PROCESSAMENTO DO LEITE DE JUMENTA

Há um interesse crescente no leite de jumenta devido às suas propriedades curativas, bem como por suas semelhanças com o leite humano. Esses fatores fazem com que o leite de jumenta seja considerado um alimento funcional e que hajam cada vez mais buscas por estudos relacionados a produtos lácteos feitos a partir do leite de jumenta, mesmo que esse leite não seja comumente explorado como produto alimentar comercial até agora (47).

Devido às suas propriedades únicas, o processamento do leite de jumenta em produtos lácteos tradicionais é difícil. Por exemplo, o queijo não pode ser facilmente fabricado por causa da falta de coalhada firme no coalho. Entretanto, o leite de jumenta tem a capacidade de formar um coágulo fraco em condições ácidas e, portanto, sua capacidade é utilizada para a produção de produtos do tipo iogurte com probióticos e propriedades terapêuticas (48).

É perceptível que o desenvolvimento e utilização do leite de jumenta tem grande valor econômico e social. No entanto, a composição, os nutrientes e funções desse leite não são bem estudados e dados básicos precisam ser coletados, principalmente no que tange a literatura brasileira, o que restringe a indústria de alimentos no desenvolvimento de produtos com o leite dessa espécie.

Leite de jumenta fermentado

O leite fermentado é o leite cuja fermentação se realiza com um ou vários cultivos, sendo eles: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium sp*, *Streptococcus salivarius subsp thermophilus* e/ou outras bactérias ácido-lácticas (49). Esse leite é inoculado com essas culturas, que através da fermentação convertem parte da lactose presentes em ácido lático. Isso aumenta assim seu prazo de validade, inibe o crescimento de bactérias patogênicas ou deteriorantes, e confere características sensoriais por meio de substâncias formadas durante o processo, como: dióxido de carbono, ácido acético e acetaldeído (50). Produtos que consumimos diariamente como iogurte, kefir e coalhada são exemplos de leites fermentados.

De acordo com Pal et al. (51), devido ao baixo teor de caseína e de gordura presentes no leite de jumenta, ao ser processado esse leite forma um gel muito fraco e difícil de se converter em queijo. Assim, a produção de bebidas fermentadas a partir do leite de jumenta

pode ser outra forma de aumentar a vida útil desse produto, já que a maioria dos estudos relacionados à produção de bebidas fermentadas a partir do leite de jumenta apresentam os mesmos resultados: ótimo potencial probiótico, baixas contagens bacterianas, acidez agradável e uma atividade antioxidante maior (47,52,53).

Contudo, o baixo teor de gordura e sólidos totais no leite de jumenta, além da estrutura das micelas de caseína, também pode favorecer a formação de coágulos frágeis e atribuir aos produtos fermentados uma baixa consistência, o que, além do sabor desconhecido, pode restringir a sua aceitabilidade no mercado consumidor (9,54). Assim, misturar o leite de jumenta com leites de outras espécies para produzir uma bebida fermentada também se torna uma opção, pois pode resultar em boa aceitação sensorial e melhor consistência.

Isso pode ser observado em um estudo realizado por Gomes et al. (55), que produziram iogurtes a partir de leite de jumenta misturado com leites de vaca, búfala e cabra. Os três tipos de iogurtes produzidos pela autora proporcionaram maior teor de gordura, proteína, lactose e teor de sólidos totais quando comparamos os resultados encontrados com o leite fermentado elaborado apenas com leite de jumenta desenvolvido por Tidona et al. (56) e Cavalcanti et al. (57), sendo que os maiores valores encontrados foram na combinação de leite de jumenta com leite de búfala.

Dessa forma, a produção de leite de jumenta fermentado pode ser uma abordagem interessante, principalmente quando misturado com o leite de outras espécies, devido as suas boas qualidades sensoriais, propriedades funcionais, e baixas contagens bacterianas. Sendo seu aproveitamento uma ótima oportunidade para as indústrias alimentícias no desenvolvimento de produtos lácteos, como destacado por Cavalcanti et al. (57).

Queijo

A fabricação de queijo com leite de jumenta não é considerada interessante, principalmente a nível industrial, devido às dificuldades de coagulação e formação da coalhada ocasionadas pelo baixo teor de caseína presente no leite (24,58). No entanto, alguns estudos recentes mostram que é possível produzir queijo a partir do leite de jumenta, utilizando uma abordagem diferente. Em um estudo realizado por Faccia et al. (59), pôde-se confirmar que o leite de jumenta pode ser transformado em queijo fresco por coagulação enzimática em condições tecnológicas adequadas, utilizando coalho microbiano.

A composição química e sensorial do queijo fresco de jumenta pode ser muito interessante do ponto de vista nutricional, devido aos baixíssimos teores de gordura e sabor agradável. Contudo, a escassa disponibilidade e o alto custo da matéria-prima atualmente limitam a aplicação prática. Assim, estudos por cientistas de pecuária e de alimentos são necessários para não somente estudar uma maneira de aumentar a produção de leite de lactantes jumentas como também para melhorar a textura do queijo e o rendimento de sua fabricação (59).

Leite em pó

O leite em pó é um alimento de preparo rápido, fortificado com vitaminas e minerais, e seu consumo tem crescido cada vez mais ao redor do mundo em função da sua praticidade de preparo e segurança alimentar (60). Trata-se de um derivado lácteo obtido principalmente

pela desidratação do leite, sendo classificado a partir do teor de gordura presente em: leite em pó integral (teor de gordura maior ou igual a 26,0%), parcialmente desnatado, (teor de gordura oscilando entre 1,5 e 25,9 %) e desnatado (menor que 1,5 %) (61).

Assim como acontece com outros produtos da indústria alimentícia, a conversão do leite em pó consiste em várias operações unitárias, como é mostrado na Figura 1.

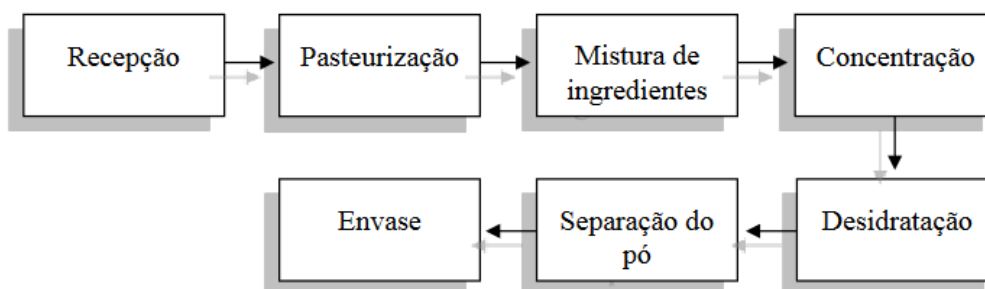


Figura 1 – Fluxograma de processamento do leite em pó
Fonte: Santos et al. (60)

Como a água é o maior componente do leite *in natura*, um dos principais objetivos em desidratar o leite é preservá-lo nutricionalmente e aumentar sua vida de prateleira, dispensando a refrigeração (60). A composição do leite de jumenta é precíval na natureza e o armazenamento a longo prazo é difícil. Contudo, com o uso de técnicas de beneficiamento do leite por conversão em pó, o armazenamento a longo prazo do leite de jumenta é possível sem grande perda de seu valor nutricional (3). Assim, o leite de jumenta torna-se uma ótima alternativa e que pode ser usado para várias finalidades, desde o consumo doméstico, para crianças e adultos, até consumos industriais e hospitalares. Li et al. (14) produziram leite de jumenta em pó e reportaram que o mesmo seria melhor indicado para a alimentação infantil que o leite de vaca em pó, por apresentar lactose mais compatível com o leite humano, presença de aminoácidos essenciais e conteúdos mais baixos de gordura e colesterol, inclusive com proporções adequadas de cálcio e fósforo.

Sorvete

Em um estudo realizado por Tidona et al. (62), morangos frescos e leite de jumenta foram utilizados para desenvolver um sorvete com alto perfil funcional. O sorvete foi suplementado com duas cepas de bactérias de ácido láctico apresentando propriedades probióticas, *Lactobacillus plantarum* 998 e *Bifidobacterium teenis* ATCC15703, e levou em consideração alguns parâmetros a serem avaliados, como a composição do sorvete, as propriedades físico-químicas, a qualidade microbiológica, a sobrevivência de bactérias lácticas utilizadas, etc.

No que tange a composição do sorvete, Tidona et al. (62) avaliaram que a matéria seca foi determinada como sendo de $26,44 \pm 0,15$ g/100g e o principal componente foi a sacarose ($19,79 \pm 0,03$ g/100g), que foi adicionada para o preparo do sorvete. Entretanto, outros açúcares também foram encontrados e quantificados durante o estudo, como é o caso da lactose ($2,98 \pm 0,02$ g/100g), principalmente do leite de jumenta, glicose ($1,13 \pm 0,01$ g/100g) e frutose ($1,28 \pm 0,01$ g/100g), que foram atribuídas aos morangos. Em consonância com a

composição do leite de jumenta, o teor de proteína foi baixo ($1,19 \pm 0,02 \text{g}/100\text{g}$) e os lipídios presentes apenas em traços ($0,08 \pm 0,01 \text{g}/100\text{g}$) nutricionalmente, fazendo com que essas amostras de sorvete pudessem ser classificadas com níveis de gordura muito baixos.

Entretanto, através desse estudo foi possível observar que o alto perfil nutricional e as propriedades promotoras da saúde do leite de jumenta, combinados com os micronutrientes de uma fruta vermelha fresca, são capazes de produzir um sorvete funcional não convencional de baixas calorias, que também prova entregar com sucesso probióticas propriedades, já que os morangos são ricos em compostos fenólicos e são comumente adicionados aos produtos lácteos para aumentar sua funcionalidade e capacidade antioxidante (62). Tidona et al. (62) destaca ainda que, com exceção da vitamina C, que diminuiu gradativamente durante seu estudo, o valor nutricional do sorvete se manteve estável ao longo do período de armazenamento, sendo uma ótima alternativa de processamento para a indústria de alimentos.

EXPLORAÇÃO CONSCIENTE DO LEITE DE JUMENTA

Muitas culturas no mundo, incluindo a do Nordeste do Brasil, têm as espécies equinas historicamente utilizadas para entretenimento, montaria, transporte de pessoas, de bens e de produtos agropecuários (63). Estes animais, como é o caso do jumento, normalmente são encontrados nas posses de nômades e pequenos agricultores, que por não terem tanto conhecimento acerca desses animais, acabam não aproveitando nem se beneficiando de seus potenciais, se não como carga ou transporte.

Recentemente, o jumento, assim como o burro e outros animais da família *Equidae*, vem perdendo sua importância nas atividades rurais, em decorrência principalmente das recentes transformações promovidas no meio rural, como a chegada das tecnologias motorizadas. Isso ocasiona dessa forma a vulnerabilidade em termos de sustentabilidade, perda de interesse na criação e abandono, onde o animal é deixado para viver por conta própria, vagando em condições selvagens e invadindo principalmente estradas, se tornando muitas vezes causas de acidentes automobilísticos (64,65).

A criação de jumentos se encontra em extinção (66), e o desconhecimento local sobre as potencialidades de fabricação de produtos alimentícios a partir da espécie, tal como a crescente demanda internacional pela pele dos jumentos, onde se é extraído o “*ejiao*”, um tipo de gelatina amplamente utilizada na medicina tradicional chinesa, são fatores que contribuem ainda mais com a redução da população do animal. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (12), houve uma diminuição na população da espécie de 974.688 em 2011 a 376.874 jumentos, representando uma queda de 38% em seis anos.

Embora tenha havido um crescimento de estudos em todo o mundo acerca do potencial do leite de jumenta, no Brasil ainda não existem sistemas de produção claramente definidos visando a exploração racional da espécie jumenta, o que dificulta a organização da cadeia produtiva do leite de jumenta e seus derivados. Enquanto isso, na União Europeia já existe a presença de atividades agrícolas com a espécie, localizadas principalmente na Itália, França, Espanha e Bélgica (67,68).

Diante desse cenário, a comunidade científica renovou o interesse pelos jumentos, envolvendo-se na recuperação e no resgate de algumas raças quase extintas (69). É notório que as perspectivas futuras são realmente muito amplas em questão de criação, produção e comercialização. A exploração consciente desses animais pode agregar perspectivas

promissoras por meio da atividade leiteira, associada a implementações de programas de incentivo à criação e preservação da espécie, dessa forma contribuindo para fonte de desenvolvimento econômico na região.

CONCLUSÕES

O presente estudo mostra que, embora seja um produto pouco usual no Brasil, o leite de jumenta possui um perfil nutricional único por apresentar em sua composição alto teor de lactose, menor teor de gordura, maior teor de ácidos graxos poli-insaturados, baixo teor de caseína/proteína e à presença de alto nível de lisozima. Dessa forma, podendo ser considerado interessante para a nutrição humana. Além disso, esse leite demonstra grande potencial no que se refere à agroindustrialização e traz inovações para indústrias de alimentos, principalmente no que tange a produção e comercialização de produtos lácteos.

Conscientizar a população acerca das propriedades desse produto, seus benefícios à saúde, e a possibilidade de valorização dessa matéria-prima através de seu processamento pela atividade leiteira, ocasiona o incentivo da criação do animal, e também culmina em um provável desenvolvimento econômico nas regiões, assegurando dessa forma a preservação de uma cultura popular. Ademais, a ausência de trabalhos sobre o assunto se comparado com leites convencionais, demonstra que há um grande campo a ser explorado, e que a obtenção de mais informações sobre o leite de jumenta contribui não somente para fins científicos, como também para a preservação da própria espécie.

REFERÊNCIAS

1. Bittante G, et al. Composition and aptitude for cheese-making of milk from cows, buffaloes, goats, sheep, dromedary camels, and donkeys. *J Dairy Sci.* 2022;105:2132-52.
2. Carroccio A, et al. Intolerance to hydrolysed cow's milk proteins in infants: clinical characteristics and dietary treatment. *Clin Exp Allergy.* 2008;30:1597-603.
3. Nayak CM, et al. Influence of processing conditions on quality of Indian small grey donkey milk powder by spray drying. *J. Food Sci Technol.* 2022;59:3266-73.
4. Cotte J. Le lait, une matière d'avenir pour la cosmétique. *Dairy Sci Technol.* 1991;71:213-24.
5. Aspri M, et al. Donkey milk: an overview on functionality, technology, and future prospects. *Food Rev Int.* 2016;33:316-33.
6. Fernando P, et al. Donkeys and development: socio-economic issues in the use and management of donkeys. Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2012 [acesso em 22 Jun 2022]. Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08caeed915d622c0014cf/R7350f.pdf>
7. Tatemoto P, et al. Donkey skin trade: Is it sustainable to slaughter donkeys for their skin? *Braz J Vet Res Anim Sci.* 2021;58:1-10.
8. Clayes WL, et al. Consumption of raw or heated milk from different species: an evaluation of nutritional and potential health benefits. *Food Control.* 2014;42:188-201.

9. Salimei E, Fantuz F. Equid milk for human consumption. *Int Dairy J.* 2012;24:130-42.
10. Martini M, et al. Monitoring nutritional quality of Amiata donkey milk: effects of lactation and productive season. *J Dairy Sci.* 2014;97:6819-22.
11. Altomonte I, et al. Donkey and human milk: milk: Insights into their compositional similarities. *Int Dairy J.* 2019;89:111-8.
12. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal 2017, Rio de Janeiro, 45; 2017 [acesso em 16 Jan 2023]. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2017_v45_br_informativo.pdf
13. Martin-Rosset W. Donkey nutrition and feeding: Nutrient requirements and recommended allowances: A review and prospect. *J Equine Vet Sci.* 2018;65:75-85.
14. Li L, et al. The nutritional ingredients and antioxidant activity of donkey milk and donkey milk powder. *Food Sci Biotechnol.* 2017;12:393-400.
15. Messias TBON, et al. Milk from Nordestina donkey breed in Brazil: Nutritional potential and physicochemical characteristics in lactation. *Int Dairy J.* 2022;127:105291.
16. Fielding D. Reproductive characteristics of the jenny donkey – *Equus asinus*: a review. *Trop Anim Health Prod.* 1988;20:161-6.
17. Pugh DG. Donkey reproduction. *AAEP Proceedings.* 2002;48:113-4.
18. Salari F, et al. Donkey feeding during maintenance, pregnancy, and lactation: Effects on body weight, milk production, and foal growth. *J Equine Vet Sci.* 2020;91:103-31.
19. Barbosa CR, et al. Intolerância à lactose e suas consequências no metabolismo do cálcio. *Rev. Saúde Pesquisa.* 2011;4:81-6.
20. Zychar BC, Oliveira BA. Fatores desencadeantes da intolerância à lactose: metabolismo enzimático, diagnóstico e tratamento. *Atas Ciênc Saúde.* 2017;5:35-46.
21. Kunz C, Rudloff S. Health promoting aspects of milk oligosaccharides. *Int Dairy J.* 2006;16:1341-6.
22. Salimei E, et al. Composition and characteristics of ass's milk. *Anim Res.* 2004;53:67-78.
23. Giosuè C, et al. Jennet milk production during the lactation in a Sicilian farming system. *Animal.* 2008;10:1491-5.
24. Uniacke-Lowe T, Fox PF. Equid milk: chemistry, biochemistry and processing. *Food Biochemistry and Food Processing.* 2 ed. Wiley-Blackwell: Ames, IA; 2012.
25. Schaafsma G. Nutritional significance of lactose and lactose derivatives. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences.* New York: Academic Press; 2003.
26. Park YW. Minor species milk. In: Park YW, Haenlein GFW. *Handbook of milk of non-bovine mammals.* Oxford: Blackwell Publishing Professional; 2006.
27. Venturini KS, et al. Características do leite. Espírito Santo: Pró-reitora de Extensão. Programa Institucional de Extensão; 2007.
28. Santos RD, et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia: I diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. *Arq Bras Cardiol.* 2013;100:1-40.
29. Claeys WL, et al. Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control.* 2014;42:188-201.

30. Martemucci G, et al. Fat content, energy value and fatty acid profile of donkey milk during lactation and implications for human nutrition. *Lipids Health Dis.* 2012;11:1-14.
31. Martini M, et al. Amiata Donkeys: fat globule characteristics, milk gross composition and fatty acids. *Ital J Anim Sci.* 2014;13:3118.
32. Vincenzetti S, et al. Donkey's milk protein fractions characterization. *Food Chem.* 2008;106:640-9.
33. Doreau M, et al. Composizione in acidi grassi ed in protein del latte di cavalla e di asina. Implicazioni per l'utilizzazione del latte. In: *Convegno Società Italiana di Ippologia*, 4. Campobasso. 2002.
34. Tidona F, et al. Protein composition and micelle size of donkey milk with different protein patterns: Effects on digestibility. *Int Dairy J.* 2014;35:57-62.
35. Dupont D, Mackie AR. Static and dynamic in vitro digestion models to study protein stability in the gastrointestinal tract. *Drug Discovery Today.* 2015;17/18:23-7.
36. Lonnerdal B, Forsum E, Hambraeus L. A longitudinal study of the protein, nitrogen, and lactose contents of human milk from Swedish well nourished mothers. *Am J Clin Nutr.* 1976;29:1127-33.
37. Lonnerdal B, et al. Longitudinal evolution of true protein, amino acids and bioactive proteins in breast milk: A developmental perspective. *J. Nutr. Biochem.* 2017;41:1-11.
38. Guo HY, et al. Composition, physiochemical properties, nitrogen fraction distribution, and amino acid profile of donkey milk. *J Dairy Sci.* 2007;90:1635-43.
39. Lara-Villoslada F, et al. The balance between caseins and whey proteins in cow's milk determines its allergenicity. *J Dairy Sci.* 2005;88:1654-60.
40. Malacarne M, et al. Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk. *Int Dairy J.* 2002;12:869-77.
41. Vincenzetti S, Polidori P, Vita A. Nutritional characteristics of donkey's milk protein fraction. In: Ling JR. (ed.). *Dietary protein research trends.* New York: New Science; 2007.
42. Pereira DDSA. *Produção e composição do leite de jumenta da raça Nordestina no Estado do Rio Grande do Norte [monografia].* Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2014.
43. Vincenzetti S, et al. Donkey's milk caseins characterization. *Ital J Anim Sci.* 2005;4:427-9.
44. Chiavari C, et al. Use of donkey's milk for a fermented beverage with lactobacilli. *Lait.* 2005;85:481-90.
45. Zhang XY, et al. The antimicrobial activity of donkey milk and its microflora changes during storage. *Food Control.* 2008;19:1191-5.
46. Polidori P, Vincenzetti S. Effects of thermal treatments on donkey milk nutritional characteristics. *Recent Pat Food Nutr Agric.* 2013;5: 182-7.
47. Coppola R, et al. Behaviour of *Lactobacillus rhamnosus* strains in ass's milk. *Ann Microbiol.* 2002;52:55-60.
48. Aspri M, et al. Raw donkey milk as a source of *Enterococcus* diversity: assessment of their technological properties and safety characteristics. *Food Control.* 2017;73:81-90.

49. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. Diário Oficial da União. 2007.
50. Carneiro CS, et al. Leites fermentados: histórico, composição, características físico-químicas, tecnologia de processamento e defeitos. Pubvet. 2012;6:1-34.
51. Pal M, et al. Nutritional profile and potential health benefits of donkey milk and milk products. EC Vet Sci. 2021;6.2:32-42.
52. Carminati D, et al. Biotyping of cultivable lactic acid bacteria isolated from donkey milk. Lett Appl Microbiol. 2014;59:299-305.
53. Perna A, et al. Donkey milk for manufacture of novel functional fermented beverages. J. Food Sci. 2015;80:1352-9.
54. Turchi B, et al. *Lactobacillus plantarum* and *Streptococcus thermophilus* as starter cultures for a donkey milk fermented beverage. Int J Food Microbiol. 2017;256:54-61.
55. Gomes RDS, et al. Chemical evaluation of donkey milk yoghurt mixed with milk from different animal species. Food Sci. Technol. 2022;42:e80521.
56. Tidona F, et al. Fermented beverage emulsion based on donkey milk with sunflower oil. Int J Food Sci Technol. 2015;50:2644-52.
57. Cavalcanti NSH, et al. Donkey milk and fermented donkey milk: are there differences in the nutritional value and physicochemical characteristics? LWT Food Sci Technol. 2021;144:111-239.
58. Faccia M, et al. Technological attempts at producing cheese from donkey milk. J Dairy Res. 2018;85:327-30.
59. Faccia M, et al. Chemical-sensory traits of fresh cheese made by enzymatic coagulation of donkey milk. Foods. 2019;9:16.
60. Santos CS, et al. Tecnologia e processamento de leite em pó: Revisão de literatura. XX Seminário Inter Institucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, Cruz Alta, 5; 2015.
61. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. Diário Oficial da União. 1996.
62. Tidona F, et al. Functional properties of a strawberry ice cream based on donkey milk and lactic acid bacteria. Nutr Food Sci. 2017;3:1-5.
63. Beja-Pereira A, et al. African origins of the domestic donkey. Science. 2004;304:1781.
64. Ivankovic A, et al. Characteristics of the lactation, chemical composition milk hygiene quality of the Littoral-Dinaric ass. Mljekarstvo. 2009;59:107-13.
65. Carneiro GF, et al. The Current Situation and Trend of the Donkey Industry in South America. J Equine Vet Sci. 2018;65:106-10.
66. Bernardes F. Abate de jumentos para exportação cresce 8.000% e ameaça a espécie no Brasil; 2021 [acesso em 20 Fev 2023]. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/abate-de-jumentos-para-exportacao-cresce-8-000-e-ameaca-a-especie-no-brasil/>
67. Camillo F, et al. The current situation and trend of donkey. industry in Europe. J Equine Vet Sci. 2017;65:44-9.
68. Valle E, et al. Effect of farming system on donkey milk composition. J Sci Food Agric. 2018;98:2801-8.

69. Martini M, et al. Nutritional and nutraceutical quality of donkey milk. *J Equine Vet Sci.* 2018;65:33-7.



**SEGURANÇA DE
ALIMENTOS**

QUALIDADE E SEGURANÇA DO PESCADO: REVISÃO

Leticia Tavares Martins¹ *; Diana Carla Fernandes Oliveira² ; Renan Rosa Paulino³ ; Matheus Ribeiro Galuppo⁴ ; Rafaella Ramos Soares⁴ ; Rafael Antônio Borges⁴ ; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas⁵ 

¹ Mestrando no Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias - UFLA; ² Pós doutoranda do programa de Pós Graduação em Zootecnia - UFLA; ³ Técnico Administrativo do Departamento de Zootecnia-UFLA; ⁴ Graduandos em Zootecnia - UFLA; ⁵ Docente/pesquisador do Departamento de Zootecnia – UFLA.

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
leticiamartins725@gmail.com*

Resumo: O Brasil é uma das maiores potências mundiais em piscicultura. A produção aquícola nacional cresce cada dia mais, superando outras atividades de importância econômica. A carne do pescado possui altos níveis de proteína de alta digestibilidade, ácidos graxos insaturados, como ômega 6 e ômega 3 e vários minerais e vitaminas, que conferem uma riqueza nutricional ao homem, porém, possui alto potencial de deterioração. Com isso, os benefícios nutricionais do pescado podem ser aproveitados quando fatores de segurança e qualidade forem garantidos. O pescado é um alimento muito perecível e estratégias de armazenamento precisam ser empregadas para aumentar sua vida útil. A segurança alimentar é a garantia de que os alimentos não causarão danos à saúde de quem os consome, e é uma propriedade fundamental da qualidade dos alimentos que pode ser perdida em qualquer estágio da cadeia alimentar se o mesmo for contaminado por microorganismos patogênicos. Muitas bactérias e parasitas presentes no ambiente podem ser transmitidas aos seres humanos durante a manipulação e consumo de alimentos e provocar doenças de caráter zoonótico. Com isso, o objetivo dessa revisão foi realizar uma pesquisa em bancos de dados do Scopus, Web of Science, Google Scholar e Science Direct, sobre a qualidade e segurança do pescado, as doenças transmitidas pelo seu consumo e os riscos oferecidos à saúde humana, além de explanar os benefícios do consumo de peixes e derivados. Por fim, a inspeção sanitária adequada, a educação da população e pesquisas que atuam no desenvolvimento de métodos de análises e tratamentos, são importantes para que o pescado ofereça segurança à população consumidora.

Palavras-chave: doenças; peixes; segurança dos alimentos; vigilância sanitária;

INTRODUÇÃO

A alimentação é um ato essencial na vida do ser humano, no entanto é essencial que o alimento seja seguro e forneça nutrientes necessários para realizar funções básicas (energéticas, estruturais, funcionais e reguladoras) e manter a saúde (1,2).

Os alimentos podem ser transmissores de doenças quando contaminados por diferentes microrganismos e toxinas, tornando-se potencialmente perigosos. Com isso, a segurança alimentar tornou-se uma propriedade que envolve saúde pública, bem-estar da população e economia mundial (1).

Nos últimos anos, a carne de peixe tem sido considerada uma alternativa ao consumo de carne bovina, suína e de aves devido à procura de um estilo de vida mais saudável (1). Para satisfazer a demanda por peixes, a segurança alimentar considera que esses animais podem ser veículos de transmissão de diversos patógenos, como *Salmonella spp.*, *Vibrio spp.*, *Aeromonas spp.*, *Shigella spp.*, *Clostridium spp.*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, entre outros, e também de diversos parasitas, como, *Diphyllobothrium latum*, *Ascocotyle (Phagicola) longa* e *Dioctophyme renale* (3, 4, 5).

Os peixes apresentam uma rápida deterioração e crescimento rápido de microrganismos, provocada pela quantidade de água presente em seu tecido, ácidos graxos insaturados com rápida oxidação e pH próximo da neutralidade. Esses fatores impulsionam a deterioração e tornam o pescado um alimento perigoso, com risco de zoonoses graves na população (6,7). A ausência de higiene na produção, processamento e conservação do alimento, juntamente com a ausência de inspeção de produtos de origem animal favorecem a transferência de microrganismos ambientais patogênicos para o produto e demonstra importância na segurança alimentar (3,6,8).

A partir do exposto, objetivou-se realizar uma pesquisa bibliográfica em bancos de dados Scopus, Web of Science, Google Scholar e ScienceDirect sobre a qualidade e segurança do pescado, bem como as doenças transmitidas pelo consumo de peixes, com ênfase nas doenças parasitárias e riscos para saúde humana, além de explicar os benefícios do consumo de peixes e derivados.

VALOR NUTRICIONAL DO PESCADO

O pescado é considerado um alimento de alto valor nutritivo e uma parte essencial da dieta humana, pois é fonte de proteínas de alto valor biológico, lipídios insaturados, vitaminas e minerais (9,10). O consumo do pescado é impulsionado principalmente pelos altos teores de proteína de alta digestibilidade e boa qualidade, vitamina A e D, cálcio, fósforo, lisina e ácidos graxos insaturados. Mas, apesar disso, é um alimento de origem animal que pode sofrer modificações em sua qualidade provocadas pelo tempo e temperatura. Quando armazenado em baixas temperaturas (menor que 3°C), a deterioração e proliferação bacteriana não acontecem e a qualidade é preservada por mais tempo (11).

O pescado é basicamente composto por água (70 a 85%), proteínas de alto valor biológico (20 a 25%), aminoácidos essenciais, com destaque a lisina, metionina e cisteína, e lipídios (1 a 10%). Também estão presentes ácidos graxos poli-insaturados, como o ômega 6 (n-6) e ômega 3 (n-3), minerais, como o cálcio, fósforo, ferro e selênio (1 a 1,5%) (12). A Tabela 1, apresenta o valor nutricional em 100g de diferentes peixes crus.

Considerando variações entre espécies de peixes, a composição proteica pode variar entre 15 a 25%. Seus aminoácidos possuem alta digestibilidade, acima de 95% e o

valor biológico, próximo de 100%. As proteínas possuem papel importante na alimentação humana, atuando no desenvolvimento de organismos jovens e reestruturação de tecidos, além de oferecer sabor a carne, especialmente pelo aminoácido glicina (12).

Tabela 1 - Valor nutricional em 100g de peixe cru

Peixe	Energia (Kcal)	Proteína (g)	Gordura total (g)	Gordura saturada (g)
Pescada	83	17,6	1,4	0,2
Pargo mulato	80	18,5	0,7	0,1
Dourada	167	19,7	9,8	2,1
Carapau	105	19,7	2,9	0,7
Sardinha meia gorda	158	18,9	9,1	2,5
Sardinha gorda	221	18,4	16,4	4,7
Bacalhau	76	17,8	0,5	0,1
Robalo	145	18,5	7,9	1,8
Salmão	262	16,2	21,9	4,2
Atum	140	24,1	4,9	1,7
Tilápia	290	9,1	3,2	0,64

Fonte: Adaptado de Pescapt.com (13)

Com relação aos lipídios, os peixes são classificados em gordos, semi-gordos e magros, isso devido às variações de conteúdo. Entre os peixes gordos pode-se destacar a anchova, sardinha e atum; os semi-gordos, barracuda e cação; e os magros, bacalhau, merluza e linguado. O teor de gordura é influenciado pela idade, nutrição e tipo de alimentação (12).

Atualmente o pescado é comercializado para consumo em diferentes apresentações, como filés inteiros, eviscerados e/ou frescos, refrigerados, congelados, embalagens em atmosfera modificada, enlatados, produtos defumados, salgados, desidratados e derivados (surimi). O consumo pode ser influenciado por fatores sócio-econômicos, padrões de consumo alimentar, características pessoais e estado de saúde (14,15).

QUALIDADE DO PESCADO E RISCOS PARA SAÚDE PÚBLICA

O pescado é um produto de origem animal propenso à deterioração. Isso acontece pela elevada atividade de água nos tecidos, altos teores de nutrientes que são utilizadas por microrganismos, rápida ação destrutiva de enzimas, pH próximo da neutralidade e presença de ácidos graxos insaturados facilmente oxidáveis. Com o início da degradação, o peixe se torna um meio de crescimento para microrganismos, alterando suas características físico-químicas e organolépticas (16, 17).

A deterioração é determinada pelo desgaste físico antes da morte, temperatura elevada e falta de oxigênio. Os microrganismos iniciam o crescimento logo após o rigor mortis (enrijecimento do corpo pela falta de ATP na musculatura). A autólise torna o peixe permeável à ação das bactérias, liberando substâncias que servem de fonte nutritiva aos microrganismos, logo, as características do pescado são alteradas: as escamas ficam opacas e se soltam com facilidade, os olhos ficam turvos com pupilas leitosas, guelras pálidas ou escuras, carne amolecida, sem brilho e sem elasticidade, e odor desagradável (Figura 1) (16).



Figura 1 - Peixes (*Oreochromis niloticus*) em estágio inicial de deterioração.
Fonte: Arquivo próprio, 2023.

Durante a industrialização, o pescado pode ser contaminado mediante práticas de preservação inadequadas, como o trauma mecânico. Na manipulação doméstica algumas

práticas oferecem risco ao consumidor: contaminação cruzada; local e utensílios de preparo das refeições; higiene imprópria; e, controle de temperatura inadequado (18).

De acordo com o Artigo 210, do RIISPOA 2017 (19) - Regulação de Inspeção Industrial dos Produtos de Origem Animal, ao avaliar um pescado fresco, devem ser observadas as seguintes características sensoriais: o peixe deve possuir superfície da pele limpa, com brilho e reflexos multicores; os olhos devem estar claros, vivos, luzes, convexos e transparentes; brânquias ou guelras róseas ou vermelhas, úmidas e brilhantes; abdômen firme e impressão duradoura à pressão dos dedos; escamas brilhantes e aderentes na pele; carne firme; vísceras íntegras e anus fechado; e, por fim, odor característico (Figura 2). O RIISPOA 2017 apresenta, as características desejáveis para cada pescado, como crustáceos, moluscos e cefalópodes.



Figura 2 - Peixe (*Oreochromis niloticus*) apresentando características sensoriais normais
Fonte: Arquivo próprio, 2023.

A manipulação e o preparo podem ser a principal fonte de contaminação do pescado, além do armazenamento incorreto (20), com refrigeração em temperaturas inadequadas (17). Práticas de higiene são necessárias para evitar a contaminação cruzada. Nos barcos, é recomendável a lavagem regular do convés onde o peixe é armazenado e a água do gelo deve apresentar boas condições, além dos porões possuir isolamento térmico para não derreter o gelo (16).

Os contaminantes mais encontrados nos peixes são a *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Shigella*, *Clostridium botulinum* e coliformes.

DOENÇAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS

A contaminação de alimentos geram infecções ou intoxicações no homem, conhecida como Enfermidades Transmitidas por Alimentos (ETAs) (21). Além dos riscos fisiopatológicos ao homem, também é importante ressaltar que essas doenças implicam em gastos ao sistema de saúde pública (22).

Diversas doenças transmitidas por alimentos são consideradas zoonoses, ou seja, podem se disseminar entre o homem e os animais por meio do consumo de carne crua ou mal passada, podendo ter origem viral, bacteriana ou parasitária (Tabela 2). Com o aumento do consumo do pescado no Brasil, se torna importante a prevenção das Enfermidades Transmitidas por Alimentos (17). As zoonoses podem ser transmitidas por contato direto com o agente, ou por contato indireto, a partir da ingestão de alimentos contaminados, ou ainda veiculadas por vetores. A ingestão de carne mal cozida ou crua, é um principal fator de risco para o surgimento de doenças parasitárias e o contato direto com o pescado contaminado é o principal fator de risco para as doenças bacterianas (5).

Tabela 2 - Principais zoonoses ou patógenos com potencial zoonótico associados ao consumo e a manipulação de pescado

Doença	Agente etiológico	Países de ocorrência da zoonose relatada
Zoonoses causadas por cestódeos		
Difilobotríase	<i>Diphyllobothrium latum</i> <i>D. nihohkaiense</i>	Brasil, Peru, Chile, Argentina, Suíça, França, Itália, EUA, Japão, Rússia e Coreia do Sul
Zoonoses causadas por trematódeos		
Fagicolose	<i>Ascocotyle (Phagicola) longa</i>	Brasil
Clonorquíase	<i>Clonorchis sinensis</i>	China, Rússia, Japão, Coreia do Sul, Vietnã e Taiwan
Opistorquíase	<i>Opisthorchis felineus</i> <i>O. viverrini</i>	França, Alemanha, Grécia, Itália, Rússia, Ucrânia, Espanha, Polônia, Laos, Malásia e Tailândia.
Paragonimíase	<i>Paragonimus sp.</i>	Brasil, China, Japão, Filipinas, Coreia do Sul,

		Equador e EUA
Zoonoses causadas por nematódeos		
Anisaquíase	<i>Anisakis simplex</i> <i>Anisakis sp.</i>	Brasil, Holanda, América do Norte, Espanha, China e Japão
Pseudoterranovíase	<i>Pseudoterranova decipiens</i> <i>Pseudoterranova sp.</i>	Japão, Coreia do Sul, Chile, Itália e França
Contracequíase	<i>Contracaecum sp.</i> <i>Contracaecum osculatum</i>	Austrália, Alemanha, Coreia do Sul e Japão
Histerotilacíase	<i>Hysterothylacium sp.</i>	Japão
Gnatostomíase	<i>Gnathostoma gracile</i> <i>G. spinigerum</i>	Brasil, Sudeste Asiático, Coreia do Sul, Japão, Índia, Sri Lanka, Zâmbia, Botsuana, Austrália, Peru, Guatemala, Equador, Colômbia e México
Capilaríase	<i>Capillaria philippinensis</i>	Filipinas, Tailândia, Coreia do Sul, Japão, Taiwan, Índia, Irã, Emirados Árabes, Egito, Itália e Reino Unido
Estrongiloidíase	<i>Eustrongylides ignotus</i> <i>E. tubifex</i>	EUA
Dioctofimose	<i>Dioctophyme renale</i>	Brasil, Índia, Grécia, Rússia, Austrália, Coreia do Sul, Irã, China e EUA
Doenças parasitárias com potencial zoonótico		
Botricefelíase (cestódeo)	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Guiana Francesa
Clinostomíase (trematódeo)	<i>Clinostomum complanatum</i> <i>C. marginatum</i>	Japão
Centrocestose (trematódeo)	<i>Centrocestus formosanus</i>	Taiwan, Filipinas e Laos
Zoonoses causadas por bactérias		

Infecção por <i>Streptococcus agalactiae</i> , sorotipo III, ST-283		Singapura
Infecção por <i>Streptococcus iniae</i>		EUA, Canadá, Singapura, Taiwan e Hong Kong
Micobacteriose	<i>Mycobacterium marinum</i>	Brasil, EUA, Espanha, França e Israel
Doenças bacterianas com potencial zoonótico		
Infecção por <i>Lactococcus garvieae</i>		Brasil, China, Taiwan, França, Coreia do Sul e Israel
Erisipelóide	<i>Erysipelothrix spp.</i>	Japão e Canadá
Vibriose	<i>Vibrio vulnificus</i>	Brasil, EUA, Europa, Israel e Taiwan
Fotobacteriose	<i>Photobacterium damsela</i>	Coreia do Sul
Brucelose	<i>Brucella sp.</i>	Nova Zelândia e Peru

Fonte: Adaptado de TAVARES et al., 2018.

A doença transmitida por alimentos é definida como uma síndrome causada pela ingestão de alimentos e/ou água com agentes que afetam a saúde do consumidor. O alimento geralmente está contaminado com bactérias e suas toxinas, vírus, parasitas, envenenamento por toxinas naturais (biotoxinas marinhas de moluscos bivalves) ou produtos químicos. Apresentam uma variedade de sintomas gastrointestinais, como náuseas, vômitos, diarreia, dor abdominal, e febre e, em alguns casos, podem ter complicações como sepse, meningite, abortos, síndrome de Reiter, Síndrome de Guillain-Barre, câncer ou morte. Afetam principalmente crianças, mulheres grávidas, pacientes imunodeprimidos e idosos (8, 23, 5).

As zoonoses parasitárias são as principais doenças transmitidas pelo pescado. No Brasil, o consumo de carne de tainha crua é um fator predisponente para o surgimento de fagicolose, causada por metacercárias do trematódeo *Ascocotyle (Phagicola) longa* no homem, causando dores estomacais, enterite, diarreia, má absorção de alimentos e emagrecimento progressivo (24). Muito provavelmente é uma zoonose subnotificada no Brasil, pois a maioria dos humanos é assintomático por se tratar de hospedeiro acidental (17). Outra afecção causada por metacercárias de um parasito com importância no Brasil, é a paragonimíase, causada pelo trematódeo *Paragonimus*. Ocorre pela ingestão de crustáceos de água doce crus ou mal passados. O parasito migra para os pulmões provocando pneumonia hemorrágica (5). A dioctofimose é uma zoonose provocada pelo nematódeo *Dioctophyme renale*, um parasita com tropismo para o tecido renal, causando obstrução, nefrite, hipertrofia renal, hidronefrose, cólica e destruição do parênquima renal. A infecção por esse parasita tem associação com a ingestão de larvas encistadas pelo consumo de rãs ou peixes crus (5).

Quanto às infecções bacterianas, pouco se conhece do perfil epidemiológico das bactérias com o hospedeiro, mas sua transmissão está associada principalmente pela ingestão, contato direto com feridas, cortes ou penetração bacteriana durante manipulação, sendo os manipuladores do pescado os mais suscetíveis (5). Entre os principais causadores de ETAs no Brasil, causados por bactéria, são, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Bacillus aureus*. A *Salmonella spp.*, é um agente comum no Brasil, uma bactéria gram negativa entérica, causando infecções alimentares graves. O *Staphylococcus aureus*, causa uma intoxicação com duração de 1 a 2 dias, sendo o vômito o principal sintoma. A *E. coli* e o *B. aureus* também causam sinais de diarreia e vômitos, com duração entre 1 a 7 dias e 1 a 2 dias, respectivamente (22).

Entre as doenças causadas por toxinas, a doença de haff, também conhecida como doença da urina preta, não possui etiologia bem definida, mas sabe-se que está relacionada ao acúmulo de toxinas biológicas termoestáveis presentes no pescado contaminado. A toxina causa um quadro de rbdomiólise, síndrome provocada pela lesão muscular e aumento sérico de creatina quinase (CPK). As principais manifestações clínicas são mialgia, urina com coloração escura (mioglobínúria), náusea, vômito, dor abdominal e diarreia. Uma complicação grave da doença é a insuficiência renal aguda (IRA), causada pelo excesso de mioglobina nos túbulos renais, impossibilitando a filtração da urina. Apesar do prognóstico da doença ser bom, não há tratamento específico e depende se houver associação com outras comorbidades, por isso o cozimento adequado do pescado, é uma medida profilática necessária (25). Em 2008, foram relatados 27 casos da doença na região amazônica. Os surtos foram associados com a ingestão de pacu manteiga (*Mylossoma duriventre*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) (26).

Os principais agentes causadores de ETAs derivados do pescado, podem ser evitados se não ocorrer o consumo de peixes crus ou mal passados em preparações como sushis, sashimis ou ceviche. Para que ocorra a morte do parasita, é necessário o congelamento do peixe a -20°C por pelo menos 7 dias ou a -35°C por 15 horas. Além disso, a inspeção sanitária de produtos de origem animal deve ser ativa e realizada por um órgão responsável (17) e toda cadeia produtiva deve ser monitorada.

Na propriedade produtora, os possíveis problemas devem ser identificados realizando-se análises biológicas e da água com frequência, o manejo e a taxa de mortalidade devem ser monitoradas e corrigidas quando inadequadas. Também deve ser realizado o controle de hospedeiros intermediários, como exemplo o caramujo. No estabelecimento de pescado (barco-fábrica, frigorífico abatedouro ou unidade de beneficiamento), é obrigatório a lavagem prévia do pescado, verificação visual de lesões e a evisceração logo após a captura (5).

Farias, Pala e Araújo (2021), relatam a importância da realização da educação higiênica sanitária para a população consumidora de pescado, orientando e explicando os riscos do pescado cru ou mal passado e orientando sobre os procedimentos necessários para o consumo seguro.

SEGURANÇA ALIMENTAR

A segurança alimentar garante que um alimento não causará danos ou doenças para a pessoa que o consome. É considerado, juntamente com as características nutricionais,

sensoriais e comerciais, um componente da qualidade total de um alimento (27). A segurança alimentar é coletiva, nacional e individual. A segurança coletiva e nacional pode ser garantida pelo estado, mas nem todos os indivíduos dispõem dessa segurança (28).

Segundo Santos (2006), a segurança alimentar pode ser definida como: “Quando todas as pessoas, em todos os momentos, possuem acesso físico e econômico à alimentação suficiente, sadia e nutritiva a fim de atender suas necessidades diárias e preferências alimentares para uma vida saudável”.

A ingestão de alimentos que não atendem aos padrões sanitários, representando perigos físicos, químicos e biológicos, são um risco para a segurança alimentar. Muitos alimentos contaminados apresentam características sensoriais normais, sem alterações de textura, sabor e odor, mas nem sempre o consumidor tem percepção e consciência do risco de ETAs (22).

A inspeção sanitária no Brasil, se baseia em legislações específicas e o controle oficial no RIISPOA 2017, abordando análises sensoriais, indicadores de frescor e toxinas perigosas para a saúde humana (18). No Brasil, entre os anos de 2007 a 2016, foram notificados pelo Sistema de Vigilância em Saúde, 0,8% de surtos relacionados às ETAs. A grande maioria correspondia a intoxicação por pescado (5).

A falta de notificação das ETAs, dificultam o trabalho ativo no setor de vigilância. As subnotificações e falta de análises em locais de ocorrência dessas doenças, oferecem risco a população e não demonstram os verdadeiros surtos que acontecem no Brasil (22).

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO PESCADO

Para a avaliação da qualidade do pescado, são utilizados métodos combinados: método sensorial e método não sensorial. Os métodos sensoriais se tratam da avaliação das características físicas do produto, como o pH, tensão das fibras musculares, dureza do músculo e viscosidade do suco da carne. Os métodos não sensoriais estão relacionados aos processos químicos, como o nitrogênio das bases voláteis totais, nitrogênio de trimetilamina, hipoxantina, histamina, valor de K, aminas, aminoácidos livres, H₂S, entre outros (9). Os métodos físico-químicos devem respeitar as legislações vigentes no Brasil, como as Normativas, MAPA e RIISPOA.

A análise sensorial é o método mais antigo para avaliação do frescor de um peixe, levando em consideração a aparência, coloração e odor presentes. Suas vantagens são o baixo custo, rapidez do processo e por não causar deformidades destrutivas no tecido (29).

Outro método utilizado é o Método do Índice de Qualidade (MIC), uma avaliação que inicialmente foi desenvolvido para peixe inteiro armazenado em refrigeração, atualmente, é aplicado para filés e peixe congelado. Se baseia na avaliação de atributos sensoriais (aspecto e textura da pele, olhos, odor e aspecto das brânquias), por meio da classificação por pontos de mérito de 0 a 3 (9). A soma total indica se o produto possui qualidade ou não. Quanto melhor a avaliação, mais próximo de 0 é a pontuação. O grupo de avaliadores deve ser composto por no mínimo três pessoas treinadas. O MIC, vem se adaptando para diversas espécies, como o bacalhau (*Gadus morhua*), dourada (*Sparus aurata*), carapeba (*Eucinostomus gula*) (9), tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), robalo (*Dicentrarchus labrax*), merluza (*Merluccius merluccius*), linguado (*Solea senegalensis*) e outros (30).

Por fim, a análise microbiológica, que deve respeitar as normativas vigentes que definem os padrões microbiológicos para alimentos expostos à venda (9, 29).

CONCLUSÕES

Apesar do sistema de vigilância no Brasil e esforços para minimizar o risco de consumo de pescado contaminado no país, os desafios ainda são muitos e afetam principalmente a cadeia produtiva, beneficiamento e o consumidor final. As ETAs, ainda hoje, geram óbitos e impactos econômicos sobre o Sistema de Saúde Pública e por isso, é importante o controle e educação sanitária sobre o risco que o pescado pode oferecer à população quando práticas de higiene não são respeitadas.

As doenças de origem parasitárias são as mais encontradas e, em sua maioria, causadas pelo consumo de pescado cru ou mal passado, enfatizando que além da higiene durante o manuseio, o preparo dos alimentos determinam a qualidade do produto final.

Sabe-se que o pescado é uma ótima fonte proteica e fonte de ácidos graxos insaturados para o homem, com grandes benefícios na saúde humana, porém, o seu consumo deve ser cauteloso, pois parasitas, bactérias e vírus podem estar presentes quando sua origem for suspeita e quando não for realizado uma inspeção sanitária adequada, logo, a educação da população e pesquisas que atuam no desenvolvimento de métodos de análises e tratamentos são importantes e necessários, para que além do pescado ser um bom alimento ao homem, também seja seguro e confiável. Por fim, a maioria das ETAs, podem ser evitadas com medidas preventivas.

REFERÊNCIAS

1. Solórzano F. G. Importancia de la capacitación a personas que prestan servicios de alimentación, como medio para disminuir las ETAS en Costa Rica. *Repertório Científico*, v. 18, n. 1, p. 11-16, 2015.
2. Martinez A., Pedron C. *Conceptos básicos en alimentación: Madrid. Sociedade Espanhola de Gastroenterologia, Hepatologia y Nutrición Pediátrica (SEGHNP)*. 2015.
3. Fernandes D. V. G. S., Cunha Neto A. D., Figueiredo E. E. D. S. *Salmonella spp.* in the fish production chain: a review. *Ciência Rural*, v. 48, 2018.
4. Cortes-Sanches A. J, Ramires M. D., Salgado-Cruz P. M., Hernandez-Nava R. G. Food safety and fish production the case of *Staphylococcus aureus*: a review. *Online Journal of Biological Sciences*, v.20, n.4, p.291-306, 2020.
5. Tavares G. C., Leibowitz M. P., Leal C. A. G., Figueiredo H. C. P. Zoonoses emergentes associadas ao consumo e a manipulação de pescado. *Cadernos técnicos de veterinária e zootecnia*, n.89, p.9-40, 2018.
6. Barbosa-Cánovas G. V., Aguirre D, B. Procesamiento no térmico de alimentos. *Scientia Agropecuária*, v. 1, n. 1, p. 81-93, 2010.

7. De Plata G. V. La contaminación de los alimentos, un problema por resolver. *Salud UIS*, v. 35, n. 1, 2003.
8. Cortés-Sánchez A. J., Chaurand L. D. E., Ramirez M. D., Torres-Ochoa E. Plesiomonas: A review on food safety, fish-borne diseases, and tilapia. *The Scientific World Journal*, v. 2021, 2021.
9. Soares K. M. D., Gonçalves A. A. Qualidade e segurança do pescado. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 71, n. 1, p. 1-10, 2012.
10. Oliveira Iahnke S. Principais aspectos de deterioração da qualidade de pescado e relação com a Legislação Brasileira: uma breve revisão. *Ciência e Tecnologia do Pescado: uma análise pluralista*. v.4, 2022.
11. Magalhães A. M. S., Costa B. S., Tavares G. C., Carvalho S. I. G.; Zoonoses parasitárias associadas ao consumo de carne de peixe cru. *PUBVET*, v.6, n.25, 2012.
12. Rebelatto I. S., Lintzmaia D. J., Ritter D. O., Lanzarin M., Faria R. A. P. G. F., Chitarra G. S. Composição química e valor nutricional do pescado. *Engenharia de pesca: aspectos teóricos e práticos*. v.4, 2022
13. Pesca Pt. Valor nutricional do peixe. [Acesso em 27 fev 2023]. Disponível em: Valor Nutricional Peixe - Pesca-PT
14. Sambony B. F., Valencia F. J. R., Hernández J. O. E. L. G. Kinetic control of the smoke-flavored salting process of tilapia fillets (*Oreochromis sp*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, v. 19, n. 2, p. 27-40, 2021.
15. Álvarez J. R. M. El pescado en España: consumo histórico de un alimento básico. En: *el pescado y la dieta 6. Nutrición y Salud*. Edición y Coordinación: José Antonio Pinto Fontanillo. Nueva imprenta, SA Madrid, España. 2008.
16. Teixeira L. C., Garcia P. P. C. Qualidade do pescado: captura, conservação e contaminação. *Acta de Ciências e Saúde*, v.1, n.2, p.62-76, 2014.
17. Farias T. H. V., Pala G., Araújo L. R. S. Parasitas de peixes com potencial zoonótico descritos no Brasil. *ARS Veterinária*, v.37, n.4, p.211-224, 2021.
18. França D. A., Vasconcelos A. B., Oliveira J. F., Moraes G. N., Velame M. S., Martins O. A., Rodrigues M. V. Avaliação da qualidade do pescado comercializado na região de Botucatu, São Paulo. *Veterinária e Zootecnia*. v.29, 2022.
19. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília. BRASIL, 2017. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA).

20. Galvão J. A. Boas práticas de fabricação: da despesca ao beneficiamento do pescado, 2010.
21. Santos M. H. R., Cordeiro A. R., Bittencourt J. V. M., Bortolozzo E. Q. Segurança alimentar na manipulação doméstica, abordagem física, química e biológica. 3º Simpósio de Segurança Alimentar. 2010.
22. Sorognil L., Barnabe A. S., Mello T. R. C. Doenças transmitidas por alimentos e participação da manipulação inadequada para sua ocorrência. Estação Científica UNIFAP, v.9, n.2, p.19-31, 2019.
23. Varela Z. S., Lavallo L. P., Alvarado D. E. Bacteria causing foodborne diseases: an overview at Colombia. Revista Salud Uninorte, v. 32, n. 1, p. 105-122, 2016.
24. Pavanelli G. C., Eiras J. C., Yamaguchi M. E., Takemoto, R. M. Zoonoses humanas transmissíveis por peixes no Brasil. Maringá: UniCesumar, 2015.
25. Araújo R. R., Santos H. S. P., Silva S. B., Leal S. M. S., Araújo E. M., Barbosa B. J., Santos H. O., Santana J. L. S., Silva A. E. A., Brandão F. A., Barros N. C. B., Muratori M. C. S. Doença de haff: revisão. PUBVET. v.16, n.0, p.1-6, 2022.
26. Martelli A., Delbim L., Hunger M. S., Magalhães R. A., Zavarize S. F. Fisiopatologia da Síndrome de Haff e progressão para rabdomiólise. Revista Faculdades do Saber, v. 6, n. 13, p. 1002-1009, 2021.
27. Salcido N. M. F., Corona J. E. B. Inocuidad y bioconservación de alimentos. Acta universitária, v. 20, n. 1, p. 43-52, 2010.
28. Santos C. A. M. L. A qualidade do pescado e a segurança dos alimentos. In: Simpósio de controle do pescado 2. São Paulo: Instituto da Pesca 2006.
29. Rodas M. A. B., Tavares M., Marsiglia D. A. P. Avaliação das características sensoriais de alimentos sob o ângulo da legislação brasileira. Bol Inst Adolfo Lutz, v. 14, n. 1/2, p. 5-7, 2004.
30. Teixeira L. V. Análise sensorial para controle de qualidade do pescado: método de índice de qualidade (miq). Cadernos técnicos de veterinária e zootecnia, n.77, p.130-142, 2015

**FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE SALSICHA:
Relato de Caso**

Vanessa Cortina Zanetti^{ID*}; Elis Samara Meyring^{ID}; Caroline Lorenzetti^{ID}; Mirian Cristina Feiten^{ID}

*Autor correspondente (Corresponding author): vanessa.zanetti@posgrad.ufsc.br

RESUMO: A Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) é um sistema de identificação dos perigos presentes no processo e de definição de medidas preventivas para o controle, com a finalidade de garantir a segurança do alimento. Esse sistema tem como pré-requisitos a implantação das Boas Práticas de Fabricação (BPF), Procedimentos Operacionais Padrão (POP) e Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO). As BPF promovem condições ambientais e operacionais básicas para a produção de alimento seguro, e os POPs e PPHOs são documentos elaborados para que todos possam realizar os procedimentos da maneira adequada e padronizada. Quando implementados, normas são definidas para serem cumpridas e compreendidas por todos que fazem parte da empresa, havendo a necessidade de programas de capacitação e monitoramento. Com isso, este relato de caso tem a finalidade de apresentar a utilização de ferramentas da qualidade numa indústria produtora de salsicha, apresentando o fluxograma de processamento, com destaque para os pontos de controle (PC) e pontos críticos de controle (PCC), além da elaboração de POPs e PPHOs. Pode-se concluir que a APPCC possui papel fundamental na verificação do processo, observando a presença de perigos ao alimento e à saúde do consumidor. Ainda, a aplicação das BPF, POPs e PPHOs auxiliam na implementação da APPCC, tendo a finalidade de auxiliar os manipuladores e gestores a realizarem as etapas de maneira padronizada e rastreável.

Palavras-chave: APPCC; garantia da qualidade; fluxograma de processo; ponto crítico de controle; salsicha

INTRODUÇÃO

O sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) é originário da Grã-Bretanha, na década de 50, utilizado inicialmente na indústria química e de energia nuclear, sendo adaptado à indústria de alimentos na década de 60 e 70, a pedidos da NASA, para garantir a segurança dos alimentos enviados para alimentação dos astronautas. Em 1993, o *Codex Alimentarius* recomendou a adoção do sistema APPCC como forma de garantir a segurança dos produtos (1).

A APPCC é um sistema de identificação dos perigos presentes no processo e definição de medidas preventivas para o controle, com a finalidade de garantir a segurança do alimento, além de aspectos de garantia da qualidade e integridade econômica, sendo essa a melhor ferramenta de garantia de qualidade nas indústrias alimentícias, relacionada à produção de alimentos seguros e à saúde do consumidor (2).

O sistema APPCC deve ser implantado nas indústrias alimentícias seguindo os seus sete princípios, que são: identificação e avaliação dos perigos e definição das medidas preventivas, identificação dos pontos críticos de controle, estabelecimento dos limites críticos, definição das etapas de monitoria, definição das ações corretivas, estabelecimento dos procedimentos de verificação e de registros (1).

Esse sistema tem como pré-requisitos a implantação das Boas Práticas de Fabricação (BPF), dos Procedimentos Operacionais Padrão (POP) e Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO). A implementação desses procedimentos atua sobre potenciais perigos à segurança do alimento, garantindo um produto seguro e com qualidade (1).

As BPF são um programa de pré-requisitos que promove condições ambientais e operacionais básicas para a produção de alimento seguro. Essa ferramenta é um requisito obrigatório nas legislações vigentes. Quando as BPF são adotadas, normas são implementadas que devem ser cumpridas e compreendidas por todos que fazem parte da empresa, havendo a necessidade de programas de monitoramento. Já os POPs e PPHOs são documentos elaborados para que todos possam realizar os procedimentos da maneira adequada e padronizada (3).

Os POPs e PPHOs precisam conter todas as informações referentes aos procedimentos necessários às atividades de produção, higienização e uso de equipamentos, estando essas informações inclusas no Manual de Boas Práticas de Fabricação, contemplando informações provenientes das BPF e as planilhas de monitoramento.

A partir do acima exposto, este relato de caso tem a finalidade de apresentar a utilização de ferramentas de qualidade na indústria produtora de salsicha, apresentando o fluxograma de processamento, com destaque para os pontos de controle (PC) e pontos críticos de controle (PCC), além da elaboração de POPs e PPHOs. Tais documentos podem ser utilizados como material de apoio e consulta para que outras indústrias de processamento de embutidos cárneos criem seus próprios documentos.

RELATO DE CASO

Fluxograma de processo

A Instrução Normativa (IN) nº 04, de 31 de março de 2000, no Anexo IV, que trata do regulamento técnico de identidade e qualidade de salsicha, afirma que “entende-se por salsicha o produto cárneo industrializado, obtido da emulsão de carne de uma ou mais espécies de animais de açougue, adicionados de ingredientes, embutido em envoltório natural, ou artificial ou por processo de extrusão, e submetido a um processo térmico adequado.” (4, p.8)

Ainda segundo a legislação, ela apresenta classificação de acordo com a composição de matéria-prima e técnica de fabricação, podendo ser classificada como:

- Salsicha tipo Viena: Carnes bovina e/ou suína e carnes mecanicamente separadas (CMS) até o limite máximo de 40%, miúdos comestíveis de bovino e/ou suíno (estômago, coração, língua, rins, miolos, fígado), tendões, pele e gorduras.
- Salsicha tipo Frankfurt: Carnes bovina e/ou suína e carnes mecanicamente separadas até o limite de 40%, miúdos comestíveis de bovino e/ou suíno (estômago, coração, língua, rins, miolos, fígado), tendões, pele e gorduras.
- Salsicha Frankfurt: Porções musculares de carne bovina e/ou suína e gordura.
- Salsicha Viena: Porções musculares de carne bovina e/ou suína e gordura.
- Salsicha de Carne de Aves: Carne de ave e carne mecanicamente separada de ave, no máximo de 40%, miúdos comestíveis de ave e gorduras.

São ingredientes obrigatórios carne das diferentes espécies de animais de açougue, conforme designação do produto, observando a definição estabelecida no *Codex Alimentarius*, e sal.

Os ingredientes opcionais podem ser miúdos e vísceras comestíveis (limitados a um percentual de 10%), utilizados de forma isolada ou combinada, gordura animal ou vegetal, água, proteína vegetal e/ou animal, agente de liga, aditivos intencionais, açúcares, aromas, especiarias e condimentos. A adição de proteínas não cárneas se limita ao máximo de 4%, como proteína agregada.

As características físico-químicas descritas em Brasil (4) são:

- Amido: máximo de 2,0%;
- Carboidratos totais: máximo de 7,0%;
- Umidade: máximo de 65%;
- Gordura: máximo de 30%;
- Proteína: mínimo de 12%.

Os requisitos microbiológicos a serem seguidos são descritos na Instrução Normativa nº 161, de 01 de julho de 2022 (5), estando apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros microbiológicos para salsicha.

Categoria Específica do Produto	Microrganismo/Toxina/Metabólito	n	c	m	M
Produtos cárneos cozidos, curados ou não, defumados ou não, dessecados ou não, embutidos ou não, refrigerados ou não (mortadela, salsicha, presunto, fiambre, morcelas, patês, galantines)	<i>Salmonella</i> /25g	10	0	Aus	-
	<i>Clostridium perfringens</i> /g	5	1	10 ²	10 ³
	Estafilococos coagulase positiva/g	5	1	10 ²	10 ³
	<i>Escherichia coli</i> /g	5	2	>10	10 ²

Fonte: (5)

O frigorífico produtor de salsicha, neste relato denominado *Sausisse*, se localiza na região oeste do estado de Santa Catarina. A Figura 1 apresenta a árvore decisória, uma ferramenta utilizada para analisar se a etapa do fluxograma de processamento apresenta pontos de controle ou pontos críticos de controle.

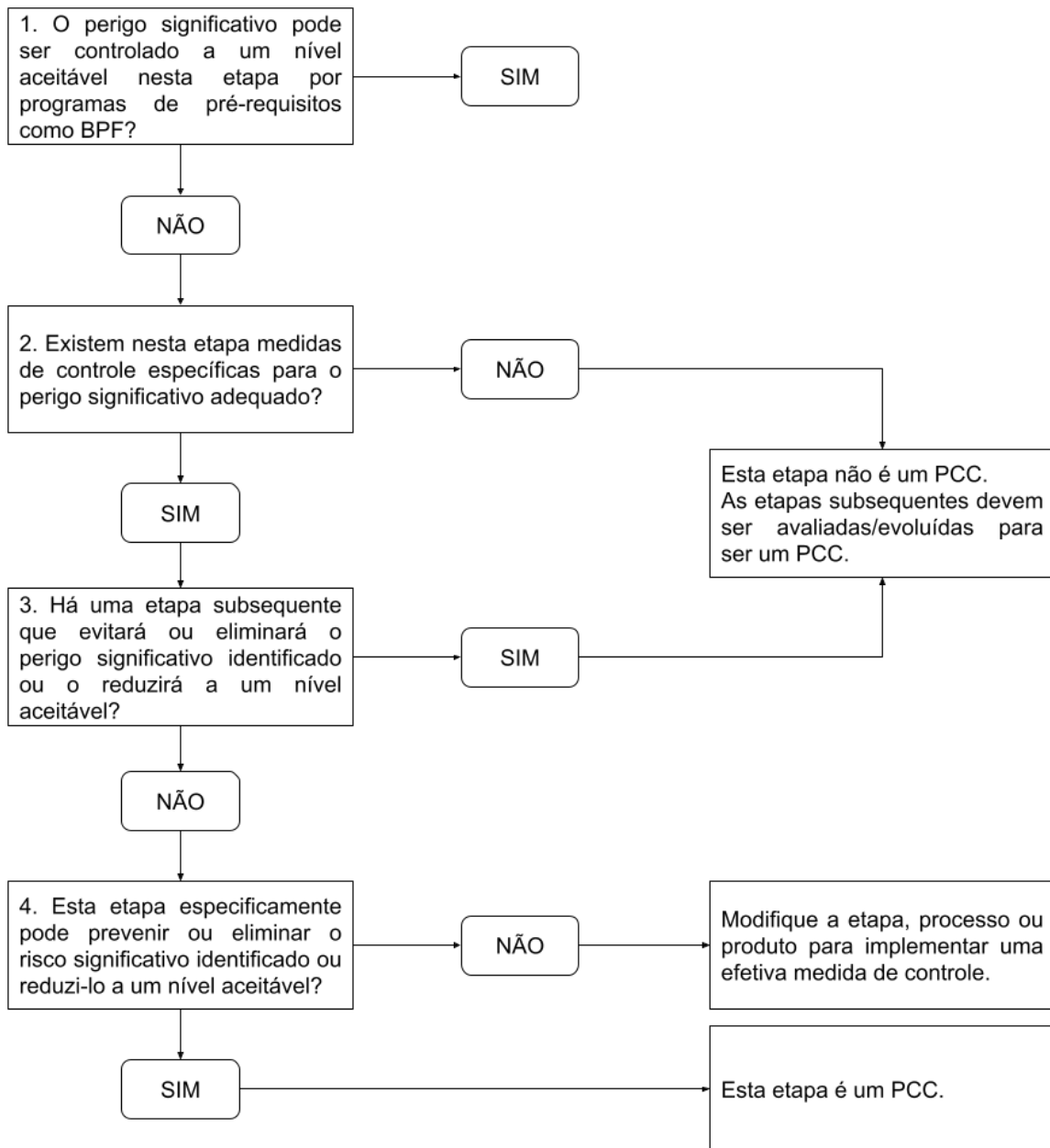


Figura 1 - Árvore Decisória.
 Fonte: Adaptado de (6).

A partir da análise do processo de elaboração de salsicha pela árvore decisória, estão descritos, na Figura 2, os pontos de controle e os pontos críticos de controle do processo.

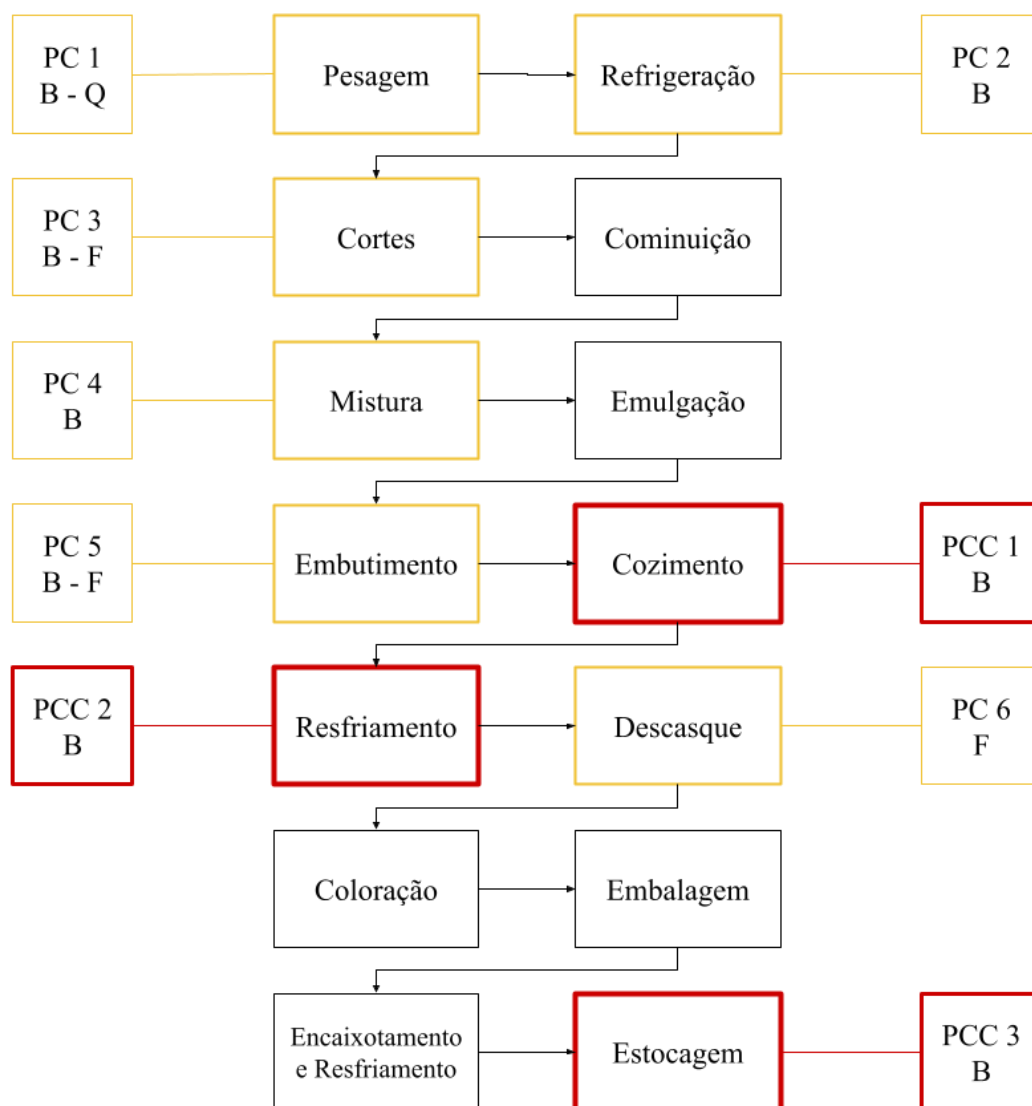


Figura 2 - Fluxograma do processo de salsicha, com identificação dos PCs e PCCs.

Legenda: B – Biológico; F – Físico; Q – Químico. Fonte: Autoras, 2023.

As etapas do processamento de salsicha são descritas de acordo com Guerreiro (7):

Pesagem: a pesagem dos ingredientes é realizada segundo a formulação do tipo de salsicha desenvolvida, respeitando os limites de utilização de CMS, retalhos e carne. As dosagens de aditivos utilizados devem estar claramente especificadas na formulação e suas quantidades, dentro do permitido pela legislação. A pesagem deve ser realizada por pessoas treinadas e os equipamentos de pesagem, calibrados periodicamente.

Refrigeração: até a etapa de corte, as carnes devem ser mantidas congeladas, para facilitar o controle de temperatura no *cutter*, durante o processo de cominuição (-5 °C a 2 °C).

Corte: nesta etapa é realizado corte dos blocos de carne com uso de quebrador de blocos ou serra-fita, a fim de obter pedaços de carne em tamanho adequado para a moagem.

Cominuição: na etapa de cominuição ocorre a ruptura parcial dos tecidos. Com a moagem da carne, as partículas de carne e gordura aderem-se entre si, graças ao poder de

liga da mistura, decorrentes da extração de proteínas, exsudação da água e liberação dos lipídeos. Para realização dessa etapa do processo podem ser utilizados moedores, *cutters*, cubetadeiras, flocladoras e moinho coloidal.

Mistura: no misturador são adicionados a massa cárnea e os aditivos; também será feito o ajuste da temperatura, utilizando gelo. O produto formado nesta etapa é denominado pasta fina, sendo muito importante para a qualidade do produto embutido obtido. Nessa etapa têm-se a extração parcial das proteínas da carne, sem emulsificação da gordura.

Emulgação: moinho coloidal que irá dividir finamente a massa cárnea ao mesmo tempo em que recobre e estabiliza a gordura com proteína solúvel extraída da matéria-prima cárnea. Na etapa de emulgação é onde ocorre a formação da emulsão do produto, do tipo gordura em água. Como essas emulsões são geralmente instáveis, é necessária a adição de um agente estabilizante ou emulsificante, que auxilia na redução da tensão interfacial, aumentando a estabilidade do sistema.

Embutimento: no processo de embutimento, são utilizadas tripas naturais de carneiro ou artificiais, de calibre de 22 milímetros. As tripas são torcidas em gomos e os mesmos são colocados em varas que serão transportadas para estufas de cozimento.

Cozimento: o objetivo desta etapa do processo é cozinhar a massa, dando características de paladar adequado (cor, sabor e consistência), além de estabilizar a mistura e melhorar a conservação. Durante o cozimento, as primeiras alterações físicas se evidenciam, tais como a coagulação das proteínas e a alteração da coloração. São seguidas as seguintes condições para o processo:

- 20 minutos a 55 °C, calor seco e chaminé aberta, para ocorrer a formação de cor e facilitar a depilagem;
- 30 minutos a 70 °C, calor seco e chaminé fechada;
- 30 minutos a 80 °C, calor úmido e chaminé fechada, até atingir 70 °C no centro do produto.

Resfriamento: ocorre, primeiramente, através de chuveiros ou jatos de água à temperatura ambiente, seguido de água gelada por 5 minutos.

Descasque: as salsichas são colocadas em tanques com gelo ou água na temperatura de 2 °C para facilitar a retirada da tripa. É, então, realizado um corte longitudinal para sua retirada por inteiro.

Coloração: as salsichas são colocadas em contato com o corante de urucum por aproximadamente 2 minutos, em temperatura de 70-75 °C, e logo após, passam por uma solução ácida (ácido fosfórico, 1%) para fixação do corante no produto, por aproximadamente 1 minuto. São deixadas secar antes da embalagem.

Embalagem: são utilizadas embalagens a vácuo (cloreto de polivinilideno/nylon/polietileno). Também podem ser embaladas em atmosfera modificada.

Encaixotamento e Resfriamento: as embalagens são colocadas em caixas de papelão e armazenadas em câmara fria. A sala de embalagem deve ser climatizada (temperatura máxima de 10 °C).

Estocagem: as salsichas embaladas são estocadas, no máximo à 5 °C, por 5 dias.

DISCUSSÃO

Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle na Produção de Salsicha

O sistema APPCC é designado para controlos durante a produção, identificando as etapas em que os perigos podem ser evitados ou controlados, aplicando as medidas que venham garantir um efetivo controle de qualidade na produção desses alimentos (8). Os pontos críticos de controle (PCCs) são pontos caracterizados como aqueles realmente críticos à segurança do alimento, sendo definidos como etapas em que podem ser aplicadas medidas de controle com o objetivo de manter um perigo potencial, difícil de ser evitado, sob controle (9). A seguir, são identificados e descritos os PCs e PCCs do fluxograma de processo de fabricação de salsicha na *Sausisse*.

Ponto de Controle 01: Na pesagem, da matéria-prima e de insumos, há risco biológico envolvido, pois ambas as matérias-primas podem estar, ou ser contaminadas pela manipulação incorreta. Para verificar possíveis contaminações, a IN nº 161, de 01 de julho de 2022 (5) solicita a realização das análises microbiológicas de *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Estafilococcus* coagulase positiva e *Clostridium perfringens*. Confirmando contaminações acima do limite legal, a matéria-prima ou os insumos devem ser rejeitados.

Há também um risco químico atrelado, uma vez que, se os aditivos adicionados forem pesados equivocadamente, podem tornar-se tóxicos para o consumidor. A pesagem de aditivos deve seguir as legislações vigentes, respeitando o limite máximo de adição de cada aditivo, pois se adicionados em quantidades superiores às máximas permitidas, podem ser nocivos à saúde do consumidor. Caso isso aconteça, deve-se adicionar mais matéria-prima cárnea para equilibrar o excesso anterior e, se não for possível, porcionar a mistura e reprocessar.

Ponto de Controle 02: Segundo a RDC nº 656, de 24 de março de 2022 (10), os alimentos proteicos de origem animal, devem ser refrigerados a temperaturas inferiores a 5 °C. Para tal verificação, deve-se ter disponíveis termômetros para verificação constante da temperatura, com anotações em planilhas de controle da temperatura medida com o respectivo horário da aferição.

Ponto de Controle 03: Na etapa dos cortes (trituração), está atrelado um risco biológico, pois o equipamento opera em processo contínuo, o que pode ocasionar falhas na limpeza devido ao pouco tempo disponível para processos de higienização. Para tanto, deve-se disponibilizar um POP de higienização do equipamento, além de tempo hábil para o processo. Ainda, registrar em planilhas de verificação e monitoramento todas as higienizações realizadas e o colaborador responsável por tal.

Há ainda um risco físico, pois pedaços de ossos e demais partículas sólidas provenientes do processo, podem não ser trituradas e integrar-se ao produto final, causando possíveis desconfortos aos consumidores. São permitidas partículas menores de 7 mm (11).

Ponto de Controle 04: No misturador adiciona-se água para permitir o ajuste da temperatura. A água deve ser potável e obedecer aos requisitos legais. Segundo a Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021 (12), deve-se realizar análises microbiológicas para verificar contaminação por *Escherichia coli* e Coliformes totais.

Ponto de Controle 05: No embutimento, deve-se estar atento aos riscos biológicos, uma vez que as tripas podem vir contaminadas ou contaminar-se na indústria, bem como ao risco físico de explosão das tripas. Como controle de qualidade interno, permite-se que em 50 tripas, 3 estourem.

Ponto de Controle 06: Na etapa de descasque, destaca-se a possível presença de partes indesejáveis de tripa não removida a qual interfere na qualidade do produto, o que não é aceito ao consumidor. Para monitorar, deve-se avaliar a qualidade do processo (11).

Ponto Crítico de Controle 01: Na etapa de cozimento, deve-se estar atento à temperatura mínima em todo o produto, inclusive no centro da salsicha. Segundo a RDC nº 656, de 24 de março de 2022 (10), a temperatura mínima de cozimento em produtos cárneos produzidos por meio de cocção deve ser de 70 °C. Se a temperatura não for alcançada, não tem-se a garantia de que os microrganismos patogênicos e deteriorantes presentes foram eliminados, podendo alterar o produto e causar danos à saúde do consumidor. Na próxima seção, é possível verificar o POP 01 - Cozimento (Quadro 2), bem como a Planilha de Monitoramento e Verificação do PCC 01 (temperatura interna da salsicha, Quadro 3).


Ponto Crítico de Controle 02: A segunda etapa de resfriamento, agora do produto final, deve garantir que a carga microbiana eliminada durante o cozimento não volte a aumentar por possível germinação de esporos termorresistentes. Para tanto, deve-se garantir que a salsicha fique em uma temperatura abaixo de 5 °C, conforme RDC nº 656, de 24 de março de 2022 (10). Esta etapa é realizada por meio de chuveiros e água, portanto, deve-se ter os mesmos cuidados e realizar as mesmas análises descritas no Ponto de Controle 4, para evitar contaminações microbiológicas provenientes da água. Além disso, no resfriamento devem ser realizadas coletas de amostras para análise microbiológica, para verificação da efetividade das etapas de cozimento e resfriamento das salsichas. Devem ser realizadas análises microbiológicas conforme a IN 161, de 01 de julho de 2022 (5), de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Clostridium perfringens* e *Staphylococcus* coagulase positiva.

Ponto Crítico de Controle 03: No final do processo, nas etapas de encaixotamento, refrigeração e estocagem, novamente é necessário o controle da temperatura para evitar possíveis alterações microbiológicas no produto. Segundo a RDC nº 656, de 24 de março de 2022 (10), na etapa de encaixotamento o ambiente deve estar em temperaturas próximas a 12 °C e nas etapas de refrigeração e estocagem em torno de 5 °C. Para verificar tais limites legais, deve-se ter disponíveis termômetros e planilhas de anotação, para permitir o controle e anotações das temperaturas.

Procedimentos Operacionais Padrão na Produção de Salsicha


Segundo Machado (3), os POPs estabelecem instruções a fim de realizar operações específicas do processamento de alimentos. Estes procedimentos devem ser escritos de forma objetiva, a fim de facilitar a sua reprodução pelos colaboradores. Cada procedimento descrito deve apresentar a sua respectiva planilha de monitoramento, para fins de rastreabilidade do processo e eventuais modificações a serem realizadas. Assim, abaixo estão descritos o PPHO e alguns dos POPs relacionados com os pontos críticos de controle da produção de salsicha.

Quadro 2 - Procedimento Operacional Padrão POP 01 – Cozimento.


	SAUCISSE POP 01 - COZIMENTO	Data emissão:
		Revisão nº:
		Data:
		Folha 1/1 Versão: 00
Setor	Embutidos	

Descrição	<p>Após a saída do embutimento, as varas com salsichas são colocadas na estufa de cozimento. Dentro desta são seguidas as seguintes condições:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cozinhar a massa em calor seco a 55 °C com chaminé aberta (20 min), • Calor seco e chaminé fechado a 70 °C (30 min); • Calor úmido e chaminé fechada a 80 °C (30 min) até atingir 71°C no interior do produto. <p>Se ocorrer problemas relacionados a temperatura de cozimento, respeitar os tempos determinados e manter no calor úmido até temperatura central de 70 °C.</p>
Limite Crítico	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura interna final maior que 70 °C. • Salmonella: ausente; • <i>Clostridium perfringens</i>/g: máx. 10³; • Estafilococos coagulase positiva/g: máx. 10³; • <i>Escherichia coli</i>/g: máx. 10².
Perigo	<p>Biológico: Sobrevivência e/ou multiplicação de microrganismos patogênicos (Salmonella, Clostridium Sulfito Redutor)</p>
Medida de Controle	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo e temperatura adequados; • Equipamento calibrado; • Planilha de verificação; • Controle de processo.
Ação Corretiva	Reprocessar, rever lote para avaliação.
Responsável	Monitor do PCC 01


Quadro 3 – Planilha de verificação – Cozimento.

		PCC 1 – Planilha de verificação COZIMENTO		
Mês/Ano:				
Controle: lote		Especificação: (C, NC) – temperatura interna final superior a 70°C.		
Dia	Hora	Temperatura Interna	Conformidade	Verificação

Quadro 4 - Procedimento Operacional Padrão POP 02 – Resfriamento.


	SAUCISSE POP 02 - RESFRIAMENTO	Data emissão:
		Revisão n°:
		Data:
		Folha 1/1 Versão: 00
Setor	Embutidos	
Descrição	Após as salsichas saírem da estufa de cozimento, as mesmas recebem uma chuva de água fria; esta, realizada dentro do equipamento de resfriamento, com temperatura inferior a 5 °C. As salsichas só poderão sair do resfriamento após seu centro atingir 5 °C. As salsichas sempre deverão passar pelo equipamento em nórea.	
Limite Crítico	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura interna do produto menor ou igual a 5 °C. • Salmonella: ausente; • <i>Clostridium perfringens</i>/g: máx. 10³; • Estafilococos coagulase positiva/g: máx. 10³; • <i>Escherichia coli</i>/g: máx. 10². 	
Perigo	Biológico: Multiplicação de microrganismos patogênicos (S. coagulase positiva, Coliformes Termotolerantes).	
Medida de Controle	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo e temperatura adequados; • Equipamento calibrado; • Planilha de verificação; • Controle de processo; • Controle da potabilidade da água. 	
Ação Corretiva	Reter o produto para avaliação da gravidade do desvio; Ajustar o equipamento de refrigeração da água.	
Responsável	Monitor do PCC 02.	

Quadro 5 - Procedimento Operacional Padrão POP 03 – Estocagem.

	SAUCISSE POP 03 - ESTOCAGEM	Data emissão:
		Revisão n°:
		Data:
		Folha 1/1 Versão: 00
Setor	Embutidos	
Descrição	Após a etapa de encaixotamento, as caixas são acondicionadas em câmaras frigoríficas, com temperatura máxima de 5°C. Devem ser estocadas na sequência da menor validade para a maior validade.	
Limite Crítico	Estocagem menor ou igual a 5°C.	
Perigo	Biológico: Multiplicação de microrganismos patogênicos.	
Medida de Controle	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de estocagem adequado; • Condições de armazenamento adequadas (condições higiênicas, PEPS); • Câmaras com alarme de luz e/ou som em caso de desvio. 	

Ação Corretiva	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste do equipamento. • Reter o produto para avaliação da gravidade do desvio. • Ajustar condições de armazenamento.
Responsável	Monitor do PCC 03.

Quadro 6 - Procedimento Padrão de Higiene Operacional – Higienização de utensílios.

	SAUCISSE	Data emissão: / /
	PLANO PPHO – OPERACIONAL HIGIENIZAÇÃO DE UTENSÍLIOS	Revisão n°: Data: / /
		Folha 1/1
Objetivo	Este documento visa estabelecer requisitos quanto à higienização de superfícies, ambientes e utensílios utilizados na indústria alimentícia, a fim de reduzir a níveis aceitáveis ou eliminar microrganismos e contaminantes	
Responsável	Monitor de Produção	
Aplicação	Este documento aplica-se à todos os utensílios utilizados na produção de salsicha.	
Definições	<ul style="list-style-type: none"> • Higienização: operação que se divide em duas etapas, limpeza e desinfecção. • Limpeza: operação de remoção de substâncias minerais e/ou orgânicas indesejáveis, tais como terra, poeira, gordura e outras sujidades. • Desinfecção: operação de redução, por método físico e ou agente químico, do número de microrganismos em nível que não comprometa a qualidade higiênico-sanitária do alimento. • Sanitizante: É um agente/produto que reduz o número de bactérias a níveis seguros de acordo com as normas de saúde. • Desinfetante: É um produto que mata todos os microrganismos patogênicos mas não necessariamente todas as formas microbianas esporuladas em objetos e superfícies inanimadas. 	
ETAPA – Higienização de utensílios		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pré-lavagem: é feita a redução de resíduos aderidos, em utensílios. A temperatura da água utilizada deve estar entre 38 °C e 46 °C. Deve ser feita de forma manual, utilizando escovas próprias, porém nesta fase ainda não devem ser utilizados produtos químicos. 2. Lavagem: é feita utilizando detergentes neutros alcalinos, conforme especificado no rótulo destes produtos químicos. Deve ser realizada com água potável e tratada, na temperatura entre 38 °C e 46 °C, utilizando escovas e panos. Devem ser removidos 		

todos e quaisquer resíduos de alimentos, especialmente nas partes pequenas dos equipamentos.

3. Enxágue: durante o enxágue, todos os resíduos e o detergente devem ser totalmente removidos. A água utilizada deve ser potável e tratada, e é escoada através do sistema de ralos do tipo sifão. A temperatura adequada é em torno de 26 °C.
4. Secagem: a secagem deve ser natural, sem utilização de panos, apenas é recomendado o uso de rodos para ajudar a escoar o excesso de água.
5. Sanitização: esta etapa é utilizada para remover os microrganismos invisíveis a olho nu. Para tanto deve-se utilizar solução clorada entre 100 e 200 ppm (parte por milhão) e, para atingir a concentração desejada, deve-se diluir 1 a 2 mL de hipoclorito 10% para 1 L de água, ou 5 a 10 mL (1 a duas colheres de sopa rasas) de água sanitária comercial (de 2% a 2,5% de cloro livre) para 1 L de água. São necessários, no mínimo, 15 minutos de contato com as superfícies.
6. Ao final, lavar com água para retirar os resíduos químicos provenientes da sanitização e deixar secar naturalmente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Garantir a qualidade do produto exige muito da organização e requer um sistema estruturado e claro da gestão da qualidade. A APPCC possui papel fundamental na verificação do processo, observando a presença de perigos ao alimento e à saúde do consumidor. O apontamento das ações corretivas adequadas é fundamental para evitar o desperdício de insumos e perdas financeiras. Assim, a aplicação das BPFs, dos POPs e PPHO auxiliam na implementação da APPCC, tendo a finalidade de auxiliar os manipuladores e gestores a realizarem as etapas de maneira padronizada e rastreável.

Portanto, a elaboração de manuais de controle de qualidade são ferramentas que surgiram e permitem às empresas um maior controle do processo, entregando ao cliente produtos de maior segurança alimentar, além de minimizar prejuízos e problemas durante o processamento.

REFERÊNCIAS

1. Lopes RLT. Os sete princípios do APPCC. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais CETEC; 2007. (Dossiê Técnico).
2. Freitas GSR. Avaliação do sistema de análises de perigos e pontos críticos de controle em um matadouro-frigorífico de aves [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011.
3. Machado RLP. Boas práticas de fabricação (BPF). Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos; 2015.
4. Brasil. Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000. Aprovação do regulamento técnico de identidade e qualidade de carne mecanicamente separada, de mortadela, de linguiça e de salsicha, em conformidade com os anexos desta Instrução Normativa. Diário Oficial da União. 05 abr 2000; Seção 1.

5. Brasil. Instrução Normativa nº 161, de 01 de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial da União. 06 jul 2022; Seção 1:235 – 238.
6. Codex Alimentarius. Report of the 52nd session of the codex commission on food hygiene. Virtual Mode. February 28 - March 4 and March 9, 2022.
7. Guerreiro L. Produção de salsicha. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro – REDETEC, 2021. (Dossiê Técnico).
8. Pinto PMM. Avaliação e controle de fornecedores no âmbito de um plano HACCP implementado num catering de aviação [dissertação]. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa; 2009.
9. ICMSF - International Commission on Microbiological Specifications for Foods. APPCC na qualidade e segurança microbiológica de alimentos. São Paulo, 1997.
10. Brasil. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 656, de 24 de março de 2022. Dispõe sobre a prestação de serviços de alimentação em eventos de massa. Diário Oficial da União. 30 mar 2022; Seção 1:326 – 329.
11. Brasil. Resolução – RDC nº 623, de 9 de março de 2022. Dispõe sobre os limites de tolerância para matérias estranhas em alimentos, os princípios gerais para seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. Diário Oficial da União. 16 mar 2022; Seção 1:119.
12. Brasil. Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União. 07 mai 2021; Seção 1:127.

Capítulo 31**Doi.org/10.53934/9786585062060-31****MODELAGEM MATEMÁTICA DO CRESCIMENTO DE
PSEUDOMONAS SPP. EM CARNE SUÍNA**

Amanda Martins Santos ; **Bianca Ferreira Augustinho** ; **Débora Rodrigues Vieira Toledo** ; **Thays Priscila de Sousa Alves** ; **Ellen Godinho Pinto** ; **Maria do Socorro de Caldas Pinto** ; **Wiaslan Figueiredo Martins** 

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email:*
wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi modelar o crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne suína refrigerada às temperaturas de 4,5 °C, 7,1 °C, 9,1 °C e 10,4 °C utilizando o software *ComBase*. Os dados do crescimento de “*Pseudomonas* spp.” em carne suína foram adquiridos do trabalho de Zomer (1992) disponíveis na base de dados *ComBase* e o modelo de Baranyi e Roberts foi ajustado as curvas de crescimento estabelecendo modelagem primária e secundária. Pode-se afirmar que o modelo apresentou ótimo desempenho para descrever o crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne suína nas quatro temperaturas avaliadas, com valores de R^2 entre 0,971 e 0,993 e Erros Padrão dos ajustes próximos de zero. As previsões do crescimento em condições de oscilação de temperatura destacam a importância na manutenção da cadeia do frio, pois uma mínima alteração nessas condições pode provocar um aumento expressivo no crescimento do micro-organismo em estudo. Com isso, constata-se que o uso de softwares em microbiologia preditiva demonstra uma ferramenta importante para a indústria de alimentos, auxiliando principalmente no controle da vida útil e conservação da carne e dos produtos cárneos.

Palavras-chave: deterioração; microbiologia preditiva; vida útil

INTRODUÇÃO

A produção de carne suína no Brasil vem ganhando destaque em comparação as demais espécies. Segundo o IBGE (1), durante o 1º trimestre de 2022, foram abatidas 13,64 milhões de cabeças de suínos, representando aumento significativo comparado ao ano de 2021. Isso está associado a ascensão do consumo dessa carne, que no Brasil seu consumo per capita foi de 15,3 kg por habitante em 2020 (2). Da carcaça suína podem ser obtidos diversos cortes, como a paleta, sobrepaleta (copa-lombo), barriga, costela, carré, lombo, filezinho, pernil, joelhos, rabo, pés inteiros ou cortados, entre outros. Esses, ainda, podem sofrer o processo de industrialização, gerando novos produtos alimentícios de carne suína (3).

A deterioração da carne e dos produtos cárneos é fortemente determinada pelo crescimento de bactérias na superfície da carne. Em condições de aerobiose e em armazenamento refrigerado as carnes são deterioradas predominantemente por aeróbios e anaeróbios facultativos, como: *Pseudomonas* spp., *Brochothrix thermosphacta*,

Shewanella putrefaciens, *Carnobacterium* spp., *Lactobacillus* spp., membros da família Enterobacteriaceae, entre outras bactérias ácido-lácticas (4).

O desenvolvimento de micro-organismos deteriorantes é influenciado por fatores intrínseco e extrínsecos. A carne e os produtos cárneos possuem em sua composição fatores intrínsecos favoráveis ao desenvolvimento microbiano, como atividade de água (aw), pH e nutrientes. Além disso, a temperatura é um fator extrínseco que influencia diretamente na velocidade de crescimento dos micro-organismos. Além disso, não possui constituintes antimicrobianos. E para estudar os parâmetros de crescimento, destaca-se a ferramenta da microbiologia preditiva (5, 6).

A microbiologia preditiva é uma ferramenta que utiliza modelos matemáticos para prever os efeitos de vários fatores, como a temperatura, a quantidade de sal e de conservantes no comportamento microbiano nos alimentos. Foi desenvolvida por Bigelow, Esty e Meyer no início do século XX para descrever a cinética de morte bacteriana por calor. Sofreu diversos progressos com o decorrer dos anos, surgindo novos modelos e análises multivariadas e, atualmente, o conhecimento sobre estatística aplicada, engenharia e microbiologia estão integrados com a microbiologia preditiva. Assim, são encontrados softwares que utilizam modelos matemáticos que fornecem informações sobre os processos microbiológicos, que auxiliam na estimativa da vida útil e permitem a simulação da influência de diversos fatores (7).

Portanto, objetivou-se, neste trabalho, modelar o crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne suína refrigerada a 4,5 °C, 7,1 °C, 9,1 °C e 10,4 °C, utilizando o software *ComBase*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de crescimento em diferentes temperaturas foram obtidos no banco de dados *ComBase* (www.combase.cc), utilizando a categoria de alimento “Pork” e o micro-organismo “*Pseudomonas* spp.”. Foram selecionados dados do crescimento (\log_{10} UFC/g) de *Pseudomonas* spp. em carne suína em 4 diferentes temperaturas de armazenamento: 4,5 °C, 7,1 °C, 9,1 °C e 10,4 °C. Os dados foram reportados da pesquisa de Zomer (8), intitulada “*Exploratory investigation into the experimental design of shelf-life tests with fresh meat as a model system (in Dutch)*”, publicada no periódico “*TNO report*”. Os autores, nessa pesquisa, avaliaram o processo de desenvolvimento de *Pseudomonas* spp. em carne bovina (CB) ou suína (CS) embaladas em filme plástico de Poliestileno com alta permeabilidade ao oxigênio.

Para uma avaliação mais biológica sob a presença de micro-organismos e as consequências que eles desencadeiam no alimento armazenado, foi utilizado o modelo matemático primário de Baranyi e Roberts (9). Ele analisa a dinâmica do crescimento do micro-organismo em função do tempo, sendo um modelo matemático primário sigmoidal com função de ajuste e está representado pelas equações 1, 2 e 3. O modelo foi ajustado às curvas experimentais de *Pseudomonas* spp. em carne suína em diferentes temperaturas.

$$Y(t) = y_0 + \mu_{m\acute{a}x}F(t) - \ln \left\{ 1 + \frac{e^{\mu_{m\acute{a}x}F(t)} - 1}{e^{y_{m\acute{a}x} - y_0}} \right\} \quad (1)$$

$$A(t) = t + \left(\frac{1}{\mu_{m\acute{a}x}} \right) \ln [e^{(-\mu_{m\acute{a}x}t)} + e^{(-h_0)} - e^{(-\mu_{m\acute{a}x}t - h_0)}] \quad (2)$$

$$h_0 = \mu_{m\acute{a}x}\lambda \quad (3)$$

Nas equações, $y(t)$ é o logaritmo da concentração microbiana N (UFC/g) no tempo t (horas), ou seja, $y(t) = \log [N(t)]$. O parâmetro $\mu_{m\acute{a}x}$ é a velocidade máxima específica de crescimento (h^{-1}); λ é a duração da fase de latência (h); y é o logaritmo da concentração microbiana inicial, $y_0 = \log (N_0)$; $y_{m\acute{a}x}$ é o logaritmo da população máxima, $y_{m\acute{a}x} = \log (N_{m\acute{a}x})$; h_0 é o parâmetro relacionado ao estado fisiológico das células (adimensional); $A(t)$ é a função do modelo Baranyi e Roberts.

O modelo secundário linear (Equação 4) foram usados para descrever o efeito da temperatura na velocidade máxima específica de crescimento ($\mu_{m\acute{a}x}$), em que a e b são parâmetros empíricos, T é a temperatura de armazenamento ($^{\circ}C$).

$$\mu_{m\acute{a}x} = aT + b \quad (4)$$

Os ajustes do modelo primário aos dados experimentais de crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne suína nas temperaturas de armazenamento 4,5 $^{\circ}C$, 7,1 $^{\circ}C$, 9,1 $^{\circ}C$ e 10,4 $^{\circ}C$ foram realizados no *DMFit* online, na interface do *ComBase*. O ajuste foi realizado em apenas uma etapa, obtendo os parâmetros $\mu_{m\acute{a}x}$, λ , y_0 e $y_{m\acute{a}x}$.

Para avaliar o desempenho do modelo primário, foram usados o Coeficiente de Determinação (R^2) e o Erro Padrão (EP) do ajuste, obtidos no *DMFit*. Um valor de $R^2 = 1$ e EP = 0 indica que existe uma concordância perfeita entre todos os dados experimentais e os valores do ajuste dos modelos aos parâmetros $\mu_{m\acute{a}x}$ em função da temperatura de armazenamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de crescimento utilizados neste trabalho foram obtidos do artigo de Zomer (8). O comportamento de *Pseudomonas* spp. em carne suína foi analisado pelo autor, a fim de avaliar o crescimento desse micro-organismo nas temperaturas de 4,5 $^{\circ}C$, 7,1 $^{\circ}C$, 9,1 $^{\circ}C$ e 10,4 $^{\circ}C$ de armazenamento. O modelo de Baranyi e Roberts foi ajustado aos dados de crescimento utilizando o software *DMFit* do *Combase*.

As curvas de crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne suína e os ajustes do modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais nas temperaturas entre 4,5 °C, 7,1 °C, 9,1 °C e 10,4 °C de armazenamento estão representadas na figura 1.

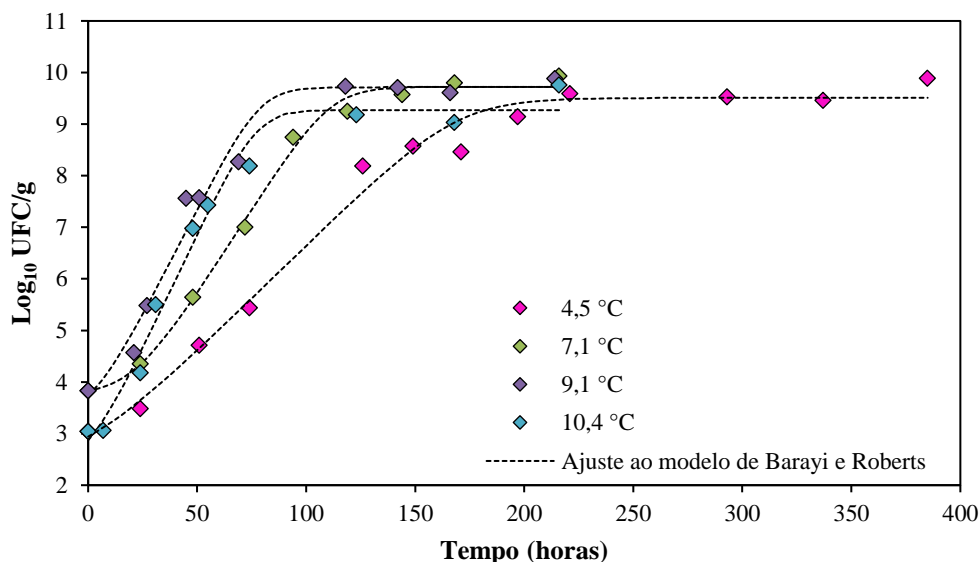


Figura 1 – Curvas de crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne suína e os ajustes do modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais nas temperaturas de 4,5 °C, 7,1 °C, 9,1 °C e 10,4 °C de armazenamento. No gráfico, os dados experimentais estão representados pelos símbolos em losango e a linha tracejada representa o ajuste do modelo de Baranyi e Roberts.

Tabela 1 – Parâmetros de crescimento estimados pelo ajuste do modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais de *Pseudomonas* spp. em carne suína artificialmente inoculada a 4,5 °C, 7,1 °C, 9,1 °C e 10,4 °C e os índices estatísticos de desempenho do modelo.

Temperatura (°C)	Parâmetros			Índices estatísticos	
	Zomer (1992)			R ²	Erro padrão
λ (h)	$\mu_{m\acute{a}x}$ (h ⁻¹)	$Y_{m\acute{a}x}$ (log ₁₀ UFC/g)			
4,5	10,282	0,0413	9,508	0,982	0,344
7,1	21,401	0,0657	9,723	0,993	0,206
9,1	6,316	0,0823	9,715	0,971	0,39
10,4	5,136	0,089	9,273	0,974	0,407
Combase (meio de cultivo)					
	λ (h)	$\mu_{m\acute{a}x}$ (h ⁻¹)	$Y_{m\acute{a}x}$ (log ₁₀ UFC/g)	R ²	Erro padrão
4,5	36,34	0,049	8,26	-	-
7,1	26,58	0,067	8,26	-	-
9,1	29,5	0,085	8,26	-	-
10,4	18,17	0,098	8,26	-	-

A temperatura é um fator interferente no desenvolvimento microbiano, todos os micro-organismos possuem uma faixa de temperatura, na qual se multiplicam, ou seja, um valor limite mínimo, ótimo e máximo. Esse fator afeta diretamente no desenvolvimento microbiano e na velocidade da sua multiplicação. Uma alta velocidade é adquirida com a faixa de temperatura próxima a ótima, e essa decresce à medida que se distancia desse valor (10). Ao observar a figura 1 e tabela 1 é possível verificar que a

velocidade específica máxima de crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne suína variou de 0,0413 h⁻¹ a 0,089 h⁻¹ para as temperaturas de 4,5 °C a 10,4 °C, respectivamente, demonstrando que a velocidade é diretamente proporcional ao aumento de temperatura. Esse crescimento é devido a carne suína apresentar uma microbiota propícia ao desenvolvimento desse micro-organismo e está ser armazenada em temperatura de refrigeração, que o caracteriza como psicrotrófico. Segundo Fagundes et al. (11), o armazenamento em baixa temperatura é utilizado para diminuir a multiplicação microbiana, entretanto, salienta-se que, quanto maior o tempo de estocagem sob essa condição, maiores serão as possibilidades de alterações no produto, pela ação de micro-organismos psicrotróficos, com o predomínio do gênero *Pseudomonas* spp.

Ao observar o formato sigmoidal das curvas de crescimento nas temperaturas 9,1 °C e 10,4 °C, verifica-se que esse micro-organismo apresentou pouca variação em suas velocidades de crescimento, sendo essas 0,082 h⁻¹ e 0,089 h⁻¹, respectivamente. Essa semelhança ocorre devido a estreita variação de temperatura entre as variáveis.

É possível verificar uma redução da fase lag (λ) com o aumento de temperatura, com exceção de 4,5 °C ($\lambda = 10,28$ h), em que o valor obtido foi inferior à de 7,1 °C ($\lambda = 21,4$ h). Esse fato pode estar relacionado ao estado fisiológico das células durante o preparo do inóculo, no qual os micro-organismos já se encontravam adaptados e com elevado desenvolvimento quando submetido ao armazenamento, o que evidencia um menor tempo de adaptação em baixa temperatura.

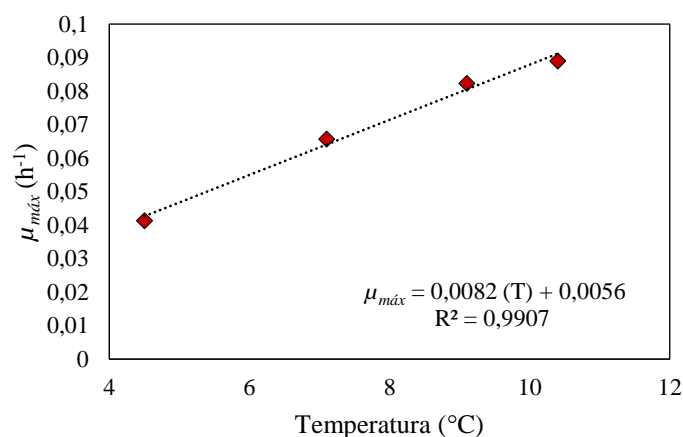


Figura 2 – Modelagem secundária que representa a influência da temperatura na velocidade específica máxima de crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne suína.

O modelo de Baranyi e Roberts ajustou bem aos dados de crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne suína, com valor de R² variando de 0,971 a 0,993 para as temperaturas de 9,1 °C a 7,1 °C, respectivamente, com destaque para a temperatura 7,1 °C, que apresentou R² de 0,993. Os valores de erro padrão variaram de 0,206 a 0,407, sendo esse menor na temperatura de 7,1 °C. Valores de R² próximos a 1 indicam melhor desempenho do modelo, e valores de erro padrão próximos a zero sugerem a melhor aproximação entre os valores preditos e observados (12).

CONCLUSÕES







É notório que o modelo primário de Baranyi e Roberts apresentou um bom desempenho ao descrever o crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne suína em diferentes temperaturas (4,5 °C, 7,1 °C, 9,1 °C e 10,4 °C) de armazenamento. Ademais, o modelo secundário linear se mostrou adequado para descrever a influência da temperatura na velocidade de crescimento desse micro-organismo. Com isso, constata-se que o uso de softwares em microbiologia preditiva se demonstra uma ferramenta importante para a indústria de alimentos, auxiliando principalmente no controle da vida útil e conservação da carne e dos produtos cárneos.

REFERÊNCIAS

1. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Indicadores: Estatística da Produção Pecuária. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
2. ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual 2020 [Internet]. 2020. [acesso em 2023 Fev 22]. Disponível em: Disponível em: <https://abpa-br.org/relatorios>.
3. Sousa JK. A carne suína: legislação, cortes e comércio (uma revisão) [trabalho de conclusão de curso]. Brasília: Universidade de Brasília; 2018.
4. Doulgeraki AL, Ercolini D, Villani F, et al. Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions. *International Journal of Food Microbiology* 2012;157:130-141.
5. Mathias SP, et al. Alterações oxidativas (cor e lipídios) em presunto de peru tratado por Alta Pressão Hidrostática (APH). *Ciência Tecnologia de Alimentos* 2010;30:852-857.
6. Alcantara M, et al. Principais microrganismos envolvidos na deterioração das características sensoriais de derivados cárneos. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal* 2012;7:1- 20.
7. Lira AL, et al. Uso da Microbiologia Preditiva na Segurança Alimentar de Produtos. *Brazilian Journal of Development* 2020;6:104223-104237.
8. Zomer. Exploratory investigation into the experimental design of shelf-life tests with fresh meat as a model system (in Dutch). TNO report 1992;92.603.
9. Baranyi J, Roberts TA. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. *International Journal of Food Microbiology* 1994;23:277-294.
10. Matos LR. Microbiologia Preditiva Aplicada à análise de amostras de carne de vaca e porco [dissertação]. Lisboa: Universidade de Nova Lisboa; 2014.

11. Fagundes CM, et al. Presença de *Pseudomonas* spp. em função de diferentes etapas da ordenha com distintos manejos higiênicos e no leite refrigerado. *Ciência Rural* 2006;36:568-572.
12. Perini FO. Avaliação da multiplicação de *Bacillus thuringiensis* no leite UHT por meio de modelagem matemática e microbiologia preditiva [trabalho de conclusão de curso]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2014.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE NASCENTES UTILIZADA POR COMUNIDADES RURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO BARTOLOMEU - MG NO PREPARO DE ALIMENTOS

Ana Luiza Valadares Ferreira ; Wilmer Edgard L. Peña ; Taíla Veloso de Oliveira ; Rodolfo Alves Barbosa ; Clara Suprani Marques* ; Herly Carlos Teixeira Dias 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: supraniclara@gmail.com

Resumo: A água é um bem indispensável à vida na Terra. Para além da quantidade de água disponível para consumo, é necessário avaliar a qualidade dessa água, uma vez que pode ser veículo de doenças diversas de origem hídrica. Considerando que existe uma deficiência no sistema de saneamento básico em nosso país, e que uma parcela da população precisa recorrer a sistemas alternativos para ter acesso à água, a presente pesquisa objetivou avaliar a qualidade da água de três nascentes que abastecem comunidades rurais, no município de Viçosa – MG. As amostras foram identificadas como A, B e C, e foram avaliadas quanto à dureza, alcalinidade, pH, acidez e cloretos. Além disso, a qualidade microbiológica das amostras também foi investigada quanto à quantificação de bactérias mesófilas aeróbias, coliformes totais e *Escherichia coli*. As três amostras apresentaram características físico-químicas muito semelhantes, sendo classificadas como água mole (dureza < 50 mg/L de CaCO₃), baixa alcalinidade e acidez, e baixo teor de cloretos (< 250 mg/L), atendendo aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 888/2021. Quanto à qualidade microbiológica, apenas a amostra A mostrou atender aos padrões de potabilidade, apresentando ausência de coliformes e *E. coli*. Nas demais amostras, foi verificada presença desses microrganismos. Concluiu-se que apenas a nascente referente à amostra A atendeu aos padrões de potabilidade. Para utilização da água das outras nascentes, foi orientado à comunidade que seria necessário um tratamento prévio para eliminação do risco microbiológico, como desinfecção ou tratamento térmico.

Palavras-chave: análise de água; nascentes; potabilidade de água; qualidade de água.

INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida. Apesar de ser um bem abundante no planeta Terra, ela não é utilizável em sua totalidade, visto que está dividida em diferentes formas, como calotas polares, mares, rios, aquíferos, dentre outros. Além disso, apenas uma pequena fração dessa totalidade encontra-se disponível como água doce para consumo humano. As nascentes, por exemplo, são aberturas naturais por onde aflora a água armazenada nos reservatórios subterrâneos para a superfície, originando cursos d'água e represas (1,2). É muito comum em comunidades rurais, sendo, em alguns casos, a principal fonte de água para a população que ali vive. Dessa forma, a água de nascentes pode ser usada para tarefas rotineiras, como o preparo de alimentos; todavia, por situarem-se em ambiente rural, podem estar expostas à contaminação devido à presença de criadouros de animais, como bovinos e suínos. Além dos animais, o destino final do esgoto e o descarte inadequado de resíduos e produtos químicos também são possíveis fontes de contaminação de nascentes, podendo comprometer a qualidade da água ali represada e, consequentemente, a saúde da população que a utiliza (3-5).

A ingestão de água de má qualidade pode acarretar uma série de doenças, que podem variar de leve à grave, dependendo do grau de contaminação, da saúde do indivíduo acometido e dos contaminantes envolvidos (metais tóxicos, produtos químicos, patógenos, etc.). Por esse motivo, quando falamos em água para consumo humano, independentemente desse consumo ser direto ou indireto, é vital que sejam estabelecidos padrões de potabilidade a fim de garantir a seguridade de sua qualidade (6). No Brasil, a Portaria de Consolidação nº 888, publicada pelo Ministério da Saúde em 04 de maio de 2021, estabelece esses padrões (7).

Contudo, é válido ressaltar que, ainda que estabelecidos padrões de qualidade da água para o consumo humano, uma parcela representativa da população mundial ainda não tem garantia da sua obtenção e permanecem expostas a uma série de perigos no que diz respeito à ingestão de água contaminada (8). O Brasil, juntamente com outros 192 países, assumiu o compromisso global que é a Agenda 2030, que visa promover, até o ano de 2030, a proteção ambiental, o progresso social e o crescimento econômico por meio de dezessete objetivos, chamados de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentre esses objetivos, ressaltamos o de número seis, que diz respeito a assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para toda população (9).

Nesse contexto, a investigação da qualidade dessa água é importante a fim de verificar se é própria ou não para consumo humano, bem como analisar o risco ao qual a população consumidora está exposta e traçar possíveis medidas visando a redução desse risco. Tendo isso em vista, o objetivo do presente trabalho foi investigar a qualidade de água de nascente utilizada por comunidades rurais localizadas no município de Viçosa, no estado de Minas Gerais. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2021, estimava-se uma população de quase 80 mil habitantes no município mineiro, sendo 93,2% urbana e 6,8% rural (10). Além disso, dados mais recentes do Instituto Água e Saneamento indicam que, em 2021,

aproximadamente 4% da população não tinha acesso a água tratada e 17% não possuía coleta de esgoto (11).

MATERIAL E MÉTODOS

Pontos de coleta e amostragem

Inicialmente, foram visitadas quatro nascentes e dois tanques (apresentados na Figura 1) em propriedades rurais localizadas na bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa, para conhecimento e escolha daquelas que possuíam maior utilização para fins de consumo. Para isso, realizou-se uma pesquisa de campo para tomar conhecimento de quais fins são dados à água proveniente desses locais.

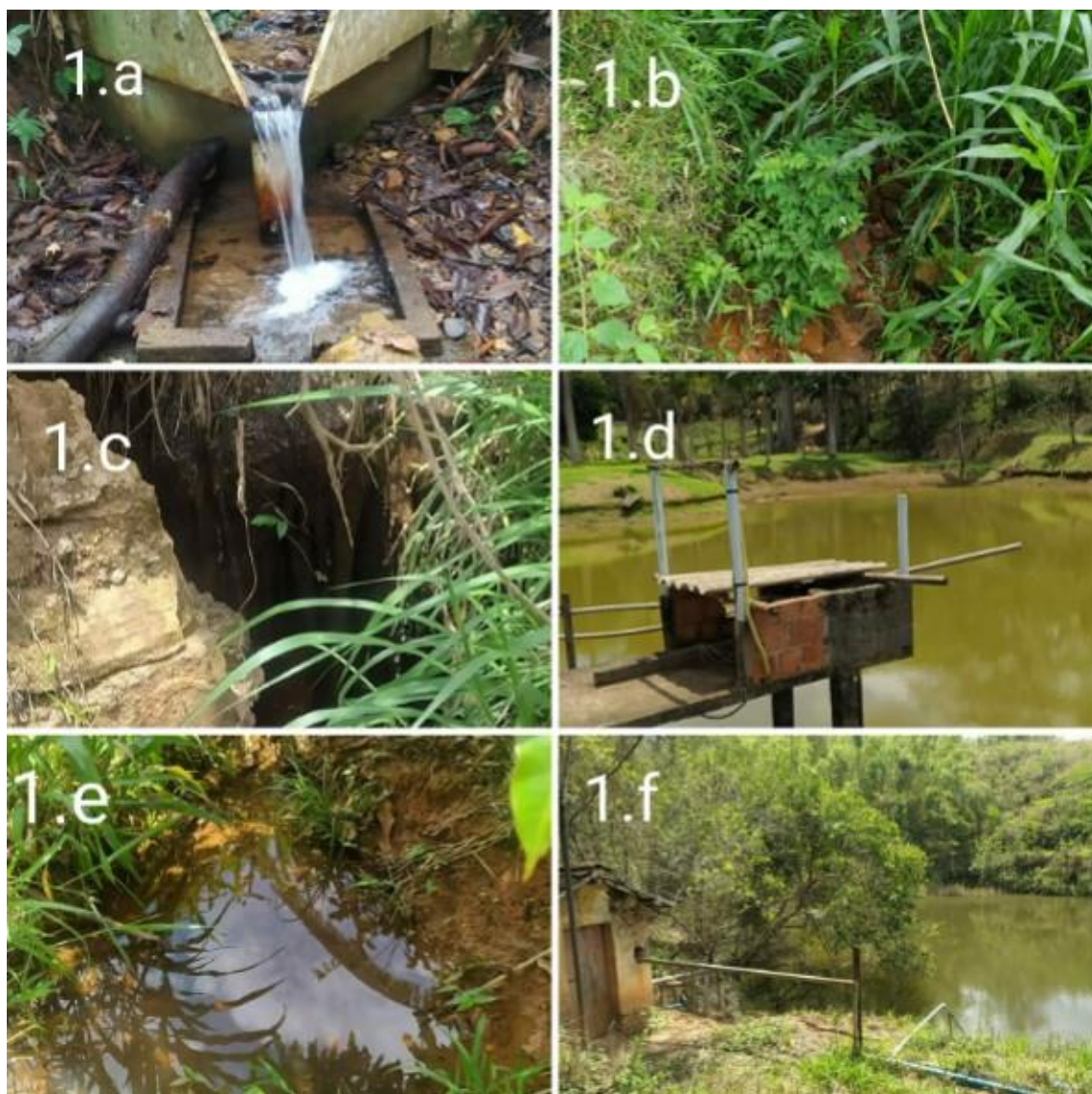


Figura 1 - Fotografias das nascentes visitadas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, município de Viçosa-MG: nascente 1, localizada na Rua Nova (1.a); nascente 2, localizada no Deserto (1.b); nascente 3, localizada na Rua Nova (1.c); tanques localizados em Pomares do Fundão da Universidade Federal de Viçosa (1.d e 1.f); e nascente 4, localizada no Deserto (1.e).

Dos locais visitados, foram selecionadas três nascentes para coleta da água e posterior análises, com base na maior utilização: nascente 1 (Figura 1.a; fonte de abastecimento de residências; a água era filtrada antes do consumo direto ou preparo de alimentos), chamada amostra A; nascente 3 (Figura 1.c; irrigação de hortaliças), chamada de amostra B; e nascente 4 (Figura 1.e; movimentação de moinho d'água e irrigação de hortaliças), chamada de amostra C. As coletas foram realizadas em novembro de 2022, utilizando-se frascos shot de 500 mL previamente esterilizados, abertos apenas no momento da coleta, sendo esta realizada de forma que a boca do frasco fosse dirigida no sentido contrário à corrente, quando possível. Na Figura 2, é possível observar as amostras coletadas.

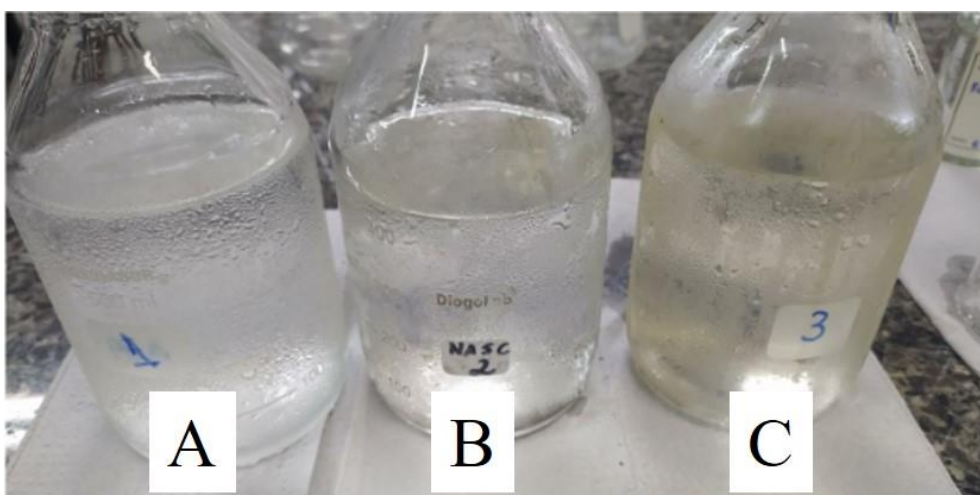


Figura 2 – Amostras de água coletadas de nascentes no município de Viçosa – MG: Nascente 1 (amostra A); nascente 3 (amostra B); e nascente 4 (amostra C).

Com base na legislação vigente e nos padrões de qualidade exigidos, foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas (7).

Análise de dureza

A dureza da água é ocasionada pelos sais de cálcio e magnésio lixiviados pela própria água em seu percurso natural no solo. Na indústria de alimentos, deve ser rigorosamente controlada uma vez que pode provocar incrustações nas superfícies de equipamentos e utensílios (12).

Amostras de 50 mL foram adicionadas de 1 mL de hidróxido de amônio e 3 a 4 gotas de negro de eriocromo T, em seguida, foram tituladas com EDTA 0,01 M até a viragem de coloração vermelha para o azul. A dureza da água foi expressa em mg de CaCO_3 por volume de amostra (em L) (13).

Análises de alcalinidade total, pH e acidez titulável

Alcalinidade da água deve-se à presença dos ânions carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-) ou hidroxilas (OH^-), e pode ser definida como a capacidade da água de neutralizar ácidos em solução. Para esta análise, primeiramente foi preparada uma amostra de 100 mL de amostra com 3-4 gotas de fenolftaleína. Se a mistura permaneceu incolor, adicionou-se 3-4 gotas de metilorange, atingindo uma coloração amarela, e titulando-se com H_2SO_4 0,02 N até obtenção de cor laranja. No caso da coloração laranja ser obtidas apenas com a adição do metilorange, não se prosseguiu com a titulação. Se a mistura inicial com fenolftaleína promoveu uma coloração rosa, a titulação foi realizada diretamente com H_2SO_4 0,02 N, sem adição de metilorange, até a mistura ficar incolor. A alcalinidade foi expressa em mg de CaCO_3 por volume da amostra (em L) (13).

O pH, por sua vez, é um dos principais parâmetros no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos por ser um indicativo de contaminações devido à presença de íons H^+ . Para esta análise, foi medido o pH das amostras com um pHmetro de bancada (modelo PG2000, marca Gehaka, São Paulo, Brasil) (13).

Por fim, foi realizada a análise de acidez titulável, em que uma amostra de 100 mL foi adicionada de 4 gotas do indicador fenolftaleína e titulada com uma solução de NaOH 0,01 N até a viragem de incolor para rosa (13).

Análise de cloretos

Quando presentes na água, os cloretos podem indicar poluição por esgotos domésticos/industriais e agricultura, bem como pelo uso de fertilizantes. Além disso, conferem gosto salino e propriedades laxativas à água. Para investigação da concentração de cloretos nas amostras de água coletadas, foi realizada a titulação de 100 mL de amostra (adicionada de uma pitada de CaCO_3 e cerca de 4 gotas de K_2CrO_4 5%) com AgNO_3 0,01 N, até viragem da coloração amarela para tijolo. O resultado foi expresso em mg de cloretos por volume de amostra (em L) (13).

Análises microbiológicas: mesófilos aeróbios

Do ponto de vista sanitário, a grande maioria das bactérias patogênicas de origem alimentar ou hídrica podem ser classificadas como mesófilas, ou seja, sua temperatura ótima de crescimento é na faixa de 35 a 37 °C. Portanto, essa investigação é imprescindível para se conhecer a qualidade da água em questão. Alíquotas de 1 mL das amostras foram diluídas em solução peptonada (0,1%) e adicionadas em placas de Petri seguida pela incorporação de aproximadamente 15-20 mL de ágar padrão para contagem (PCA) liquefeito (aproximadamente 45 °C). Após homogeneização, repouso e solidificação do ágar, as placas foram incubadas a 37 °C por 24 h. Após esse período, foi realizada a contagem das colônias, e a concentração bacteriana foi expressa em unidades formadoras de colônias (UFC) por volume da amostra (em mL) (14).

Análises microbiológicas: coliformes totais e *Escherichia coli*

Coliformes são bactérias naturalmente presentes no intestino do homem e de animais, portanto, sua presença na água pode indicar contaminação fecal via esgotos ou dejetos uma vez que, em propriedades rurais, pode ocorrer o manejo inadequado de animais ou seu livre trânsito. Visando quantificação desse grupo de microrganismos, alíquotas de 1 mL das amostras diluídas ou não em solução peptonada (0,1%) foram inoculadas em placas Petrifilm EC (3M) e incubadas a 37 °C por 24 horas, para coliformes, e 48 h para *E. coli*, conforme indicação do fornecedor. Para a contagem, considerou-se colônias vermelhas e azuis, ambas com bolhas de ar, para coliformes, e apenas colônias azuis com bolhas de ar para *E. coli*. Os resultados quantitativos foram expressos em UFC/mL (14).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos referentes às análises físico-químicas para as três amostras investigadas, bem como os valores aceitáveis para cada parâmetro conforme preconizado na legislação vigente, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados das análises físico-químicas.

Parâmetro	Valores encontrados			Legislação
	Amostra A	Amostra B	Amostra C	
Dureza (mg CaCO ₃ /L)	46,8	39,5	43,7	≤ 300*
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	18,0	28,3	23,7	**
Acidez titulável (mg CO ₂ /L)	12,9	12,3	22,1	**
pH	6,94	7,1	6,9	Entre 6,0 e 9,0*
Cloretos (mg cloretos/L)	22,4	17,5	19,3	≤ 250*

*Portaria de Consolidação nº 888/2021 (7); **Valores não estabelecidos.

Embora o valor máximo permitido para o parâmetro dureza, em água potável, seja 300 mg CaCO₃/L de água analisada, é comum classificar a água em três grupos distintos: água mole (0 a 50 mg/L de CaCO₃), água moderadamente dura (51 a 150 mg/L de CaCO₃); e água dura (151 a 300 mg/L de CaCO₃). Na Indústria Alimentícia, por exemplo, é necessário que a dureza da água utilizada seja a mais baixa possível devido aos problemas decorrentes da dureza elevada, como formação de incrustações, danificação de equipamentos, utensílios e tubulações, e ocorrência de acidentes, principalmente em caldeiras, evaporadores e pasteurizadores (12). As três amostras investigadas

apresentaram dureza abaixo de 50 mg/L de CaCO₃, sendo classificadas como água mole e estando de acordo com o preconizado pela legislação vigente quanto à potabilidade de água.

A alcalinidade não influencia em questões sanitárias nem consta na tabela dos parâmetros de potabilidade da Portaria de Consolidação nº 888/2021, no entanto, sua avaliação é importante visto que concentrações elevadas podem conferir gosto indesejável à água, que deve ser naturalmente insípida (Nolasco et al 2020). Na literatura, recomenda-se que a alcalinidade não passe de 150 mg/L de CaCO₃. Nesse sentido, as três amostras investigadas encontram-se dentro do estipulado. Nolasco et al (2020) (15) avaliaram a qualidade da água no município de Almenara, também em Minas Gerais, e encontraram valores similares ao do presente trabalho em relação à alcalinidade das amostras. Os resultados de acidez e pH das três amostras corroboraram com os resultados de alcalinidade, confirmando que a baixa concentração de gás carbônico dissolvido, bem como ânions carbonados, e atestando a qualidade da água no que tange esses parâmetros.

A presença de cloretos em concentrações, assim como alcalinidade, pode conferir gosto à água, o que é indesejável de acordo com o Ministério da Saúde em questão de água potável (13). Nesse sentido, as três amostras apresentaram concentrações de cloreto de valores semelhantes e muito abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente (250 mg/L), atendendo a esse padrão de potabilidade (7).

Quanto às análises microbiológicas, os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados das análises microbiológicas.

Parâmetro	Valores encontrados			Legislação*
	Amostra A	Amostra B	Amostra C	
Mesófilos aeróbios (UFC/mL)	4,05 x 10 ²	1,7 x 10 ³	1,1 x 10 ⁴	**
Coliformes totais (UFC/mL)	Ausência	2,5 x 10 ¹	6,4 x 10 ¹	Ausência
<i>E. coli</i> (UFC/mL)	Ausência	9,0	1,2 x 10 ¹	Ausência

*Portaria de Consolidação nº 888/2021 (7); **Valores não estabelecidos

A Tabela 2 mostra claramente que as amostras seguiram um padrão: concentrações populacionais elevadas de bactérias mesófilas aeróbias refletiram igualmente em concentrações elevadas de coliformes totais e *E. coli*. Nesse caso, as amostras B e C apresentaram-se fora dos padrões de potabilidade de água uma vez que ambas acusaram presença de coliformes, o que pode ser indicativo de contaminação. A amostra A, por outro lado, apresentou a menor concentração populacional de bactérias mesófilas e ausência de coliformes e *E. coli*, estando em conformidade com a legislação vigente para esse parâmetro.

Conforme dito anteriormente, a nascente 1, de onde foi retirada a amostra A, é a única da qual os moradores da comunidade local utilizam a água para consumo direto e

indireto (preparo de alimentos), ao passo que as nascentes de onde foram coletadas as amostras B e C são usadas para irrigação de hortaliça. O uso de água fora dos padrões de potabilidade para irrigação, embora seja uma infeliz realidade no Brasil, onde aproximadamente 35 milhões de pessoas não tem acesso à água tratada, não é uma prática recomendada, uma vez que pode acarretar em problemas de saúde (16). A veiculação de patógenos alimentares da água de irrigação para frutas e hortaliças pode desencadear uma série de doenças, tais como diarreias ocasionadas por *E. coli* patogênica, salmonelose, cólera, giardíase, dentre outras. Portanto, realizar a higienização correta de produtos vegetais é uma necessidade a fim de se evitar a transmissão de doenças e ocorrência de surtos alimentares (17,18).

CONCLUSÕES

O estudo concluiu que a água coletada da nascente 1 estava em melhores condições sanitárias do que as demais amostras (nascentes 3 e 4), que por sua vez apresentaram indicativo de contaminação devido à presença de coliformes e *E. coli*. O fato dessas outras amostras estarem contaminadas não implica na total impossibilidade de sua utilização, visto que é possível a realização de tratamentos simples para melhorar sua qualidade. De acordo com o Ministério da Saúde, medidas simples como a filtração seguida por sanitização com hipoclorito ou fervura por pelo menos 5 minutos podem garantir uma água segura do ponto de vista microbiológico, podendo ser consumida pela população. Além disso, vale ressaltar que a água proveniente das nascentes 3 e 4 era usada, principalmente, para irrigação de hortaliças. Estando essa água contaminada por coliformes, a veiculação de doenças por meio de hortaliças contaminadas com água de irrigação é uma realidade, por isso mesmo, ressalta-se a importância do tratamento prévio dessa água para esse fim bem como da correta higienização dos vegetais.

Por fim, sendo o acesso à água potável um direito básico da humanidade, ressalta-se que as empresas de distribuição de água deveriam, quando não for possível abastecer determinada região, realizar análises periodicamente e alertar os moradores sobre a qualidade da água disponível no local, bem como orientá-los quanto a tratamentos possíveis de se realizar para que possam fazer proveito de uma água de melhor qualidade sem riscos à saúde.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Viçosa – MG pelo fornecimento de estrutura laboratorial para execução das análises, bem como às comunidades rurais de Viçosa que receberam a equipe de coleta e que tornaram essa pesquisa possível.

REFERÊNCIAS

1. Daneluz D, Tessaro D. Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. *Arq Inst Biol.* 2015;82.
2. Garcia JM, Mantovani P, Gomes RC, Longo RM, Demanboro AC, Bettine SC. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. *Soc Nat.* 2018;30(1):228-254.

3. Alves BLA, Nascimento VGS, Pereira Jr A. Qualidade e uso da água de um igarapé e um reservatório rural do município de Nova Timboteua – PA (Brasil). *Rev Brasileira Meio Amb.* 2019;7(1):49-69.
4. Stolf DF, Molz S. Avaliação microbiológica da água utilizada para consumo humano em uma propriedade rural de Taió – SC. *Saúde e Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar*, 2017;6(1):96–106.
5. Santos EPP, Veiga WA, Gonçalves MRS, Tomé MPM. Coliformes totais e termotolerantes em água de nascentes utilizadas para o consumo humano na zona rural do município de Varre-Sai, RJ. *Sci. Plena* 2015;11(5):052401.
6. Wen X, Chen F, Lin Y, Zhu H, Yuan F, Kuang D, Jia Z, Yuan Z. Microbial Indicators and Their Use for Monitoring Drinking Water Quality—A Review. *Sustainability*. 2020;12(6):2249.
7. Ministério da Saúde (BR). Portaria de Consolidação GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial União*. 07 mai 2021. Edição 85; Seção 1:127.
8. G1. Falta de acesso à água afeta bilhões e provoca aumento de conflitos no mundo, diz relatório da ONU. 2019 [data de acesso 17 fev 2023]. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/03/18/falta-de-acesso-a-agua-afeta-bilhoes-e-provoca-aumento-de-conflitos-no-mundo-diz-relatorio-da-onu.ghtml>
9. Nações Unidas Brasil. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. [data de acesso 17 fev 2023]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>
10. IBGE. [Acesso em 17 fev 2023]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/vicosa/panorama>
11. Instituto Água e Saneamento. Municípios e Saneamento: Viçosa (MG). [Acesso em 17 fev 2023]. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/mg/vicosa>
12. Andrade NJ. Higiene na Indústria de Alimentos: Avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos. São Paulo: Varela; 2014.
13. Brasil. Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. Manual Prático de Análise de Água. 2ª ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde; 2006.
14. Downes FP, Ito K. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4th ed. APHA, Washington, DC; 2001; 676 pp.
15. Nolasco GM, Gama EM, Reis BM, Reis ACP, Gomes FJS, Matos RP. Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. *Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG*. 2020;2(2):52–64.
16. Trata Brasil. Água. [Acesso em 17 fev 2023]. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/principais-estatisticas/agua/>
17. Alegbeleye OO, Singleton I, Sant’Ana AS. Sources and contamination routes of microbial pathogens to fresh produce during field cultivation: A review. *Food Microbiology*. 2018;73:177-208.
18. Ministério da Saúde. Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA) [Acesso em 17 fev 2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha>

Capítulo 33**Doi.org/10.53934/9786585062060-33****COMÉRCIO AMBULANTE DE ALIMENTOS: CONDIÇÕES
HIGIÊNICO-SANITÁRIAS NOS PONTOS DE VENDAS EM
INHUMAS-GO****Lethicya Lucas Pires da Silva *; Simone Silva Machado  e Angel José Vieira
Blanco ****Lethicya Lucas Pires da Silva – lethicyalp@gmail.com***Resumo:**

O negócio de venda de alimentos nas ruas representa uma fonte de renda alternativa e tem contribuído para a redução da pobreza em muitos países em desenvolvimento. No entanto, há relatos significativos de problemas à saúde associados ao aumento do consumo desses alimentos. Os pontos de venda de alimentos nas ruas tornam-os acessíveis à população, por estarem estrategicamente situados em locais de grande mobilidade de pessoas e por oferecerem mercadorias diversificadas a preços baixos. Entretanto, esta alternativa prática de consumo pode ser uma fonte de veiculação de doenças de origem alimentar, devido ao desconhecimento por parte dos manipuladores de técnicas adequadas de produção, somadas às condições precárias de infraestrutura do local. Diante do perigo que esse tipo de comércio tem despertado, esta proposta teve por objetivo diagnosticar as condições higiênico-sanitárias dos comércios informais de alimentos e levantar o perfil dos manipuladores na cidade de Inhumas-GO. De acordo com os resultados obtidos foi observado que os itens manipuladores, matérias-primas, ingredientes, embalagens e resíduos apresentaram os maiores valores de não conformidades, sendo 65,1%, 52,4% e 42,9% respectivamente. A análise microbiológica evidenciou 87,5% das amostras com incontáveis colônias de microrganismos aeróbios mesófilos. Para coliformes totais houve crescimento em 25% das amostras, sendo os valores entre $1,6 \times 10^1$ UFC/mL e $8,4 \times 10^1$ UFC/mL. Foi observado o crescimento de *Escherichia coli* em 12,5% das amostras (3 UFC/mL). Como medida de intervenção foi elaborada, entregue e explicada para os vendedores ambulantes uma cartilha sobre boas práticas de manipulação de alimentos.

Palavras-chave: análise microbiológica; comida de rua; higiene dos alimentos; manipulador de alimentos; vendedores ambulantes

INTRODUÇÃO

Os alimentos influenciam na qualidade de vida; eles devem ser seguros, ou seja, livres de contaminantes de origem biológica, química e física (1). As Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA) são causadas pela ingestão de alimento ou água contaminados por bactérias, vírus, parasitas, toxinas ou substâncias tóxicas, podendo apresentar sintomas leves ou graves (2).

Os sintomas das doenças de origem alimentar podem ser mais comuns, como: dor no estômago, náusea, vômitos, diarreia e febre, mas, dependendo do agente etiológico, o quadro clínico pode agravar e desenvolver desidratação grave, diarreia sanguinolenta, insuficiência renal aguda e insuficiência respiratória (3).

O comércio ambulante de produtos alimentícios é caracterizado pela venda de alimentos e bebidas prontos para o consumo, preparados nas ruas e em lugares públicos, sem processamento ou etapa industrial (4). Esses vendedores buscam pontos estratégicos e com fluxo de pessoas, como: pontos de ônibus, universidades, hospitais e empresas (5).

A venda de comida na rua é uma atividade informal, acessível e de rápido preparo para os manipuladores de alimentos, mas com alto risco de contaminação. Isso porque é realizada de maneira artesanal, sem determinados controles, sem infraestrutura adequada e, geralmente, os manipuladores não têm conhecimentos sobre boas práticas de manipulação (6).

Fatores como a infraestrutura local precária, as características dos produtos comercializados, a falta de conhecimento dos vendedores ambulantes em relação às boas práticas de manipulação, a baixa qualidade da matéria-prima, a manutenção da comida em temperaturas inadequadas de conservação e a falta de proteção efetiva dos alimentos contra insetos e poeira, aumentam a preocupação sobre a segurança dos alimentos vendidos nas ruas, uma vez que estes fatores podem aumentar o risco de transmissão de doenças de origem microbiana veiculadas por alimentos (7,8).

A RDC 216 de 15 de setembro de 2004, dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação e seu objetivo é garantir a qualidade higiênico sanitária do alimento. Encaixa-se nessa legislação, qualquer atividade alimentícia que realiza manipulação, preparação, fracionamento, armazenamento, distribuição, transporte e exposição à venda (9).

A inocuidade é de responsabilidade da pessoa que manipula, comercializa ou produz o alimento, sendo seu dever cumprir com as normas exigidas pela legislação. A fiscalização deve ser realizada pelas autoridades, a fim de garantir o cumprimento das boas práticas. Identificar o fator que causa a contaminação é importante para reduzir os riscos à saúde dos consumidores (10).

As condições higiênico-sanitárias podem ser avaliadas através de análises que identificam a presença de microrganismos indicadores (11). Denomina-se microrganismos indicadores aqueles cuja identificação pode estar relacionada com a presença de agentes patogênicos, sendo alguns deles: aeróbios mesófilos, coliformes termossensíveis e termotolerantes, além de *Staphylococcus coagulase positiva* (12).

Estudos mostram que alguns microrganismos, após o contato inicial, sobrevivem nas mãos e superfícies por horas ou até mesmo dias. Para garantir a segurança dos alimentos, é, então, fundamental que as mãos sejam adequadamente lavadas e as superfícies sanitizadas.

A eficácia destes processos é frequentemente avaliada por meio da detecção de microrganismos indicadores (13,12).

Diante do perigo potencial que o comércio ambulante de alimentos tem despertado, este trabalho teve por objetivo diagnosticar as condições higiênico-sanitárias, levantar o perfil dos manipuladores e produzir material educativo para este comércio em Inhumas-GO.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado a partir do levantamento de dados de 21 pontos de venda de comida de rua em Inhumas-GO (Tabela 1), durante os meses de novembro de 2021 a maio de 2022.

Tabela 1 - Dados dos ambulantes responsáveis pelo comércio informal de alimentos pronto para o consumo em Inhumas, GO, 2022.

Ambulante	Local de venda	Alimentos comercializados
1	Rua Goiás, Centro	Sorvete
2	Rua Goiás, Centro	Bala de coco
3	Rua Goiás, Centro	Água de coco
4	Rua Goiás, Centro	Picolé
5	Rua Goiás, Centro	Picolé
6	Rua Goiás, Centro	Sorvete
7	Rua Goiás, Centro	Caldo de cana
8	Rua Goiás, Centro	Sorvete
9	Avenida Bernardo Sayão	Bolo frito de milho
10	Avenida Bernardo Sayão	Picolé
11	Vila Marise	Algodão doce e churros
12	Avenida Wilson Quirino	Caldo de cana
13	Jardim Raio do Sol	Espetinho
14	Setor Paraíso	Pastéis e salgados
15	Setor Paraíso	Crepe
16	Setor Paraíso	Espetinho e Chopp
17	Setor Paraíso	Pastel
18	Setor Paraíso	Pastel
19	Setor Paraíso	Açaí e salada de frutas
20	Rua Arlindo Bailão	Pastel
21	Rua Arlindo Bailão	Pastel

Fonte: própria.

O comércio informal de comida de rua não possui uma legislação específica que atenda às suas particularidades, visto que a rua não é um ambiente adequado para a manipulação de alimentos, por não conter infraestrutura e instalações que se adaptem as condições higiênicos-sanitárias necessárias. Diante disso, para elaborar um roteiro de inspeção visual o presente trabalho se baseou na Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004 (9), que dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas para serviço de alimentação, porém o *check list* (Quadro 1) apresentou adaptações que estivessem de acordo com a realidade do comércio ambulante de alimentos.

Quadro 1 - Roteiro para inspeção visual das condições higiênico-sanitárias dos pontos de vendas de alimentos prontos para consumo. Inhumas-GO, 2022.

REQUISITO	Conforme	Não conforme	Não se aplica
Manipuladores			
Os manipuladores apresentam lesões e/ ou sintomas de enfermidades.			
Uniformes conservados e limpos.			
As mãos devem ser higienizadas antes da manipulação de alimentos.			
Não devem fumar, falar desnecessariamente, cantar, assobiar, espirrar, cuspir, tossir ou comer durante a manipulação de alimentos.			
Não devem manipular dinheiro e alimento simultaneamente.			
Os manipuladores devem usar cabelos presos e protegidos por redes ou toucas, não sendo permitido o uso de barba.			
As unhas devem estar curtas e sem esmalte ou base.			
Durante a manipulação, devem ser retirados todos os objetos de adorno pessoal e maquiagem.			
Não usar perfumes.			
Matérias primas, ingredientes e embalagens			
As matérias-primas, os ingredientes e as embalagens devem ser armazenados em local limpo e organizado. Devem estar adequadamente acondicionados e identificados, sendo que sua utilização deve respeitar o prazo de validade.			
As matérias-primas, os ingredientes e as embalagens utilizados para preparação do alimento devem estar em condições higiênico-sanitárias adequadas.			
Preparação do alimento			
Deve-se evitar o contato direto ou indireto entre alimentos crus, semipreparados e prontos para o consumo.			
As matérias-primas e os ingredientes caracterizados como produtos perecíveis devem ser expostos à temperatura ambiente somente pelo tempo mínimo necessário para a preparação do alimento.			
Quando as matérias-primas e os ingredientes não forem utilizados em sua totalidade, devem ser adequadamente acondicionados e identificados.			
Para os alimentos que forem submetidos à fritura, além dos controles estabelecidos para um tratamento térmico, deve-se instituir medidas que garantam que o óleo e a gordura utilizados não constituam uma fonte de contaminação química do alimento preparado.			
Os alimentos submetidos ao descongelamento devem ser mantidos sob refrigeração se não forem imediatamente utilizados, não devendo ser recongelados.			
Armazenamento e transporte do alimento preparado			
O armazenamento e o transporte do alimento preparado, da distribuição até a entrega ao consumo, devem ocorrer em condições de tempo e temperatura que não comprometam sua qualidade higiênico-sanitária.			
Os meios de transporte do alimento preparado devem ser higienizados.			
Resíduos			

No local de manipulação de alimentos existe a presença de acúmulo de resíduos, restos de alimentos e sujidades que possam causar contaminação.			
Controle de pragas			
No local de manipulação existe a presença de animais, insetos ou roedores.			
Utensílios			
Os utensílios usados no preparo dos alimentos estão higienizados e em bom estado de conservação.			
São utilizados utensílios de madeira ou com rugosidades de difícil higienização.			

Fonte: Baseado na RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004 (9).

A coleta dos dados foi realizada em caráter observacional não intervencionista e neste momento foi aplicada a lista de verificação considerando assim as condições das embalagens/recipientes, estrutura física, higiene e boas práticas. A inspeção visual foi realizada sem notificação prévia da data ou hora da pesquisa.

Na coleta das amostras para a análise microbiológica, os ambulantes foram selecionados de acordo com a decisão dos mesmos em participar da pesquisa e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa do IFG através do parecer consubstanciado CAAE 57589522.8.0000.8082.

A proposta foi de uma pesquisa quantitativa, descritiva e transversal, com estudos de análises microbiológicas das mãos dos manipuladores e das superfícies dos recipientes que acondicionam os alimentos a serem vendidos. Foram realizadas as contagens de coliformes termotolerantes, termossensíveis e contagem de microrganismos aeróbios mesófilos nas mãos e nas superfícies de contato com os alimentos

Como medida de intervenção foi elaborado um material de orientação e conscientização para os comerciantes participantes da pesquisa, voltado principalmente à correção de não conformidades identificadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a análise da avaliação das condições higiênico-sanitárias foram observadas algumas não conformidades, principalmente em relação à higiene pessoal dos manipuladores, como por exemplo: uso de adornos, unhas compridas e com esmalte, barbas, cabelos soltos, roupas sujas; hábitos como falar sobre os alimentos, manusear dinheiro e alimento simultaneamente, fumar, não higienizar as mãos antes da manipulação do alimento e cuspir no local.

As matérias-primas, ingredientes e embalagens não estavam em boas condições higiênico-sanitárias, apresentando armazenamento inadequado e falta de identificação (Figura 1). Foi observada a presença de resíduos em vários pontos de manipulação, lembrando que eles são importantes para o surgimento de pragas (Figura 2). Diante das observações realizadas a partir do roteiro de inspeção visual foram obtidos os resultados observados na Tabela 2 e Figura 3.



Figura 1 - Embalagem de alimento em armazém inadequado. Inhumas, GO, 2022. Fonte: própria. Foto autorizada.



Figura 2 - Presença de insetos no equipamento de produção de sorvete. Inhumas, GO, 2022. Fonte: própria. Foto autorizada.

Tabela 2 - Resultado da avaliação dos critérios higiênico-sanitários para a manipulação e comercialização de alimentos prontos para o consumo. Inhumas, 2022.

CRITÉRIO	Conformidade (%)	Não conformidade (%)
Manipuladores	34,9	65,1
Matérias - primas, ingredientes e embalagens	47,6	52,4
Preparação do alimento	78,2	21,8
Armazenamento e transporte do alimento preparado	66,7	33,3
Resíduos	57,1	42,9
Controle de pragas	85,7	14,3
Utensílios	83,3	16,7

Fonte: própria.

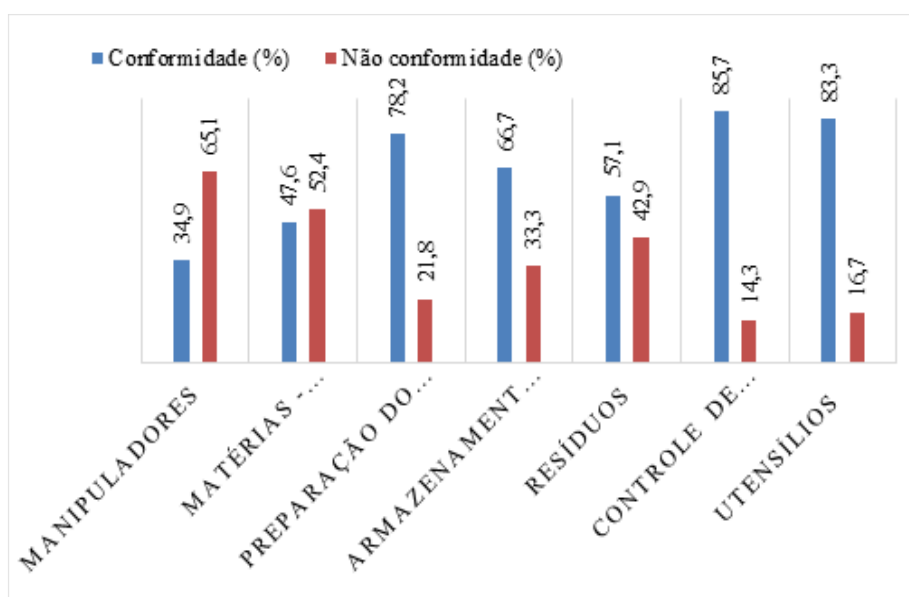


Figura 3 - Gráfico dos resultados de itens em conformidade e não conformidade com os regulamentos legais para a manipulação e comercialização de alimentos prontos para o consumo. Inhumas, 2022. Fonte: própria.

De acordo com os resultados obtidos podemos observar que o item “Manipuladores” foi o que mais recebeu não conformidades, apresentando 65,1% em relação à higiene pessoal. O segundo item com maior ocorrência, “Matérias-primas, Ingredientes e Embalagens” apresentou 52,4% de não conformidades. Por fim, foi destacada a presença considerável de resíduos, apresentando 42,9% de não conformidades.

Os resultados da análise microbiológica foram obtidos por meio da coleta de oito pontos de vendas, sendo oito mãos de manipuladores (Quadro 2) e seis superfícies (Quadro 3), totalizando 14 amostras.

Quadro 2 - Resultados das análises microbiológicas das mãos dos manipuladores de alimentos comercializados na rua. Inhumas, 2022.

Amostra	Contagem de Aeróbios Totais		Coliformes Totais		<i>Escherichia coli</i>	
	UFC/mL	UFC/cm ²	UFC/mL	UFC/cm ²	UFC/mL	UFC/cm ²
A	Incontável	Incontável	0	0	0	0
C	Incontável	Incontável	8,4 x 10 ¹	4,2	3	0,15
E	5,2 x 10 ¹	2,6	0	0	0	0
G	1,02 x 10 ²	5,1	1,6 x 10 ¹	0,8	0	0
I	Incontável	Incontável	0	0	0	0
J	4,7 x 10 ¹	2,35	0	0	0	0
L	Incontável	Incontável	0	0	0	0
N	6	0,3	0	0	0	0

Fonte: própria.

Quadro 3 - Resultados das análises microbiológicas das superfícies de contato com os alimentos comercializados na rua. Inhumas, 2022.

Amostra	Contagem de Aeróbios Totais		Coliformes Totais		<i>Escherichia coli</i>	
	UFC/mL	UFC/cm ²	UFC/mL	UFC/cm ²	UFC/mL	UFC/cm ²

B	Incontável	Incontável	0	0	0	0
D	Incontável	Incontável	0	0	0	0
F	$4,2 \times 10^1$	2,1	0	0	0	0
H	Incontável	Incontável	0	0	0	0
K	$3,4 \times 10^1$	1,7	0	0	0	0
M	1	0,05	0	0	0	0

Fonte: própria.

Todas as amostras apresentaram contagens para microrganismos aeróbios mesófilos, sete amostras evidenciaram incontáveis colônias em A, B, C, D, H, I e L. Para coliformes totais houve crescimento em duas amostras, C (Figura 4) com $8,4 \times 10^1$ UFC/mL e G (Figura 5) com $1,6 \times 10^1$ UFC/mL. Foi evidenciado 3 UFC/mL de *Escherichia coli* na amostra C.

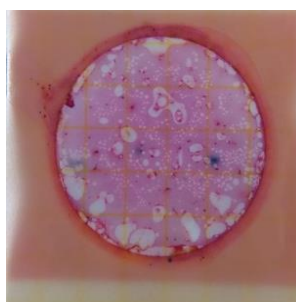


Figura 4 - Placa com o resultado da análise microbiológica da mão de manipulador, com coliformes totais e *Escherichia coli*, Inhumas, 2022. Fonte: própria.

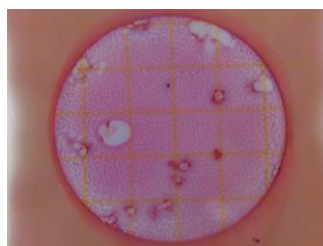


Figura 5 - Placa com resultado da análise microbiológica da mão de manipulador, com ocorrência de coliformes totais, Inhumas, 2022. Fonte: própria.

Dado exposto, é importante ressaltar que os microrganismos encontrados são consequência da não higienização das mãos antes da manipulação de alimentos e de superfícies de contato sujas. Na tentativa de minimizar esse problema, foi realizada a ação de capacitar os manipuladores do estudo, reforçando boas práticas de manipulação, principalmente no que diz respeito a higiene pessoal.

Correlacionando com a avaliação higiênico sanitária da inspeção visual, o item “manipulador” que avaliou a higiene, já identificava hábitos e não conformidades que possibilitariam esse tipo de contaminação.

Silva, Santos e Viana (14) fizeram um estudo no município de Caruaru, estado de Pernambuco, em que analisaram as condições microbiológicas das mãos de 30 manipuladores de comida de rua. A pesquisa tinha como objetivo verificar a presença de coliformes totais, termotolerantes e *Staphylococcus spp.* Foi observado que quatro isolados obtiveram resultados positivos para coliformes totais, dois isolados positivaram para

coliformes termotolerantes e alguns testes de catalase e coagulase deram sugestivo para a *S. aureus*. Os autores evidenciaram práticas inadequadas de higiene por parte dos manipuladores, devido à falta de conhecimento e confirmaram que a rua é um ambiente com infraestrutura precária para a manipulação de alimentos.

Na cidade de Uberaba – MG, foi realizado um estudo que avaliou as condições higiênico-sanitárias e verificou a presença de microrganismos nas mãos dos manipuladores e em superfícies de contato com os alimentos. Os microrganismos aeróbios mesófilos da superfície apresentaram contagens de $<1,0 \times 10^0$ a $4,2 \times 10^4$ UFC/cm², somente 23,3% das amostras estavam dentro do padrão microbiológico adotado pelo autor, que era de $5,0 \times 10^1$ UFC/cm². Nas mãos dos manipuladores constataram coliformes termotolerantes e *Staphylococcus* coagulase positiva em 47% das amostras (12).

De acordo com as recomendações da APHA a referência para valores de microrganismos aeróbios mesófilos é de até 2 UFC/cm² em superfícies de bancadas e 100 UFC/utensílios (15). Nos resultados obtidos neste trabalho, foi evidenciado que uma amostra apresentou 2,1 UFC/cm², ultrapassando o limite estabelecido para superfícies.

Silva Júnior (16) considera a contagem de microrganismos de no máximo 50 bactérias/cm² como critério de higiene para equipamentos e utensílios utilizados no preparo dos alimentos. Se adotarmos este padrão microbiológico, nenhuma amostra deste trabalho ultrapassou este limite.

Visando intervir nas não conformidades apresentadas neste trabalho foi entregue aos vendedores ambulantes a cartilha de boas práticas de manipulação de alimentos, que explica de maneira didática itens exigidos pela legislação vigente, RDC n° 216 de 15 de setembro de 2004 (9).

Amson (17) também elaborou um material educativo no formato de cartilha com o objetivo de conscientizar os vendedores ambulantes da cidade de Curitiba (PR) sobre as boas práticas de manipulação de alimentos. A cartilha apresentava bastantes desenhos e atividades para serem respondidas.

Silva (18) desenvolveu um material educativo digital sobre segurança de alimentos para manipuladores e consumidores de um quiosque de praia, o objetivo era melhorar as boas práticas de manipulação e ofertar um alimento seguro ao consumidor. A autora baseou-se em referenciais teóricos que identificavam possíveis contaminações em alimentos e destacou tópicos fundamentais para serem abordados na cartilha, sendo alguns deles: Doenças Transmitidas por Alimentos, estrutura física, higiene e saúde do manipulador, manipulação e armazenamento do alimento, qualidade da água, preparo e transporte.

Monteiro (19) caracterizou o comércio ambulante de alimentos em Belo Horizonte (MG), estudando o perfil de 16 manipuladores por meio de um *check list* para abordar questões higiênico-sanitárias e entrevista que contemplava o perfil socioeconômico. A pesquisa destacou a baixa capacitação dos manipuladores em realizar as atividades, por fim, o autor sugeriu a realização de cursos e oficinas.

Brito, Araújo e Gaspareto (20) realizaram uma pesquisa no município de Acari – RN e analisaram nove pontos de vendas de comércio ambulante de alimentos, em relação às condições higiênico-sanitárias e análise microbiológica das mãos dos manipuladores. A não conformidade apresentada foi sobre a higienização das mãos, apresentando crescimento de mesófilos em todas as amostras e sete delas estavam fora do limite máximo. Como medida de intervenção foram produzidas cartilhas sobre boas práticas de manipulação de alimentos e entregues aos vendedores ambulantes.

Oliveira e Maitan (21) analisaram as condições higiênico-sanitárias de dez comércios ambulantes próximos a um campus universitário em Goiânia (GO). Foi realizada análise

microbiológica por *swab* na mão de oito manipuladores em que evidenciaram a presença de enterobactérias. Esta contaminação microbiológica se deve ao fato de a higienização das mãos ser realizada de maneira insatisfatória. A pesquisa destaca a importância da capacitação dos manipuladores em boas práticas de manipulação de alimentos, visando a redução das inadequações.

CONCLUSÕES

Diante dos dados expostos pela inspeção visual conclui-se que a manipulação (higiene pessoal), matérias-primas, ingredientes, embalagens e resíduos apresentaram os maiores valores de não conformidades, sendo 65,1%, 52,4% e 42,9% respectivamente. Estes resultados indicam que as condições higiênico-sanitárias estavam insatisfatórias, trazendo insegurança dos alimentos para os consumidores.

A análise microbiológica evidenciou 87,5% das amostras com incontáveis colônias de microrganismos aeróbios mesófilos. Para coliformes totais houve crescimento em 25% das amostras, sendo os valores entre $1,6 \times 10^1$ UFC/mL e $8,4 \times 10^1$ UFC/mL. Foi observado o crescimento de *Escherichia coli* em 12,5% das amostras (3 UFC/mL). As práticas incorretas de manipulação e a falta de higienização das mãos e das superfícies são os causadores da contaminação microbiológica que foi relatada neste estudo. Ademais, é válido ressaltar que a presença desses microrganismos pode ocasionar o surgimento de Doenças Transmitidas por Alimentos.

Possivelmente os comerciantes ambulantes de alimentos não tem instruções básicas sobre boas práticas de fabricação e infraestrutura para melhorar as condições higiênico-sanitárias do alimento, visto que a rua é um ambiente desestruturado para a manipulação, possibilitando diversos tipos de contaminações. Visando intervir nessas condições higiênico-sanitárias inadequadas, foi elaborado, entregue e explicado para os vendedores ambulantes uma cartilha sobre boas práticas de manipulação de alimentos, com base nas legislações vigentes.








REFERÊNCIAS

1. Ferreira JAF. Panorama das doenças transmitidas por alimentos no Brasil entre 2000 e 2015 [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2017 [acesso em 22 Set 2022]. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6138/tde-11052017-165548/publico/JessicaDeAragaoFreireFerreraREVISADA.pdf>
2. Malacrida AM, Dias VHC, Lima CL. Perfil epidemiológico das doenças bacterianas transmitidas por alimentos no Brasil. Rev C V e S Pública. 2017;4:158-162 [acesso em 22 Set 2022]. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevCiVet/article/view/37119/pdf>
3. Welker CAD, Both JMC, Longaray SM, Haas S, Soeiro MLT, Ramos, RC. Análise microbiológica dos alimentos envolvidos em surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTA) ocorridos no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Rev B de Biociên. 2010;8:44-48 [acesso em 22 Set 2022]. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/114909/62201>

4. Rodrigues FM, Viroli SLM, Pavlk MCM, Sandi, ALS. Avaliação das condições higiênico-sanitárias do comércio ambulante de alimentos na cidade de Paraíso do Tocantins. *ACTA T.* 2011;5:100-112 [acesso em 22 Set 2022]. Disponível em: <https://periodicos.ifma.edu.br/actatecnologica/article/view/25>
5. Oliveira EA, Mello PL. Condições microbiológicas do comércio ambulante de alimentos em Guarulhos – SP. *Rev Saúde.* 2020;14:23-29 [acesso em 22 Set 2022]. Disponível em: <file:///C:/Users/USER/Downloads/4145-13830-1-PB.pdf>
6. Curi, JDP. Condições microbiológicas de lanches (cachorro quente) adquiridos de vendedores ambulantes, localizados na parte central da cidade de Limeira – SP [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo; 2006 [acesso em 22 Set 2022]. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/305f/235de4afecd500884e4c24b9ab8523d4b949.pdf>
7. Feglo P. Sakyi k. Bacterial contamination of street vending food in Kumasi, Ghana. *Journal Med Biomed Sci.* 2012;1:1-8.
8. Muyanja C, Nayiga L, Brenda N, Nasinyama G. Practices, knowledge and risk factors of street food vendors in Uganda. *Food Control.* 2011;22:1551-1558.
9. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Aprova o Regulamento Técnico sobre Boas Práticas de Fabricação para Serviços de Alimentação. *Diário Oficial da União: seção 1.* Brasília, DF, 15 de setembro de 2004.
10. Stein G, Zarth N, Oliveira EC, Adami FS. Análise microbiológica de cachorros-quentes comercializados por food trucks. *Cad Pedagog.* 2017;14:193-202 [acesso em 23 Set 2022]. Disponível em: <file:///C:/Users/USER/Downloads/1440-3072-1-PB.pdf>
11. Sousa CP. Segurança Alimentar e doenças veiculadas por alimentos: utilização do grupo coliforme como um dos indicadores de qualidade de alimentos. *Rev APS.* 2006;9:83-88 [acesso em 09 Nov 2022]. Disponível em: <https://www.ufjf.br/nates/files/2009/12/Seguranca.pdf>
12. Souza GC, Santos CTB, Andrade AA, Alves L. Comida de rua: avaliação das condições higiênico-sanitárias de manipuladores de alimentos. *Ciê & Saúd Colet.* 2015;20:2329-2338 [acesso em 23 Set 2022]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/KTrfq5WSpZSTjVvnnTrT7Nn/abstract/?lang=pt>
13. Fawzi M, Gomaa NF, Bakr WM. Assessment of hand washing facilities, personal hygiene and the bacteriological quality of hand washes in some grocery and dairy shops in Alexandria, Egypt. *Journal Egypt Public Health Assoc.* 2009;84:71-93.
14. Silva LE, Santos WSF, Viana MGS. Análise microbiológica das mãos de manipuladores de alimentos. *Rev Epidem e Control de Infec.* 2020;10:01-06 [acesso

- em 15 Nov 2022]. Disponível em:
<https://online.unisc.br/seer/index.php/epidemiologia/article/view/12905>
15. American Public Health Association (APHA). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 4thed. Washington: American Public Health Association; 2001 apud Coelho AIM, Milagres RCRM, Martins JFL, Azeredo RMC, Santana AMC. Contaminação microbiológica de ambientes e de superfícies em restaurantes comerciais. Artigo Article: Ciên & Saúde Colet. 2010;15:1597-1606 [acesso em 20 Nov 2022]. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/csc/a/4mgWK8HjydxjrGdtMyHQpjg/?format=pdf&lang=pt>
16. Silva Júnior EA. Manual de Controle Higiênico-Sanitário em serviços de Alimentação. 6. ed. São Paulo: Livraria Varela; 2012.
17. Amson GV. Comércio ambulante de alimentos em Curitiba: Perfil de vendedores e propostas para programa de boas práticas higiênicas na manipulação de alimentos [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2005 [acesso em 07 Nov 2022]. Disponível em:
<https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34220/R%20-%20D%20-%20GISELE%20VAN%20AMSON.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
18. Silva SRT. Desenvolvimento de material educativo digital sobre segurança de alimentos para manipuladores e consumidores de quiosques de praia [trabalho de conclusão de curso]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2021 [acesso em 23 Nov 2022]. Disponível em:
https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/47069/16/Desenvolvementodematerialeeducativo_Silva_2021.pdf
19. Monteiro MAM. Caracterização do comércio ambulante de alimentos em Belo Horizonte-MG. Demetra: Alim, Nutri & Saúde. 2015;10:87-97 [acesso em 23 Nov 2022]. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/demetra/article/view/13364/12216>
20. Brito JMS, Araújo MLC, Gaspareto OCP. Avaliação das condições higiênico-sanitárias dos vendedores ambulantes de alimentos e realização de intervenções educativas. Brazilian Journ of Develop. 2021;7:83084-83091 [acesso em 23 Set 2022]. Disponível em: [file:///C:/Users/USER/Downloads/34797-88885-1-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/34797-88885-1-PB%20(2).pdf)
21. Oliveira TB, Maitan VR. Condições higiênico-sanitárias de ambulantes manipuladores de alimentos. Enciclop Bio: Centro Científ Conhecer. 2010;6:1-14 [acesso em 23 Set 2022]. Disponível em:
<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010/condicoes.pdf>.

Capítulo 34**Doi.org/10.53934/9786585062060-34****AVALIAÇÃO DA ROTULAGEM DE OVOS CONVENCIONAIS,
CAIPIRAS E ESPECIAIS NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS – MA**

Ana Cristina Silva da Natividade ^{1*}; Daniela Aguiar Penha Brito ²; José Matheus Santos Oliveira ³; Aline Sthefany Barros de Souza ⁴; Wandersson Freitas Rodrigues da Costa ⁴; Gleyciane Pereira Salgado ⁴; Nayara Pereira Lima ⁵

¹ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande

² Professora do Ensino Técnico e Tecnológico nas áreas de Zootecnia, Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Maranhão - Campus São Luís-Maracanã

³ Mestrando do Programa de Pós-graduação Ciência e Tecnologia de alimentos da Universidade Federal de Pelotas

⁴ Graduado em Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal do Maranhão - Campus São Luís-Maracanã

⁵ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Paraná (UFPR)

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: ana25natividade@gmail.com

Resumo: O mercado de ovos no Brasil está em permanente em crescimento, visto que os ovos são fontes de proteína animal de baixo custo e alto valor biológico. Devido a isso objetivou-se no presente estudo avaliar informações dos rótulos e embalagens de ovos comercializados na cidade de São Luís - MA conforme legislações vigentes para ovos convencionais e ovos caipiras. Foram selecionadas 24 cartelas de ovos, sendo 6 de ovos brancos, 6 de ovos vermelhos, 6 de ovos enriquecidos e 6 de ovos tipo caipira, contendo 10 ovos em cada cartela, adquiridos em supermercado. Os rótulos dos ovos foram avaliados através de um *check list*, considerando a identificação do produto, classificação, segurança sanitária, qualidade das informações e embalagens (visibilidade, limpeza e tipo do material). Baseando-se na legislação vigente que determina a rotulagem adequada para ovos, constatou-se menor qualidade de dados para os ovos brancos (83,33%). Os ovos caipiras e enriquecidos apresentaram 100% de conformidade quando avaliado a visibilidade e limpeza da embalagem. De modo geral, foi possível observar que os supermercados comercializam em sua maioria ovos conforme a legislação vigente, garantindo a seguridade dos ovos.

Palavras-chave: avicultura; embalagem; legislação

INTRODUÇÃO

O ovo é um dos alimentos mais consumidos em todo o mundo, tornando-os de importância para a indústria de alimentos. A cadeia produtiva deste alimento tem se tornado uma das principais atividades econômicas do Brasil (1).

A rotulagem dos ovos é obrigatória e importante para garantir a segurança do consumidor. Trata-se de um meio de comunicação entre as empresas de ovos e os

consumidores, informando-os desde a origem do produto como os sistemas de criação das aves até orientações sobre a conservação e modo de preparo deste alimento em nível doméstico (2). Dados referentes ao valor nutricional, data de validade, tipificação dos ovos são informações relevantes contidas nos rótulos que servem de parâmetros de escolha para os consumidores no momento da compra do produto (3).

Os rótulos dos ovos permitem que o consumidor tenha conhecimento sobre os diversos tipos de sistema de produção de galinhas poedeiras (3). A produção dos ovos brancos e vermelhos ocorre pelo sistema de produção convencional, onde a criação é por meio do uso de gaiolas, enquanto os ovos caipiras têm as poedeiras são criadas soltas, com a alimentação suplementada por ração ou milho. Há ainda os ovos enriquecidos onde a poedeira recebe uma alimentação diferenciada mais nutritiva em ácidos graxos poli-insaturados ou vitaminas (4).

De acordo com Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Decreto nº9.013 de 29 de março de 2017, as principais informações que os rótulos de ovos devem atender são o tipo de ovo, classe, grupo, data de produção, preço de validade e identificação do lote (5). Devido à importância da conservação dos ovos quanto a *Salmonella* spp., faz-se obrigatória a inclusão de instruções sobre conservação e consumo, que auxiliem no controle do risco deste patógeno (6).

Conforme Ofício-Circular nº 69/2019 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (7), que trata sobre a identidade dos ovos caipiras, é estabelecido regras nos rótulos devendo conter informações sobre a identificação como “ovo caipira ou colonial”, método de criação da poedeira. Ademais, caso ocorra o uso de corantes ou pigmentantes, fica obrigatório a informação no rótulo. As empresas podem optar por informar a raça da poedeira. Da mesma forma, a Instrução Normativa, nº09, 13 de fevereiro de 2003 determina sobre a rotulagem nutricional complementar referente a ovos enriquecidos com ácidos graxos poli-insaturados e vitaminas.

Ressalta-se que os ovos comercializados no município de São Luís - MA são adquiridos de outros estados, necessitando de um controle expressivo destes rótulos. Diante disso, o trabalho objetivou avaliar as informações do rótulo de ovos brancos, vermelhos, caipiras e enriquecidos comercializados na cidade, conforme legislações vigentes.

MATERIAL E MÉTODOS

No período de outubro de 2021 a abril de 2022, foram coletadas e analisadas vinte e quatro amostras de rótulos de cartelas de 10 a 12 unidades de ovos, sendo 6 de ovos brancos, 6 de ovos vermelhos, 6 de ovos tipo caipira e 6 de ovos tipo enriquecido. As amostras foram coletadas aleatoriamente em seis supermercados varejistas e atacadistas do município de São Luís, estado do Maranhão.

Os rótulos dos produtos foram avaliados utilizando um *check list* elaborado conforme legislações específicas para ovos (8);(6). Ovos caipiras (7) e para produtos de origem animal (5).

As informações do rótulo coletadas foram agrupadas conforme a tabela 1:

Tabela 1- Avaliação de rotulagem de ovos

Identificação do produto	Origem
	Lote
	Inscrição
	Registro
Classificação	Categoria
	Tipo
	Classe
	Grupo
Segurança Sanitária	Data do prazo de Validade
	Carimbo de Serviço de Inspeção
	Informação nutricional
	Armazenamento
	Conservação
	Preparo
	Instrução de Uso
Qualidade das Informações	Visibilidade
	Clareza nas informações
	Informações sobre atendimento ao consumidor
Embalagem	Visibilidade
	Limpeza

Fonte: Autores

Os ovos caipiras foram avaliados quanto:

- Identificação do termo "ovo caipira, colonial ou capoeira";
 - Identidade dos métodos de criação e arraçoamento das galinhas e/ou das galinhas caipiras;
 - Informação quanto ao uso de corantes/pigmentantes, autorizados;
 - Informação ao consumidor que o produto foi produzido de acordo com esta Norma;
 - Informação sobre as raças e linhagens utilizadas na produção de ovos caipiras (Facultativo).
- As embalagens foram avaliadas conforme:
- Tipo de material,
 - Visibilidade
 - Limpeza.

Os dados foram analisados de forma descritiva, estimando-se frequências relativas e absolutas das variáveis do estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a aquisição das amostras, observou-se que na identificação, 100% dos rótulos apresentaram informações sobre a origem dos ovos, inscrição e registro. Atendendo o que a Instrução Normativa nº 3, de 14 de março de 2019 determina (Quadro 1). Entretanto, 83,33% dos rótulos brancos e 83,33% dos rótulos de ovos vermelhos apresentaram informações quanto ao lote. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento (MAPA) no Decreto nº 9.013 de março de 2017, é obrigatório que os rótulos tenham informações do lote de alimentos para que sejam asseguradas a rastreabilidade, além disso, devem ser impressos, gravados ou declarados por meio de carimbo (5).

Todos os rótulos apresentaram informações sobre a classificação, tais como categoria, tipo, classe e grupo. Os rótulos são importantes para uma comunicação clara e precisa com os consumidores (9). Occhioni e Sousa (10), ao avaliarem a conformidade da rotulagem de ovos in natura comercializados no município do Rio de Janeiro – RJ perante as legislações em vigor identificou que 12,90% dos rótulos de ovos tipo caipiras não apresentaram classificação quanto a cor da casca nos rótulos. Os autores ressaltam que tal fator ocorre devido à falta de fiscalização adequada, para garantia do cumprimento da legislação.

Quadro 1 – Conformidade dos parâmetros de rótulos de ovos comercializados em São Luís – MA.

Agrupamento	Parâmetros	Conformidade de acordo com o Tipo de ovo			
		Branc o (n=6) %	Vermelh o (n=6) %	Enriquecid o (n=6) %	Caipir a (n=6) %
Identificação do produto	Origem	100	100	100	100
	Lote	83,33	83,33	100	100
	Inscrição	100	100	100	100
	Registro	100	100	100	100
Classificação	Categoria	100	100	100	100
	Tipo	100	100	100	100
	Classe	100	100	100	100
	Grupo	100	100	100	100
Segurança Sanitária	Data do prazo de Validade	100	100	100	100
	Carimbo de Serviço de Inspeção	100	100	100	100
	Informação nutricional	100	100	100	100
	Armazenamento	100	100	100	100
	Conservação	100	100	100	100
	Preparo	100	100	100	100
Qualidade das Informações	Instrução de Uso	100	100	100	100
	Visibilidade	83,33	83,33	100	100
	Clareza nas informações	83,33	83,33	83,33	83,33

	Informações sobre atendimento ao consumidor	83,33	83,33	100	66,67
Embalagem	Visibilidade	83,33	83,34	100	100
	Limpeza	83,34	83,33	100	100

Fonte: Autores

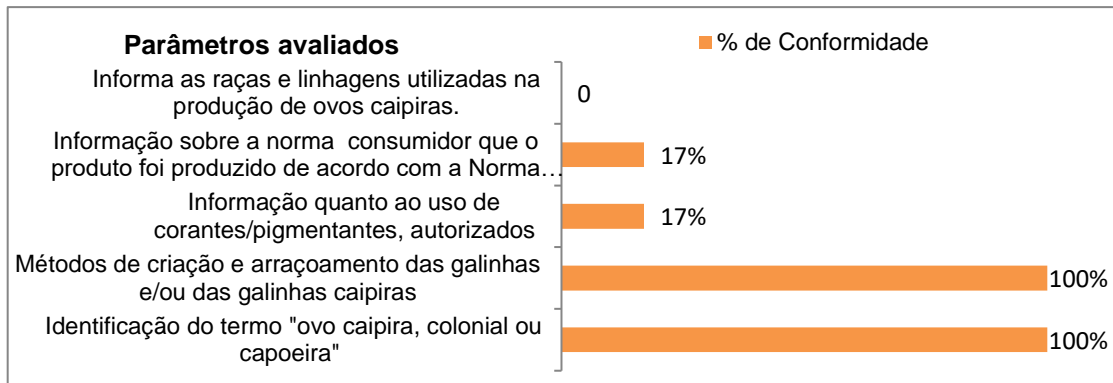
Referente à segurança sanitária, todos os rótulos dos ovos analisados apresentaram informação quanto à segurança sanitária, apresentando o prazo de validade, carimbo de serviço de inspeção, informação nutricional, armazenamento, conservação, preparo e instrução de uso. Resultados diferentes foram encontrados no município de Valença – RJ, por Netto *et al.* (11), que avaliaram a qualidade e rotulagem de 10 cartelas de ovos comercializados, segundo a legislação sanitária vigente. Os mesmos verificaram que 50% dos rótulos avaliados não possuíam informação nutricional dos ovos.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (6) de acordo com a Resolução nº 35, de 17 de Junho de 2009 estabelece a obrigatoriedade de inclusão na rotulagem de ovos a instrução sobre forma de conservação e consumo, devendo constar informação em destaque com letras legíveis com as expressões “O consumo deste alimento cru ou mal cozido pode causar danos à saúde” e “Manter os ovos preferencialmente refrigerados” como forma de auxiliar o consumidor do risco associado à presença de *Salmonella* spp. em ovos (6). Ressalta-se a importância destas informações sobre a forma de armazenamento e refrigeração, com o intuito de redução do risco de multiplicação deste microrganismo. *Salmonella* spp. é um dos principais patógenos relacionados ao consumo de ovos, podendo causar intoxicações gastrointestinais, podendo colocar a saúde do consumidor em risco (12).

Quanto à qualidade das informações, a ANVISA (13), determina que todo rótulo deve ser impresso ou marcado com as informações de forma que seja visível, legível e indelével. Neste aspecto, 100% dos rótulos de ovos de maior valor econômico (tipo enriquecidos e caipiras) apresentaram em conformidade, com informações de maneira clara e visível (Quadro 1). No entanto, 16,67% dos rótulos dos ovos convencionais não atenderam este requisito. As embalagens de ovos brancos e ovos vermelhos não apresentaram visibilidade satisfatória, os textos com informações sobre atendimento ao consumidor e informações referentes ao modo de consumo apresentavam falhas e as informações sobre o serviço de atendimento estavam de difícil entendimento.

Em relação aos rótulos de ovos do tipo caipira (Gráfico 1) as informações sobre identificação do termo “ovo caipira ou capoeira” e o método de criação e arraçamento, em 100% dos rótulos avaliados apresentaram conformidade, esclarecendo ao consumidor sobre a identidade do produto. Contudo apenas 17% dos rótulos avaliados possuía identificação sobre o uso de pigmentantes e a norma no qual produto foi produzido. Apesar de ser facultativo, nenhum rótulo avaliada continha informações sobre a raça e linhagem utilizadas na produção destes ovos. Devido ao aumento de consumidores que prezam pela qualidade e bem-estar animal, as informações sobre a produção, manejo e nutrição garantem maior segurança aos consumidores (14).

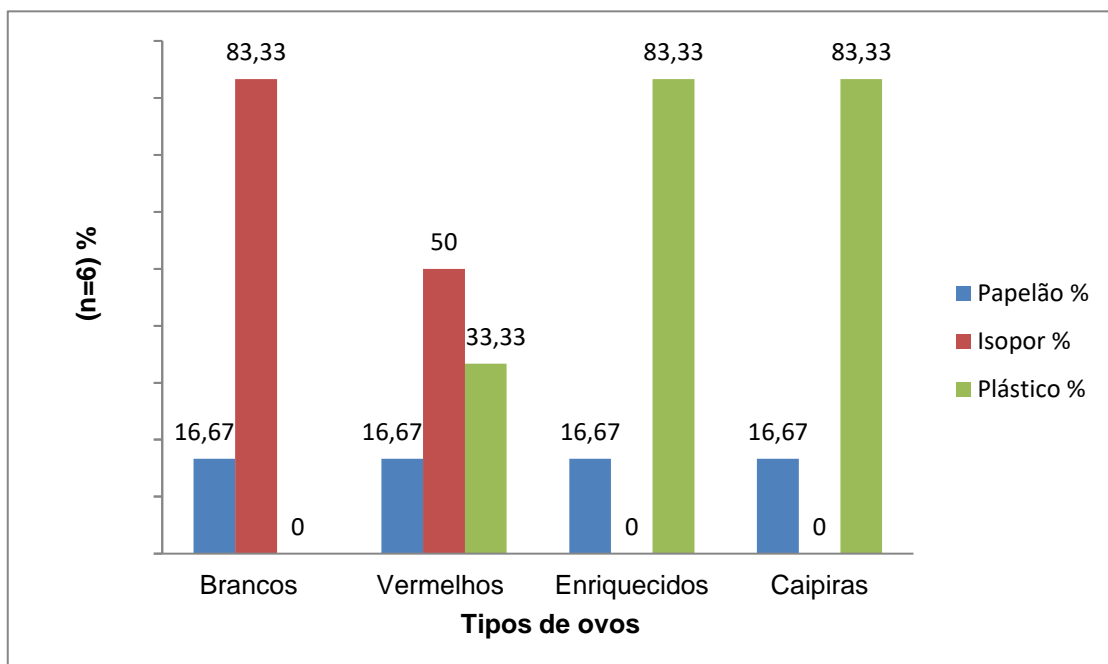
Gráfico 1 – Conformidade dos rótulos de ovos tipo caipira em porcentagem comercializados em São Luís – MA.



Fonte: Autores.

Avaliando a qualidade de limpeza das embalagens foi possível observar que 16,66% das embalagens de ovos brancos e 16,66% de ovos de ovos vermelhos não estavam conforme a legislação, pois apresentavam sujidades nas embalagens (Gráfico 2). Entretanto, 100% das embalagens de ovos enriquecidos e caipiras apresentaram em conformidade. Os resultados possivelmente podem ser justificados pelo menor valor de comercialização destes ovos e por serem opções para consumidores menos exigentes em comparação aos ovos enriquecidos e caipiras.

Gráfico 2 – Tipos de embalagens e ovos comercializados em São Luís – MA.



Fonte: Autor

A qualidade da embalagem é de extrema importância, pois auxilia na melhor visualização do produto por parte do consumidor, além de manter a integridade nutricional e aparência dos ovos (15). Em relação ao tipo de material de embalagem, verificou-se que a maioria das embalagens dos ovos convencionais era de isopor, enquanto os ovos caipiras e enriquecidos eram de material plástico (Gráfico 2). As embalagens além de fornecer

proteção aos ovos contra quedas, manutenção da qualidade interna com a redução de trocas gasosas que ocorrem através da casca, também possuem a função de preservar, conservar e garantir a vida útil (16).

O principal causador de deterioração dos ovos é a perda do gás carbônico através da casca dos ovos, e a temperatura de armazenamento do produto se não for efetuada da forma correta pode acelerar a formação de CO₂. Por este motivo a embalagem possui um papel importante na manutenção da qualidade dos ovos, pelo fato de ser mais prática na preservação da qualidade interna dos ovos (16).

Helman *et al.*, ao avaliarem o efeito do tempo, temperatura e embalagens durante o armazenamento de ovos de galinhas comerciais, observaram que os ovos armazenados em embalagens de isopor apresentaram alta qualidade interna e externa em comparação aos cobertos por filme plásticos que após 7 dias perderam significativamente a qualidade em temperatura ambiente (15). Diana e colaboradores apresentaram resultados parecidos, quando avaliou a qualidade de ovos acondicionados em diferentes tipos de embalagens e armazenados em postos de comercialização no município de São João Del – Rei - MG, ao longo de 35 dias, os autores afirmaram que as embalagens de plástico e isopor apresentaram melhores resultados, pois atuaram como barreiras físicas diminuindo as trocas gasosas entre o ovo e o ambiente. As embalagens de celulose não asseguraram a qualidade interna dos ovos, pois ocorreu a perda de peso (17).

Os materiais utilizados nas embalagens influenciam diretamente no valor final do produto, cada material determina a característica de conservação dos alimentos. As indústrias, especialmente de alimentos, buscam formas de desenvolver embalagens que utilizem quantidade possível de material para um mesmo produto. Buscando formas de diminuir o impacto ambiental (18).

CONCLUSÕES

Os rótulos de diferentes tipos de ovos comercializados no município de São Luís - MA, encontram-se em conformidade para a identidade, classificação e segurança alimentar do produto. Os ovos de sistemas convencionais possuem rótulos com menor qualidade visual e de limpeza que ovos caipiras e enriquecidos. Os rótulos e embalagens comercializados garantem ao consumidor confiabilidade e segurança no produto adquirido.

AGRADECIMENTOS

Ao IFMA – Campus São Luís Maracanã, pelo apoio estrutural acadêmico-científico para o desenvolvimento desta pesquisa. A FAPEMA – Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão, pelo apoio financeiro para execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Sanches D, Regina De Moraes Garcia E, Da Cunha De Andrade G, Ramos De Ávila L. PERFIL DO CONSUMIDOR DE OVOS DE GALINHA NO MUNICÍPIO DE AQUIDAUANA-MS CONSUMER PROFILE OF CHICKEN EGGS IN THE MUNICIPALITY OF AQUIDAUANA, MS [Internet]. Disponível em: <https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/download/508/304>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.
2. Penido FCL, Souza KD, Rezende FAGG. Aplicabilidade da Legislação Brasileira para a Rotulagem de Alergênicos Contidos em Biscoitos Industrializados. Ensaios e Ciência: C Biológicas, Agrárias e da Saúde [Internet]. 2019 Jun 19;23(1):35. Disponível em: <https://revista.pgskroton.com/index.php/ensaioeciencia/article/view/6449/4583>. Acesso em 10 de março de 2022.
3. López M, Carrascosa C, Millán R, Hitatí Negro G, Raposo A, Sanjuán E. Estudo do cumprimento da rotulagem em diferentes tipos de ovos frescos de granja para consumo humano comercializados em Gran Canaria (Espanha) – Uma proposta de rotulagem de ovos para os produzidos nas Ilhas Canárias. Revista Biomédica e Pesquisa Biofarmacêutica. 2018 Dec;15(2):138–55.
4. Amaral GF, Guimarães DD, Nascimento JC de OF do, Custodio S. Avicultura de postura : estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. webndesgovbr [Internet]. 2016 Mar 1; Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9579>. Acesso em: 22 de março de 2022.
5. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2017). Decreto nº9.013 de 29 de março de 2017. Dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Recuperado de https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/.BRASIL.Ministério_da_Agricultura,_Pecuária_e_Abastecimento.Decreto_nº_9.013_de_29_de_março_de_2017. Brasília, DF, 2017.
6. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - Resolução RDC nº.35, de junho de 2009. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece instruções de conservação e consumo na rotulagem de ovos. Diário Oficial da União, Brasília, 18 de junho de 2009. Acesso em 28 de janeiro de 2022.
7. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ofício Circular nº 69/2019/DIPOA/DAS/MAPA, de 16 de julho de 2019. Dispõe sobre o processamento e rotulagem de ovos caipira, colonial ou de capoeira e revoga o Ofício Circular/DIPOA nº 60/99, de 04/11/1999. Brasília, DF: MAPA, 2019. Disponível em: <http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2019/07/Oficio-Circular-no-69-2019-DIPOA-SDA-MAPA-ovos-caipiras.pdf>>. Acesso em: 20 jan 2022.
8. BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Divisão de Inspeção de Carnes e Derivados – DICAR. Resolução 005 de 19/11/91 da Coordenação de Inspeção de Produtos de Origem Animal - CIPOA. 1991. Disponível em:

- <https://sidago.agrodefesa.gov.br/site/adicionaispropios/protocolo/arquivos/409894.pdf> > . Acesso em 21 de janeiro de 2022.
9. Bazanella PC, Alves MK. Rotulagem de Ovos e Mel: Avaliação de Conformidades à Legislação Vigente. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*. 2019 Dec 9;23(2):94.
 10. Occhioni CV de O, Sousa MRP de. Avaliação da rotulagem de ovos comercializados no município do Rio de Janeiro - RJ. *Hig aliment* [Internet]. 2016;148–51. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-832060>. Acesso em fevereiro de 2022.
 11. Corrêa Netto LB, Silva LM da, Xavier MMBBS. Qualidade e rotulagem de ovos comercializados no município de Valença - RJ. *Pubvet* [Internet]. 2018 Sep;12(9):1–9. Disponível em: <http://pubvet.com.br/uploads/524153398fe87c7e217add2470d996bb.pdf>. Acesso em 21 de janeiro de 2021.
 12. Almeida C, Friebel D, Brizolla Da Rosa R, Mary J, Gelinski L. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS DA CASCA E GEMA DE OVOS IN NATURA [Internet]. [cited 2023 Feb 7]. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/apeuv/article/download/13684/7277>. Acesso em janeiro de 2023.
 13. ANVISA (Brasil). Resolução RDC nº 259, de setembro de 2002. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem de Alimentos Embalados. *Diário Oficial da União*, 23 de setembro de 2002.
 14. Saulo S. Avaliação da qualidade de ovos caipira: uma revisão. *Ifsedubr* [Internet]. 2021; Disponível em: <https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/handle/123456789/1589>. Acesso em novembro de 2022.
 15. Helman EAC, Lemos MJ de, Galindo EL de O, Marquezine PCCR, Santos JC dos, Silva JB da, et al. A importância do tempo, temperatura e embalagem durante o armazenamento de ovos comercializados em estabelecimentos varejistas do bairro do Recreio dos Bandeirantes no município do Rio de Janeiro - RJ / The importance of time, temperature and packing during storage of eggs commercialized in single selling commerce in Recreio dos Bandeirantes neighbourhood, in Rio de Janeiro county, Rio de Janeiro State. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 2020;3(4):4365–75.
 16. Figueiredo TC de. Influência das condições e do período de armazenamento nas características físico-químicas, microbiológicas e nos níveis de amins bioativas em ovos para exportação. *pesquisabvsaludorg* [Internet]. 2012 [cited 2023 Feb 7];113–3. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-714>. Acesso em dezembro de 2021.

17. Diana TF, Cobucci JM, Marques KC, Teixeira A de O, Brighenti CRG, Ferreira VP de A, et al. Qualidade de ovos acondicionados em diferentes tipos de embalagens e armazenados em postos de comercialização no Município de São João del-Rei, MG. *Research, Society and Development*. 2020 Aug 20;9(9):e328997337.

18. Landim APM, Bernardo CO, Martins IBA, Francisco MR, Santos MB, Melo NR de. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. *Polímeros* [Internet]. 2016 Jan 19;26(spe):82–92. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/po/2016nahead/0104-1428-po-0104-14281897.pdf>. Acesso em 20 de janeiro de 2022.



TOXICOLOGIA DOS ALIMENTOS

RISCO POTENCIAL ASSOCIADO A OCORRÊNCIA DE AFLATOXINA M₁ EM LEITE CRU REFRIGERADO

Cristina Hallal de Freitas, *; Karen Vanessa Marimon Sibaja, ; Giniani Carla Dors* ; Eliana Badiale-Furlong ; Rosana Basso Kraus ; Pedro Rassier dos Santos ; Patricia da Silva Nascente 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: dorsgi@yahoo.com.br

Resumo: A aflatoxina M₁ é uma micotoxina resultante da hidroxilação da aflatoxina B₁ que pode ocorrer no leite após a ingestão de ração contaminada pelo animal. Este trabalho apresenta um estudo piloto realizado no sul do Rio Grande do Sul com a coleta de 23 amostras de leite de tanques de refrigeração de seis propriedades de pequeno porte. As amostras foram avaliadas quanto a presença das aflatoxinas M₁ e B₁ utilizando o método de QuEChERS para extração e a cromatografia líquida de alta eficiência com detector de fluorescência para a quantificação. A aflatoxina M₁ foi detectada em 78% das amostras, com níveis que variaram de 0,34 a 1,1 µg L⁻¹. Das amostras contaminadas, 67% apresentaram valores acima do limite máximo permitido pela legislação brasileira para leite fluído (0,5 µg L⁻¹). Foi realizada uma projeção de avaliação de risco potencial levando-se em consideração o nível médio de contaminação do leite por aflatoxina M₁ encontrado neste estudo (0,63 µg L⁻¹) e a estimativa da ingestão diária (EID) calculada foi de 3,0 e 10,0 ng Kg⁻¹ massa corporal dia⁻¹ para adultos e crianças, respectivamente. A EID para adultos está de acordo com o Comitê de Especialistas da FAO/OMS, porém o valor obtido para crianças é, aproximadamente, três vezes maior. A partir dos resultados obtidos fica evidente a necessidade de investimento em treinamento para pequenos produtores leiteiros, além do acompanhamento na implementação de Boas Práticas, sendo esta a principal maneira de prevenir a contaminação por micotoxinas, consideradas contaminantes naturais e inevitáveis.

Palavras-chave: aflatoxinas; HPLC-FL; QuEChERS

INTRODUÇÃO

O leite é considerado um alimento completo em termos nutricionais, sendo fonte de proteínas, lipídios, carboidratos, minerais e vitaminas que contribuem para à manutenção da saúde humana (1) e o Brasil é o terceiro maior produtor mundial, com produção em 98% dos municípios brasileiros, tendo a predominância de pequenas e médias propriedades. Em 2021, produziu mais de 35 bilhões de litros, sendo que 12% deste total, mais de 4 bilhões de litros, foram produzidos no Rio Grande do Sul (2) e, de acordo com o relatório da EMATER (3), a região sudeste do Estado foi responsável por 3,3% deste total.

Entretanto, o leite pode se tornar prejudicial à saúde dos consumidores quando contaminado com aflatoxina M₁, que é um metabólito resultante da hidroxilação da aflatoxina B₁, micotoxina que pode estar presente na alimentação animal (4). A taxa de excreção da toxina no leite depende de vários fatores que estão relacionados com o tipo de dieta, nível de contaminação por aflatoxina B₁, quantidade ingerida, raça do animal, nível de

produção, estágio de lactação e estado de saúde do gado leiteiro (5), sendo encontrado na literatura valores de transferência de aflatoxina M₁ para o leite variando de 0,1 a 6% (6).

A contaminação do leite por aflatoxina M₁ no Brasil tem sido relatada por diversos autores (7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17). Além da ocorrência de aflatoxina M₁ em leite estudos relataram também a presença de aflatoxina B₁ (18, 19, 20). Estes resultados representam maior preocupação, uma vez que a toxicidade da aflatoxina B₁ é maior do que a aflatoxina M₁. De acordo com a IARC (21) a aflatoxina B₁ é considerada carcinógeno humano (grupo 1) e a aflatoxina M₁ é um provável carcinógeno (grupo 2B). Portanto, a presença de aflatoxinas no leite representa um risco para a saúde humana devido a toxicidade relacionada a efeitos hepatotóxicos, imunossupressores, teratogênicos, mutagênicos e carcinogênicos (22). Outro problema se refere a alta estabilidade destas micotoxinas aos métodos de processamento (23, 24)

Sabendo que as micotoxinas são contaminantes naturais e inevitáveis de importantes *commodities* que impactam severamente a saúde animal e humana, a modelagem de exposição a estes contaminantes e a avaliação de risco podem ser ferramentas valiosas na estimativa de risco (6), pois, com a avaliação da situação real, é possível desenvolver e implementar ações que visem reduzir os riscos referentes a contaminação do leite. Com este objetivo, vários países estabeleceram o limite máximo permitido para essa substância em leite e seus derivados. No Brasil o limite para leite cru é de 0,5 µg kg⁻¹, para leite em pó 5 µg kg⁻¹ e queijos 2,5 µg kg⁻¹ (25). Para a aflatoxina B₁ ainda não existem limites legislados, mas existem relatos disponíveis na literatura sobre a presença de aflatoxina B₁ no leite, indicando que pode não ocorrer a completa conversão de B₁ em M₁ (18, 19, 20). Devido a ocorrência de aflatoxina M₁ encontrada e por se tratar de substância altamente tóxica vários autores avaliaram a exposição da aflatoxina M₁ em leite e produtos lácteos (26, 27, 28, 29, 30).

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo piloto em pequenas propriedades leiteiras da região Sul do Rio Grande do Sul, analisando a ocorrência de aflatoxinas M₁ e B₁ em amostras de leite cru refrigerado e realizar uma projeção da exposição aos riscos através da estimativa de ingestão diária por adultos e crianças.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta das amostras de leite

Foram coletados 30 mL de leite cru diretamente do tanque de refrigeração, após homogeneização, e armazenados sob congelamento até o momento das análises. As coletas foram realizadas em seis propriedades leiteiras de pequeno porte localizadas na região sul do Rio Grande do Sul, Brasil. Uma propriedade (Propriedade A) localizada no município de Capão do Leão e as demais (Propriedades B, C, D, E e F) no município de Arroio Grande. O número de amostras coletadas foram 12, 3, 3, 2, 2 e 1, das propriedades A, B, C, D, E e F, respectivamente, totalizando 23 amostras.

Reagentes e padrões

Os padrões das aflatoxinas B₁ e M₁ foram adquiridos da Sigma-Aldrich Chemical Company; a acetonitrila, o metanol e o cloreto de sódio (pureza > 99%) da J.T.Baker; o ácido acético (pureza > 99%) da Vetec; o sulfato de magnésio (pureza > 95%) da Caledon Laboratory; o hexano (pureza > 96%) e o tolueno (pureza > 99%) da Merck. A água foi ultrapurificada em sistema Direct-Q UV3 Milipore (resistividade 18,2 MΩ cm). A solução

estoque de aflatoxina M₁ (0,1 µg L⁻¹) e de aflatoxina B₁ (0,2 µg L⁻¹) foram armazenadas em frascos a -20 °C antes do uso.

Extração das aflatoxinas

A extração das aflatoxinas M₁ e B₁ foi realizada de acordo com o procedimento de QuEChERS, descrito por Sartori et al. (12) com algumas modificações. Os tubos tipo Falcon contendo 30 mL de amostra de leite descongelado foram centrifugados três vezes por 5 min a 3000 x g para remoção da camada de gordura. A amostra analítica (5 mL) foi transferida para tubo de centrífuga e foram adicionados 10 mL de hexano e 15 mL de acetonitrila (1% de ácido acético, v v⁻¹) seguido de agitação manual durante 1 min. Logo após, 6 g de sulfato de magnésio e 1,5 g de cloreto de sódio foram adicionados à mistura e os tubos foram agitados em vórtex durante 1 min e 30 s e, em seguida, centrifugados a 2330 x g durante 7 min. Em seguida, uma alíquota de 5 mL da fase orgânica contendo acetonitrila foram coletadas em frasco âmbar e submetidas a secagem em banho-maria a 60°C. Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

Quantificação das aflatoxinas

A quantificação das aflatoxinas foi realizada no Laboratório de Micotoxinas e Ciência de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Foi utilizado um cromatógrafo líquido de alta eficiência acoplado a detector de fluorescência com derivatizador fotoquímico pós-coluna (Romer Derivatization Unit RDU TM) e processamento no software LC Solution. A análise cromatográfica foi realizada em coluna Kromasil C18 (5 µm, 15 cm x 4,6 mm), com vazão de fase móvel de 1 mL min⁻¹ e temperatura do forno de 40°C. Os comprimentos de onda de excitação e emissão foram 370 e 410 nm, respectivamente.

Para determinação do limite de detecção (LOD) e de quantificação (LOQ) foram feitas injeções de diferentes concentrações da solução padrão de trabalho, até que se obtivesse uma relação de 3:1 e 10:1, respectivamente, entre o pico do analito e o ruído da linha de base. Foram preparadas curvas analíticas para verificar a sensibilidade e linearidade na faixa de trabalho das concentrações.

A quantificação foi realizada conforme método descrito por Gonçalves et al. (19), com modificações. O volume de injeção da amostra foi de 20 µL e o tempo da análise cromatográfica foi de 12 min. Os extratos foram eluídos em fase móvel composta por acetonitrila: metanol: água ultrapura (24:15:60, v v⁻¹). O composto foi identificado com base no tempo de retenção dos padrões das aflatoxinas B₁ e M₁ (6,6 e 11,3 min, respectivamente) e, para confirmação, foi realizada co-cromatografia adicionando solução padrão à amostra, promovendo o aumento de sinal.

A exatidão foi avaliada em termos de recuperação do método, fortificando amostras de leite cru com os padrões das aflatoxinas B₁ e M₁ em três níveis (0,5; 2,5 e 5,0 µg kg⁻¹). As alíquotas dos padrões foram adicionadas a tubos tipo Falcon, evaporadas sob fluxo de nitrogênio, e posteriormente foram adicionados 5 mL da amostra que foram extraídas e quantificadas conforme descrito anteriormente. A porcentagem de recuperação foi obtida através da Equação I:

$$\%R = \frac{(C1 - C2)}{C3} \times 100 \quad (I)$$

Onde: %R = porcentagem de recuperação; C1 = concentração determinada na amostra fortificada; C2 = concentração determinada na amostra não fortificada e C3 = concentração do padrão utilizado para a fortificação.

Avaliação de risco potencial

A partir dos dados médios de ocorrência de aflatoxina M₁ obtidos para as amostras de leite cru neste trabalho, foi realizado um cálculo de projeção da exposição da população a este contaminante (Equação II). Para o cálculo, foram considerados os valores de consumo de leite por faixa etária e o peso de acordo com Santili et al. (2015), ou seja, 400 mL dia⁻¹ para crianças (23 kg) e 350 mL dia⁻¹ para adultos (60 kg).

$$EID = \frac{CmAFM_1}{PC} \times CD \quad (II)$$

Onde: EID = Estimativa de ingestão diária de AFM (ng Kg⁻¹ massa corporal dia⁻¹); CmAFM = concentração média de aflatoxina M₁ obtida neste estudo (ng kg⁻¹); CD = Consumo diário de leite (L dia⁻¹) e PC = Massa corporal estimada da população (kg).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de validação do método para determinação das aflatoxinas B₁ e M₁ nas amostras de leite cru estão apresentados na Tabela 1. Os ensaios de recuperação estão em conformidade com o recomendado pela Comissão Europeia (31), pois as recuperações médias (n=3) corresponderam a um intervalo de 65-110% com valores de RSD entre ± 11% e ± 18%. Os limites de detecção e de quantificação foram considerados adequados uma vez que estão menores que o limite máximo permitido para a aflatoxina M₁ vigente na legislação brasileira (0,5 µg kg⁻¹). Além disso, os coeficientes de correlação das curvas analíticas foram próximos de 0,98, garantindo a linearidade e a pouca dispersão do sinal gerado em função da variação da concentração na faixa de 0,01 a 2,0 µg L⁻¹.

Tabela 1 - Parâmetros analíticos do método para determinação das aflatoxinas em leite cru

Parâmetros	AFM ₁	AFB ₁
Curva analítica	y= 58636x-15880	y= 13214x-7530,1
R ²	0,99	0,98
Recuperação (%)	103	80
LD (µg L ⁻¹)	0,038	0,027
LQ (µg L ⁻¹)	0,125	0,083

Onde: R² = coeficiente de determinação; LD = limite de detecção; LQ = limite de quantificação

A aflatoxina B₁ não foi detectada em nenhuma amostra. A Tabela 2 apresenta os níveis de contaminação com aflatoxina M₁ das amostras de leite cru avaliadas nas diferentes propriedades participantes deste estudo.

Tabela 2 - Contaminação das amostras de leite cru refrigerado por aflatoxina M₁ nas diferentes propriedades coletadas.

Propriedade	NT	NC (%)	Média (µg L ⁻¹) ± DP
A	12	7 (58,3)	0,435 ± 0,09
B	3	3 (100)	0,838 ± 0,20

C	3	3 (100)	0,713 ± 0,12
D	2	2 (100)	0,736 ± 0,12
E	2	2 (100)	0,789 ± 0,16
F	1	1 (100)	0,723 ± 0,13

Onde: NT= número total de amostras coletadas na propriedade; NC= número de amostras contaminadas por aflatoxina M₁.

Avaliando os níveis de contaminação das amostras coletadas nas diferentes propriedades (Tabela 2) é possível observar que a propriedade A apresentou contaminação em 58,3% das amostras com o menor valor médio e abaixo do limite máximo preconizado pela legislação brasileira, quando comparada com as demais. Nas propriedades B, C, E e F, todas as amostras coletadas apresentaram contaminação por aflatoxina M₁, com valores médios acima do limite legislado. A média da contaminação encontrada nas amostras da propriedade A foi a menor, quando comparada com as médias das demais propriedades, sendo que esta apresentava adequada condição de armazenamento dos alimentos disponibilizados aos animais, enquanto que nas outras propriedades o armazenamento era feito de forma insatisfatória, expostos a umidade, o que pode justificar a elevada ocorrência e os altos níveis de contaminação obtidos nas amostras. Sabe-se que o controle das condições de armazenamento dos alimentos ingeridos pelos animais é fundamental para prevenir a contaminação do leite por aflatoxina M₁ (32).

É importante ressaltar também, de acordo com o relatório da EMATER (3), que 37,7% das propriedades do Rio Grande do Sul produzem até 150 L de leite por dia. Avaliando as propriedades em que a coleta foi realizada este foi o volume diário máximo, considerando a propriedade A, onde uma única amostra estava acima do limite permitido (0,6 µg L⁻¹). Nas demais propriedades a produção diária chegava até 50 L de leite encontrando-se os maiores níveis de contaminação (0,65 – 1,10 µg L⁻¹) em 100% das amostras analisadas. A produção de leite está presente em 137.449 propriedades rurais, distribuídas por 493 dos 497 municípios do Rio Grande do Sul que produzem alguma quantidade de leite com os mais variados destinos. Na grande maioria dos municípios (451 municípios, ou 90,74%), há produtores que vendem para indústrias, cooperativas ou queijarias, porém, também foi identificado o comércio informal de leite cru diretamente para consumidores e a comercialização de derivados lácteos de fabricação caseira, o que representa um risco à saúde dos consumidores em função da falta de controle sanitário (3). Este dado reitera a importância de se investir no repasse de informações, principalmente para pequenos produtores leiteiros, através treinamentos práticos para a implementação de boas práticas.

Tabela 3 - Estimativa da ingestão diária de aflatoxina M₁

Amostras positivas	Concentração mín-máx	Concentração média ± DP	>Limite	EID criança	EID adulto
N (%)	(µg L⁻¹)	(µg L⁻¹)	N (%)	ng Kg⁻¹ massa corporal dia⁻¹	
18 (78,3)	0,34 – 1,1	0,63 ± 0,2	12 (66,7)	10,9	3,0

Onde: N = número de amostras; mín = mínima; máx = máxima; DP = desvio padrão; >Limite = maior que limite máximo permitido pela legislação brasileira (0,5 µg kg⁻¹); EID = estimativa de ingestão diária

Das 23 amostras analisadas 78% estavam contaminadas com aflatoxina M_1 e destas 67% (Tabela 3) estavam com níveis acima do limite máximo permitido pela legislação brasileira. A Resolução da Diretoria Colegiada nº 7 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (25), limita o valor máximo para contaminação do leite por aflatoxina M_1 em $0,5 \mu\text{g kg}^{-1}$. Neste trabalho piloto foi encontrado nível médio de contaminação de $0,63 \mu\text{g L}^{-1}$, sendo que o valor mais elevado ($1,1 \mu\text{g L}^{-1}$) excedeu 100% do valor máximo permitido.

Valores de contaminação do leite por aflatoxinas acima do legislado também foram encontrados em outros estudos. Gonçalves et al. (15) avaliaram amostras de leite cru coletadas em tanques de resfriamento de 52 propriedades leiteiras de pequeno porte em Concórdia, Santa Catarina e 40,4% das amostras estavam com níveis de aflatoxina acima do permitido pela legislação. Santili, et al. (11) encontraram incidência de contaminação excedente ao limite máximo legislado bastante reduzido, quando comparado ao presente estudo, visto que das 635 amostras de leite cru, oriundas de 45 fazendas leiteiras de três regiões de São Paulo, 0,5% apresentaram valor acima de $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$. Picinin et al. (9) analisaram 129 amostras de leite cru de 43 fazendas leiteiras do estado de Minas e Gerais e 13,95% estavam acima do limite legislado. Sifuentes dos Santos et al. (33) avaliaram 54 amostras de leite cru, comparando sistemas orgânico e convencional, 87% das amostras estavam contaminadas com aflatoxina M_1 , porém nenhuma com valor acima do máximo permitido. Os autores verificaram que o sistema de produção não diferiu significativamente com relação a contaminação encontrada. A partir destes estudos fica evidente a importância do contínuo monitoramento em amostras de leite cru provenientes de diferentes regiões, sistemas de produção e tamanhos de propriedades, pois a partir do levantamento de dados que é possível avaliar as condições básicas utilizadas no sistema produtivo e planejar ações que reduzam a contaminação (aflatoxina M_1), minimizando, desta forma, o risco toxicológico.

Além do leite cru, a contaminação do leite processado por aflatoxina M_1 no Brasil tem sido relatada por diversos autores. Scaglioni et al. (18), analisaram 27 amostras de leite pasteurizado e UHT produzidos no Rio Grande do Sul e verificaram que 26% apresentavam contaminação com níveis 100% acima do valor legislado. Santos et al. (10) analisaram 42 amostras de leite comercializadas em Londrina, Paraná, e verificaram que 100% estavam contaminadas. Gonçalves et al. (19) verificaram que 68% das amostras de leite ($n=62$) obtidas do comércio de Rio Grande, Rio Grande do Sul, estavam contaminadas com níveis que variaram entre 40 a 3670 ng L^{-1} .

Elevada ocorrência e elevados níveis de contaminação do leite por aflatoxina M_1 também são constatadas em outros países. Sibaja et al. (20) investigaram 51 amostras de leite em pó de diferentes tipos (integral, desnatado, semidesnatado, sem lactose e fórmulas infantis) na Colômbia e 100% apresentaram contaminação por aflatoxina M_1 com níveis entre 0,2 a $1,19 \mu\text{g kg}^{-1}$. Santini et al (34) realizaram um levantamento em 73 amostras de leite na Sicília, Itália, e detectaram a presença de aflatoxina M_1 em 48% das amostras com concentrações variando entre 5,0 e $16,0 \text{ ng L}^{-1}$. Na Costa Rica, 70 amostras de leite foram coletadas no comércio local e 96,5% apresentaram contaminação em níveis que variaram entre 0,019 e $0,629 \mu\text{g L}^{-1}$ (35).

Mollayusefian et al., (36) elaboraram uma revisão sistemática com metanálise, avaliando a concentração e a prevalência de aflatoxina M_1 em diferentes tipos de leite a partir da análise de 199 artigos, baseado em diferentes países, animais e processamento (cru e pasteurizado). Os autores observaram que a concentração média global de aflatoxina M_1 em leite cru e pasteurizado foi de 57,36 e de $85,39 \text{ ng L}^{-1}$, respectivamente, e as maiores

concentrações do contaminante foram encontradas no leite de vaca cru e pasteurizado. A partir dos resultados, os autores explicaram que a maior concentração de aflatoxina M_1 em leite pasteurizado, comparado ao leite cru, indica o ponto crítico, ou seja, se o leite cru estiver altamente contaminado o processo de pasteurização não irá reduzir a concentração de aflatoxina a um nível aceitável. Isso acontece, pois a aflatoxina é termoestável, não sendo afetada por pasteurização ou tratamento UHT (ultra-high temperature) (37). Mollayusefian et al., (36) também chamaram atenção para a implementação de programas de controle e fornecimento de ração de boa qualidade para o gado, considerando que o consumo de leite e derivados é um hábito alimentar comum associado a benefícios à saúde, e, portanto, a incidência de aflatoxina M_1 deve ser monitorada e controlada continuamente. Portanto, como medida de controle da contaminação do leite por aflatoxina M_1 deve-se reduzir a contaminação por aflatoxina B_1 nos alimentos destinados aos animais, principalmente através da adoção de condições ideais de temperatura e umidade durante o armazenamento destes produtos (4).

Estes relatos devem constituir um alerta à saúde pública tendo em vista a elevada toxicidade da aflatoxina M_1 , classificada no grupo 2B, possivelmente carcinogênica para humanos (21). Neste sentido, embora os resultados apresentados neste artigo se referem a um estudo piloto, a estimativa da ingestão diária (EID) de aflatoxina M_1 para as amostras de leite cru foi calculada (Tabela 3), obtendo-se valores de 3 e 10 $ng\ Kg^{-1}\ massa\ corporal\ dia^{-1}$ para adultos e crianças, respectivamente. O valor para adultos está de acordo com a estimativa indicada pelo comitê de especialistas da FAO/OMS, que indica, para a população da América Latina a ingestão média de 3,5 ng de aflatoxina M_1 por dia (38). Porém, o valor EID para crianças está, aproximadamente, três vezes maior que o valor obtido para os adultos. É importante ressaltar que esta população é mais suscetível aos efeitos adversos das micotoxinas (39), pois a capacidade de biotransformação de carcinógenos das crianças é geralmente mais lenta que em adultos, logo o efeito cumulativo de exposições repetidas, por longos períodos, a pequenas doses, é um fator preocupante (40).

Na literatura há vários estudos que estimaram a ingestão diária da aflatoxina M_1 a partir dos dados de amostras de leite avaliadas em cada trabalho. Shundo et al. (41) com valor médio diário de 0,08 $ng\ Kg^{-1}\ massa\ corporal\ dia^{-1}$ para adultos. Santili et al. (11), determinaram 0,358 e 0,120 $ng\ Kg^{-1}\ massa\ corporal\ dia^{-1}$ para crianças e adultos, respectivamente. Gonçalves et al. (19), encontraram 1,7 $ng\ Kg^{-1}\ massa\ corporal\ dia^{-1}$ para adultos. Sibaja et al. (20) obtiveram 8,0 e 13,0 $ng\ Kg^{-1}\ massa\ corporal\ dia^{-1}$ para adultos e crianças, respectivamente. Outros trabalhos obtiveram EID com valores bastante variáveis: 0,09 ng na França (42); 1,42 ng na Sérvia (43); 3,42 ng no Paquistão (44) e 0,107 ng no Irã (45). Os relatos com valores de ingestão diário mais baixos não devem ocasionar despreocupação, uma vez que a população está exposta a outras fontes de contaminação por aflatoxina M_1 , como produtos a base de leite e produtos lácteos (20). De acordo com Oliveira et al. (46) é recomendado o menor grau de exposição possível a este contaminante, principalmente por crianças, que são consideravelmente mais sensíveis aos efeitos tóxicos de compostos químicos veiculados pelos alimentos.

Portanto, Patyal et al. (47) que avaliaram a ocorrência de aflatoxina M_1 em leite cru e identificaram os fatores de risco associados a três diferentes sistemas de pecuária, chegaram a conclusão que a qualidade da ração e o cuidado no armazenamento foram significativamente associadas à presença de aflatoxinas nas amostras. Como em outros trabalhos, estes autores também chamaram atenção quanto a alta prevalência e os níveis encontrados, o que representa um risco à saúde dos consumidores, especialmente crianças.

Por isso, é necessário esforços conjuntos para criar consciência entre os produtores sobre a contaminação por aflatoxinas dos alimentos destinados aos animais e o leite, proporcionando melhorias nas práticas de manejo na fazenda, afim de controlar o nível de aflatoxina M₁ no leite cru para abaixo dos limites legais.

CONCLUSÕES

A partir deste estudo piloto foi possível verificar a contaminação por aflatoxina M₁ em 78,3% das amostras analisadas, com níveis que variaram entre 0,34 a 1,1 µg L⁻¹, com média de 0,63 µg L⁻¹, sendo que 67% das amostras contaminadas estavam com níveis acima dos limites máximos permitidos pela legislação brasileira. A partir destes dados foi calculada a estimativa da ingestão diária da aflatoxina M₁ para adultos e crianças, obtendo-se os valores de 3,0 e 10 ng Kg⁻¹ massa corporal dia⁻¹, respectivamente.

Esses resultados sugerem a necessidade de investimento em treinamento para pequenos produtores leiteiros, além do acompanhamento na implementação de Boas Práticas, sendo esta a principal maneira de prevenir a contaminação por micotoxinas, consideradas contaminantes naturais e inevitáveis.

REFERÊNCIAS

1. Sharabi, S, Okun, Z, Shpigelman, A. Changes in the shelf life stability of riboflavin, vitamin C and antioxidant properties of milk after (ultra) high pressure homogenization: Direct and indirect effects. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2018;47:161-169.
2. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal [internet]. [acesso em 10 fev 2023]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>
3. EMATER. Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural. Relatório socioeconômico da cadeia produtiva do leite no Rio Grande do Sul: 2021. Porto Alegre; 2021.
4. Edmond EC. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe: Review article. *Toxicol. Lett*. 2002;127:19-28.
5. Freitas CH, Gonçalves CL, Nascente, OS. Aflatoxins B₁ and M₁: risks related to milk produced in Brazil. *Ann. Microbiol*. 2018;68:793-802.
6. Coffey R, Cummins E, Ward S. Exposure assessment of mycotoxins in dairy milk. *Food control*, 2009;20(3):239-249.
7. Londoño VAG, Boasso AC, de Paula MCZ, Garcia LP, Scussel VM, Resnik S, Pacín A. Aflatoxin M₁ survey on randomly collected milk powder commercialized in Argentina and Brazil. *Food control*. 2013;34(2):752-755.

8. de Oliveira CP, Soares NDF, de Oliveira TV, Júnior JCB, da Silva WA. Aflatoxin M₁ occurrence in ultra high temperature (UHT) treated fluid milk from Minas Gerais/Brazil. *Food control*. 2013;30(1):90-92.
9. Picinin, LCA, Cerqueira MMOP, Vargas EA, Lana ÂMQ, Toaldo IM, Bordignon-Luiz MT. Influence of climate conditions on aflatoxin M₁ contamination in raw milk from Minas Gerais State, Brazil. *Food Control*. 2013;31(2):419-424.
10. Sifuentes dos Santos J, França V, Katto S, Santana EH. Aflatoxin M₁ in pasteurized, UHT milk and milk powder commercialized in Londrina, Brazil and estimation of exposure. *Archivos latinoamericanos de nutricion*. 2015;65(3):81-185.
11. Santili ABN, de Camargo AC, Nunes RDSR, Gloria EMD, Machado PF, Cassoli LD et al. Aflatoxin M₁ in raw milk from different regions of São Paulo state–Brazil. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2015;8(3):207-214.
12. Sartori AV, Swensson de Mattos J, de Moraes MHP, da Nóbrega AW. Determination of aflatoxins M₁, M₂, B₁, B₂, G₁, and G₂ and ochratoxin A in UHT and powdered milk by modified QuEChERS method and ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Food analytical methods*. 2015; 8(9):2321-2330.
13. Silva MV, Janeiro V, Bando E, Machinski JrM. Occurrence and estimative of aflatoxin M₁ intake in UHT cow milk in Paraná State, Brazil. *Food Control*. 2015;53:222-225.
14. de Oliveira Ramos CEC, Damasceno JC, Kazama R, Vieira TSWJ, Zambom MA, Ferreira FG, dos Santos GT. Seasonal milk contamination by aflatoxin M₁, organophosphates and carbamates in Paraná–Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*. 2016;37(4):2145-2153.
15. Goncalves L, Dalla Rosa A, Gonzales SL, FELTES MMC, Badiale-Furlong E, Dors GC. Incidence of aflatoxin M₁ in fresh milk from small farms. *Food science and technology*. 2017;37:11-15.
16. Becker-Algeri TA, Souza C, Bortoli K, Castagnaro D, Scaglioni PT, Drunkler DA et al. Seasonal variation of milk quality: Physicochemical, microbiological, and toxicological. *Journal of Food Safety*. 2020;40(4):e12796.
17. Corassin CH, Borowsky A, Ali S, Rosim RE, de Oliveira CAF. Occurrence of Aflatoxin M₁ in Milk and Dairy Products Traded in São Paulo, Brazil: An Update. *Dairy*. 2020;3(4):842-848.
18. Scaglioni PT, Becker-Algeri T, Drunkler D, Badiale-Furlong E. Aflatoxin B₁ and M₁ in milk. *Analytica chimica acta*. 2014;829:68-74.
19. Gonçalves KDM, Sibaja KVM, Feltrin ACP, Remedi RD, de Oliveira Garcia S, Garda-Bufferon, J. Occurrence of aflatoxins B₁ and M₁ in milk powder and UHT

- consumed in the city of Assomada (Cape Verde Islands) and southern Brazil. *Food Control*. 2018;93:260-264.
20. Marimón Sibaja KV, Gonçalves KDM, Garcia SDO, Feltrin ACP, Nogueira WV, Badiale-Furlong E, Garda-Buffon J. Aflatoxin M₁ and B₁ in Colombian milk powder and estimated risk exposure. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2019;12(2):97-104.
 21. IARC. International Agency of Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon; 2002.
 22. Bennett JW, Klich M. Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*. 2013;16(3):497-516.
 23. Fernandes AM, Corrêa B, Rosim RE, Kobashigawa E, Oliveira CAFD. Distribution and stability of aflatoxin M₁ during processing and storage of Minas Frescal cheese. *Food control*. 2012; 24(1-2):104-108.
 24. Iha MH, Barbosa CB, Okada IA, Trucksess MW. Aflatoxin M₁ in Milk and Distribution and Stability of Aflatoxin M₁ during Production and Storage of Yoghurt and Cheese. *Food Control*. 2013; 29: 1–6.
 25. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 07, de 18 de Fevereiro de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. *Diário Oficial da União*. 09 mar 2011; Seção 1.
 26. Ishikawa AT, Takabayashi-Yamashita CR, Ono E, Bagatin AK, Rigobello FF, Kawamura O, et al. Exposure assessment of infants to aflatoxin M₁ through consumption of breast milk and infant powdered milk in Brazil. *Toxins*. 2016;8(9):246.
 27. Milićević DR, Spirić D, Radičević T, Velebit B, Stefanović S, Milojević L, Janković S. A review of the current situation of aflatoxin M₁ in cow's milk in Serbia: risk assessment and regulatory aspects. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2017;34(9):1617-1631.
 28. Serraino A, Bonilauri P, Kerekes K, Farkas Z, Giacometti F, Canever A, et al. Occurrence of aflatoxin M₁ in raw milk marketed in Italy: Exposure assessment and risk characterization. *Frontiers in Microbiology*. 2019;10:2516.
 29. Turna NS, Wu F. Aflatoxin M₁ in milk: A global occurrence, intake, & exposure assessment. *Trends in Food Science & Technology*. 2021;110:183-192.
 30. Marimon Sibaja K V, Garcia SDO, Nogueira WV, de Oliveira FK, Badiale-Furlong E, Garda-Buffon J. Dietary exposure assessment of aflatoxin M₁ in milk and dairy products of Latin America. *Food reviews international*. 2022;38(sup1):669-682.

31. CE. Comunidade Europeia. Regulamento nº 401 da Comissão de 23 de Fevereiro de 2006 que estabelece os métodos de amostragem e de análise para o controle oficial dos teores de micotoxinas nos gêneros alimentícios. Jornal Oficial da União Europeia. 09 mar 2006.
32. Rosa AF, Ocorrência natural de aflatoxina M₁ e parâmetros de qualidade do leite em propriedades do Estado de São Paulo [dissertação]. Nova Odessa: Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios; 2014.
33. Sifuentes dos Santos J, Granella V, Pigatto GM, Reiniger LRS, Costabeber IH. Aflatoxin M₁ in pasteurized and raw milk from organic and conventional systems. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 2016;11:299-304.
34. Santini A, Raiola A, Ferrantelli V, Giangrosso G, Macaluso A, Bognanno M, et al. Aflatoxin M₁ in raw, UHT milk and dairy products in Sicily (Italy). *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2013;6(3):181-186.
35. Chavarría G, Granados-Chinchilla F, Alfaro-Cascante M, Molina A. Detection of aflatoxin M₁ in milk, cheese and sour cream samples from Costa Rica using enzyme-assisted extraction and HPLC. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2015;8(2):128-135.
36. Mollayusefian I, Ranaei V, Pilevar Z, Cabral-Pinto MM, Rostami A, Nematolahi A. The concentration of aflatoxin M₁ in raw and pasteurized milk: A worldwide systematic review and meta-analysis. *Trends in Food Science & Technology* 2021;115:22-30.
37. Galvano F, Galofaro V, Galvano G. Occurrence and stability of aflatoxin M₁ in milk and milk products: a worldwide review. *Journal of Food protection*. 1996; 59(10):1079-1090.
38. JECFA. Joint FAO/WHO expert committee on food additives. Safety evaluation of certain mycotoxins in food/ prepared by fifty-sixth meeting of the Joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA) n° 47. FAO [internet]; 2001 [acesso em 27 Fev 2023]. Disponível em: <https://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v47je01.htm>
39. Sylos CMD, Amaya DR. Estudo comparativo de métodos para determinação de aflatoxina M₁. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*. 1996;87-97.
40. Lopez C, Ramos L, Ramadan S, Bulacio L, Perez J. Distribution of aflatoxin M₁ in cheese obtained from milk artificially contaminated. *International journal of food microbiology*. 2001;64(1-2):211-215.
41. Shundo L, Navas SA, Lamardo LCA, Ruvieri V, Sabino M. Estimate of aflatoxin M₁ exposure in milk and occurrence in Brazil. *Food Control*. 2009;20(7):655-657.

42. Leblanc JC, Tard A, Volatier JL, Verger P. Estimated dietary exposure to principal food mycotoxins from the first French Total Diet Study. *Food Additives and Contaminants*. 2005;22(7):652-672.
43. Škrbić B, Živančev J, Antić I, Godula M. Levels of aflatoxin M₁ in different types of milk collected in Serbia: Assessment of human and animal exposure. *Food Control*. 2014;40: 113-119.
44. Iqbal SZ, Asi MR, Malik N. The seasonal variation of aflatoxin M₁ in milk and dairy products and assessment of dietary intake in Punjab, Pakistan. *Food Control*. 2017;79:292-296.
45. Nejad ASM, Heshmati A, Ghiasvand T. The occurrence and risk assessment of exposure to aflatoxin M₁ in ultra-high temperature and pasteurized milk in Hamadan province of Iran. *Osong public health and research perspectives*. 2019;10(4):228.
46. Oliveira CA, Rosmaninho J, Rosim R. Aflatoxin M₁ and cyclopiazonic acid in fluid milk traded in São Paulo, Brazil. *Food Additives and Contaminants*. 2006;23(2):196-201.
47. Patyal A, Gill JPS, Bedi JS, Aulakh RS. Potential risk factors associated with the occurrence of aflatoxin M₁ in raw milk produced under different farm conditions. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*. 2020;55(9):827-834.

Capítulo 36**Doi.org/10.53934/9786585062060-36****AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE COMO INDICADOR DA
QUALIDADE DO ADUBO ORGÂNICO GERADO NO PROCESSO DE
VERMICOMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE FRUTAS E
HORTALIÇAS**

Liciane Oliveira da Rosa *; Gabriel Afonso Martins ; Paula Burin ; Maiara Moraes Costa ; Karine Fonseca de Souza ; Álvaro Renato Guerra Dias ; Érico Kunde Corrêa 

*licianecienciasambientais@gmail.com

Resumo: O objetivo do trabalho foi tratar os resíduos orgânicos gerados no setor de hortifrutigranjeiros pelo processo de vermicompostagem gerando no final do processo o vermicomposto. Foi realizado um experimento de vermicompostagem em caixas plásticas de 15 L onde foram adicionados resíduos orgânicos gerados em um comércio de distribuição alimentícia, adubo orgânico e minhocas da espécie *Eisenia foetida*, após a montagem do experimento foi feito o monitoramento da temperatura e umidade interna e ambiente, e coletas mensais para análises laboratoriais. Os valores da temperatura, pH, condutividade elétrica e umidade para os três tratamentos ficaram dentro do limite recomendado por artigos científicos e pelas legislações vigentes para esse tipo de processo, assim como, a fitotoxicidade ficou acima do limite recomendado para esse tipo de análise.. Assim, é possível afirmar que a vermicompostagem é uma alternativa viável para o tratamento dos resíduos, gerando um produto de valor agronômico e ambiental.

Palavras-chaves: vermicomposto; tratamento de resíduos; minhocas; reciclagem.

INTRODUÇÃO

Em todo mundo, são geradas quantidades significativas e preocupantes de resíduos de frutas e hortaliças. Esses resíduos são caracterizados como resíduos alimentares, conforme o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos — USDA. Este órgão alargou a definição de resíduos alimentares. Assim, passamos a compreendê-los como aqueles que vão desde a perda pós-colheita até qualquer perda de massa alimentar comestível ao longo de toda a cadeia alimentar, chegando, por fim, até o consumidor (1).

Nas regiões industrializadas, os resíduos de fruta e hortaliças são os principais resíduos alimentares gerados. Tais resíduos têm alto teor de água e compostos biodegradáveis, ricos em carboidratos, ácidos orgânicos e lipídios; por isso apresentam menor durabilidade. E, muitas vezes, estragam antes mesmo de chegar ao consumidor, pois devem ser armazenados corretamente, observando a temperatura em que cada alimento deve ser estocado (1).

Essas características podem afetar negativamente as questões ambientais e sociais. Ambientalmente, esses resíduos contribuem para as mudanças climáticas. À medida que esses resíduos se decompõem, liberam metano, um gás de efeito estufa cerca de 28 vezes

mais potente que o dióxido de carbono, além do chorume (líquido viscoso), com capacidade de poluir recursos hídricos (2). Ademais, os impactos sociais relacionados a esses resíduos estão ligados aos sistemas de distribuição de alimentos deficientes que contribuem para a insegurança alimentar. Estima-se que 135 milhões de pessoas sofrem de insegurança alimentar aguda em todo mundo, o que foi agravado devido à pandemia de COVID-19 (3).

Os resíduos de frutas e hortaliças possuem um grande potencial de recuperação e reciclagem. No entanto, eles são descartados incorretamente em aterros sanitários, lixões a céu aberto ou são incinerados; prática comum em países subdesenvolvidos (4). A crescente geração desses resíduos é um dos fatores que faz com que cada vez mais toda cadeia alimentar busquem alternativas ambiental e economicamente eficientes para a disposição e/ou tratamento adequado desses resíduos (5). Nas possibilidades de tratamento, a vermicompostagem é um processo de baixo custo na bioconversão dos resíduos orgânicos em um produto de valor agronômico. Isso se dá pela interação de minhocas, bactérias do seu trato intestinal e micro-organismos mesófilos, tais como fungos e bactérias presentes nos resíduos orgânicos (6).

A espécie de minhoca mais utilizada para a bioconversão dos resíduos é a *Eisenia fétida*, que tem origem europeia. No entanto, foi amplamente introduzida no Brasil. Essa espécie possui alta taxa de reprodução e crescimento; é condutora principal do processo de vermicompostagem, alterando a população microbiana e a estrutura da comunidade de micro-organismos. Outro fator de grande importância é que minhocas sequestram os metais pesados presentes nos resíduos e reduzem a disponibilidade através do processo de biomineralização (7).

As minhocas possuem a capacidade de digerir os resíduos e converter a quantidade igual ao peso corporal em um produto denominado adubo orgânico, rico em nitrogênio, fósforo e potássio (N, P e K) (8). O adubo possui substâncias que operam como reguladoras de crescimento, influenciando a germinação das sementes, o alongamento das raízes à absorção de nutrientes e o processo de fotossíntese realizado pelas plantas. Esses resultados se dão por conta da ativação das substâncias húmicas durante o processo de maturação do adubo (9). Essa técnica é vantajosa pelo fato de alterar a granulometria do adubo, tornando-o menor. Ao mesmo tempo, transforma o resíduo orgânico em um produto de alto valor agronômico estabilizado, nitidamente mais escuro, sem odores e com pH e umidade em condições ideais para utilização em jardins e nas hortas caseiras a baixíssimo custo financeiro e enorme ganho ecológico (10).

Além disso, o adubo pode ser um substituto eficiente de produtos químicos e fertilizantes sintéticos garantindo segurança no cultivo de alimentos (11). Portanto, além de determinar a composição físico-química do adubo, é importante caracterizar sua toxicidade. Uma análise que avalia a qualidade do adubo e seus efeitos sobre as plantas e no solo é a fitotoxicidade. Trata-se de uma análise que versa a respeito da intoxicação das plantas por substâncias tóxicas presentes no meio de crescimento quando estas substâncias são acumuladas nos tecidos da planta. Para avaliar a fitotoxicidade, normalmente, se usa o índice de germinação e bioensaio. Esses testes são extremamente importantes, pois são eles que determinam a maturação e adequação do adubo produzido (12).

A análise é proposta com organismos vegetais devido ao baixo custo e manutenção, sensibilidade na indicação de substâncias tóxicas ou inibidores biológicos, método reprodutível, sem o uso de grandes equipamentos, produção ininterrupta durante o ano, fácil aquisição das sementes, pequeno volume de amostra e rápida germinação (13). Através da

fitotoxicidade, é possível identificar o quão tóxico um adubo pode ser ou não para as plantas expostas a ele, assim como para a cultura que se deseja produzir.

A espécie de hortaliça mais utilizada em bioensaios é a alface (*Lactuca sativa*), pois tende a obter resultados satisfatórios para os parâmetros de germinação. Ela apresenta resistência a ampla faixa de pH e potencial osmótico, além de ser sensível ao estresse químico (14). Apesar de não existir uma legislação brasileira específica em relação a níveis de fitotoxicidade, o Órgão Internacional California Compost Quality Council — CCQC estipula que os testes com bioensaios vegetais devem obter um índice de germinação acima de 80% para esse produto ser considerado seguro e livre de fitotoxicidade.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi de avaliar a fitotoxicidade pelo índice de germinação do adubo gerado no processo de vermicompostagem de resíduos de frutas e hortaliças.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Ecotoxicologia e Resíduos de uma Instituição de Ensino Superior - IES, o qual foi iniciado em setembro de 2022 e finalizado em novembro do mesmo ano. Os resíduos de frutas e hortaliças utilizados foram cedidos por um comércio de distribuição alimentícia localizado na cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul. O comércio possui um setor de hortifrutigranjeiro, gerando semanalmente quantidades significativas de resíduos orgânicos. Para a montagem das vermicomposteiras utilizou-se reatores de 15 l (Figura 1).

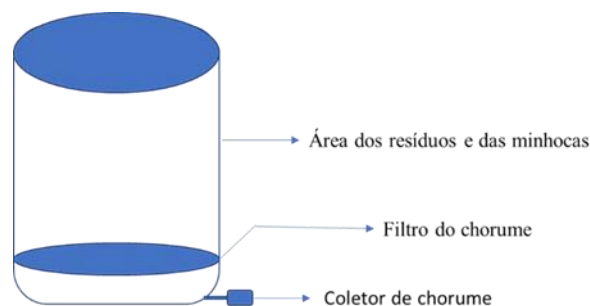


Figura 3 – Modelo do reator

O delineamento experimental deu-se em blocos. O experimento obteve três (3) tratamentos, cada tratamento com duas (2) repetições. As proporções utilizadas em cada tratamento estão ilustradas na Tabela 1.

Tabela 4 – Proporções dos materiais utilizados no experimento

Tratamentos	Resíduos orgânicos	Adubo
T1	80% - (frutas)	20%
T2	80% - (hortaliças)	20%
T3	40% (frutas) 40% (hortaliças)	20%

Após o preenchimento das vermicomposteiras com os resíduos de frutas e hortaliças e adubo estabilizado (para ambientação das minhocas), foram adicionadas 40 minhocas adultas (cliteladas) em cada vermicomposteira da espécie *Eisenia Fetida*. Essas minhocas foram previamente lavadas com água destilada para não ocorrer nenhuma contaminação e pesadas individualmente (Figura 2 e 3), já que o peso ideal de cada minhoca para o uso em processo de vermicompostagem é de 0,5 g a 1,0 g (15).



Figura 2 e 3 - Lavagem e pesagem das minhocas

Posteriormente à fase de montagem das vermicomposteiras, foi realizado o monitoramento do processo: a temperatura interna foi medida diariamente em três pontos: na base, no centro e no topo de cada vermicomposterias. O experimento durou 60 dias. Durante este período foram feitas coletas das amostras uma vez por mês, totalizando três coletas, interpretadas pelo intervalo de 30 dias (0, 30 e 60 dias) para realização de análise laboratorial.

FITOTOXICIDADE – IG (%)

O índice de germinação foi realizado conforme a metodologia de Tiquia (16) e Zucconi (17), na qual foi utilizada a espécie de semente: alface (*Lactuca sativa* L), sendo dispostas 10 sementes em placas de petri com papel filtro qualitativo. Após, foi adicionado nas placas 5 ml de solução da amostra (adubo) que foram previamente homogeneizadas com agitador magnético por 1 hora e filtrado com papel filtro qualitativo. Em seguida, as placas foram levadas para BOD (incubadora) e permaneceram a 25 °C, por 48 horas. Em paralelo, foram feitas placas com a mesma espécie de semente em presença de água destilada, com elas servindo de controle ou padrão.

Passado o período de 48 horas, as sementes foram retiradas da BOD e analisadas as quantidades de germinação e o comprimento da radícula com auxílio de um paquímetro (marca Carbografite). As sementes germinadas foram aquelas com o tamanho superior a 1

mm e determinado o índice de germinação, através das equações (12). O índice de germinação de sementes (G), o alongamento das raízes (AL) e o índice de germinação (IG) foram calculados segundo as seguintes equações:

$$G (\%) = \frac{(NSC \times NST)}{100}$$

em que:

G (%): Germinação relativa em porcentagem;

NSC: Número de sementes germinadas no extrato do composto;

NSC: Número de sementes germinadas no controle.

$$AL (\%) = \frac{\sum ALC}{\sum ALB}$$

em que:

AL (%): Alongamento relativo da radícula em porcentagem;

ALC: Somatório alongamento das radículas no composto;

ALB: Somatório alongamento das radículas no branco.

$$IG (\%) = \frac{(G\% \cdot AL\%)}{100}$$

em que:

IG (%): Índice de Germinação;

G (%): Germinação relativa;

AL (%): Alongamento relativo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Temperatura

Não houve grandes variações de temperatura nas vermicoposteiras; ao longo dos 60 dias, a temperatura se manteve dentro da média ideal para esse tipo de processo (Figura 4). De modo que no dia 59, ocorreram as maiores temperaturas registradas: de 27,9, 27,1 e 28,0 °C para os tratamentos 01, 02 e 03, respectivamente.

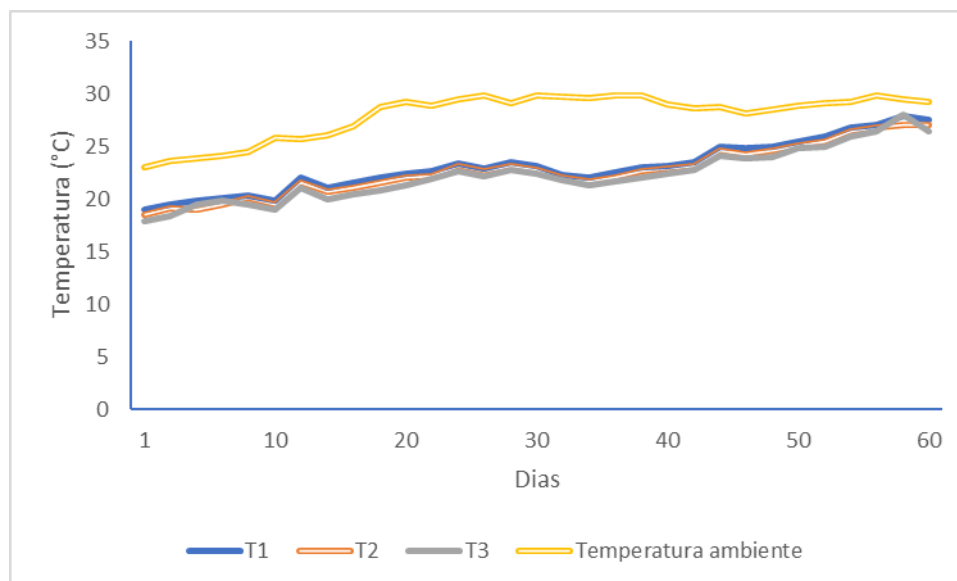


Figura 4 - Temperatura dos tratamentos ao longo do processo de compostagem

Resultado similar pode ser observado no trabalho de Medina-Salas et al., (18) que aplicaram a técnica de vermicompostagem para tratar resíduos da indústria de pêssego (cascas, sementes e caroços). Os autores discorrem que as maiores temperaturas registradas foram de 24 °C e 28 °C, sendo a faixa ideal para o desenvolvimento das minhocas. Zhang et al., (13) também registraram temperaturas na faixa de 20 °C – 25 °C no tratamento de lodo desidratado por vermicompostagem, esses resultados indicam que as minhocas em um ambiente com temperatura controlada conseguem manter sua reprodução e a degradação de uma ampla tipologia de resíduos orgânicos.

Diferente da compostagem, em que se espera temperaturas acima de 45 °C (fase termofílica), na vermicompostagem, é essencial que a temperatura não ultrapasse o valor de 30 °C. Pois em ambiente natural as minhocas vivem em uma estreita camada abaixo da superfície do solo com temperaturas amenas. De tal forma, temperaturas acima desse valor podem gerar um ambiente hostil para as minhocas (19).

Segundo Zhang et al., (13) quando a temperatura está fora da faixa adequada, as funções das minhocas como crescimento, metabolismo, respiração, reprodução e fertilidade são bastante prejudicadas, e conseqüentemente a morte das minhocas. Ainda os mesmos autores discorrem que não são somente altas temperaturas que afetam as minhocas, temperaturas muito baixas favorecem o crescimento e a atividade dos microrganismos, elevando o consumo do oxigênio e afetando a respiração das minhocas, afetando assim, a degradação dos resíduos orgânicos. Nesse sentido, os resultados demonstraram que o processo ocorreu dentro da temperatura indicada pela literatura, ou seja, entre 20°C e 28°C.

ÍNDICE DE GERMINAÇÃO – IG (%)

Na Figura 5, são apresentados os resultados de Fitotoxicidade dos tratamentos para semente de alface (*Lactuca Sativa L.*). Os resultados são comparados com o controle com água destilada, este considerado 100%.

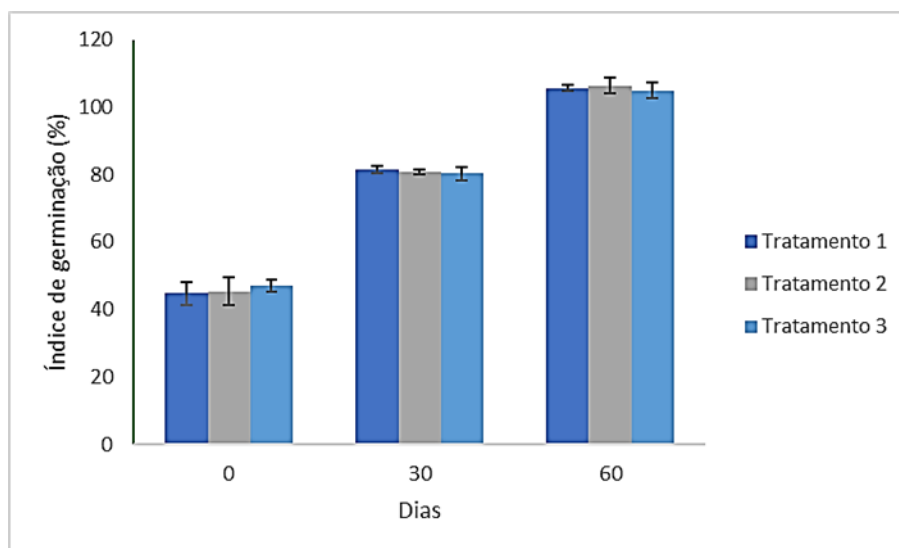


Figura 5 - Fitotoxicidade pelo IG (%) da semente de alfaca

O IG (%) é usado para avaliar a fitotoxicidade do adubo porque indica os efeitos da toxicidade na germinação das sementes e no crescimento das culturas. Como observado na Figura 6, os tratamentos apresentaram baixo IG (%) no início do processo de vermicompostagem, 47,68, 43,50 e 47,31%, respectivamente indicando que os resíduos de frutas e hortaliças continha substâncias tóxicas. Muitos estudos mostraram que altas concentrações de ácidos orgânicos, amônia e sais inorgânicos liberadas no início do processo são substâncias fitotóxicas e afetam o IG (%) (13). No entanto, no dia 30 e no final do processo (dia 60) todos os tratamentos obtiveram valores acima do que o recomendável pela California Compost Quality Council – CCQC, que estipula o índice de 80% como necessário para obter a germinação e ser considerado livre de fitotoxicidade.

El Fels et al., (20) discorre que os altos valores de IG (%) estão relacionados com a redução das substâncias tóxicas e pela estabilização da matéria orgânica enriquecido em substâncias húmicas e nutrientes na fase de maturação do adubo.

Em complemento, outro fator para o alto IG (%) é o ácido húmico produzido pelas minhocas ter a função crucial de agir na regulação do comportamento ambiental dos metais presente no adubo, ou seja, sua toxicidade, e devido ao forte sistema metabólico e ao envolvimento das bactérias intestinais das minhocas e células de cloragócitos que agem durante processo de vermicompostagem (21). Isso pode ser analisado no trabalho de Rosa et al., (21), no qual é avaliado o IG (%) dos produtos gerados no processo de compostagem e vermicompostagem. O maior IG (%) no adubo que em seu processo foi adicionado minhocas alcançou os 97%, corroborando com os resultados do presente pesquisa em que o adubo apresentou alto IG (%).

De acordo com Zucconi et al., (17), quando a germinação da alface apresentar índices acima do recomendado, é devido à presença de maior teor de nutrientes disponibilizado para as sementes. Os autores descrevem que o IG (%) permite avaliar tanto os baixos níveis de toxicidade, que afetam o crescimento das raízes, quanto os altos níveis de toxicidade, que afetam a germinação das sementes. Com base nisso, os autores supracitados afirmam que IG menores que 80% indicam um potencial fitotoxicidade, enquanto valores maiores que 100% indicam um efeito benéfico no crescimento da semente e, portanto, indicam um adubo maduro.

CONCLUSÃO

Conclui-se que os resultados obtidos foram satisfatórios, pois os valores de temperatura, umidade, condutividade e pH respeitaram os parâmetros da legislação vigente, de mesma forma que os índices de fitotoxicidade se enquadraram nos valores recomendados pela literatura consultada.

Assim é possível afirmar que a vermicompostagem é uma alternativa viável para o tratamento de resíduos orgânicos que seriam descartados incorretamente, pois após o processo aplicado se obtém um composto rico em nutrientes, ambientalmente proveitoso e vantajoso. Ademais a vermicompostagem é aplicável em escala, residencial ou para estabelecimentos comerciais, por ser um processo de baixo custo, composto por métodos simples e fácil monitoramento. O fato de conseguir reciclar um resíduo que seria destinado à disposição final, alimenta um ciclo sustentável, agregando valor ambiental e por vezes monetário a um resíduo orgânico que antes gerava transtorno a sociedade, além de prolongar a vida útil de aterros, indo contra o processo de poluição existente e enraizado no sistema atual de consumismo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior” (CAPES).

REFERÊNCIAS

1. CONRAD Z.; NILES MT; NEHER DA; ROY E D; TICHENOR NE; JAHNS L. Relationship between food waste, diet quality, and environmental sustainability. **PLoS One**. 2018; 13:4-0195405.
2. EVERITT H. The quantity and composition of household food waste during the COVID-19 pandemic: A direct measurement study in Canada. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2022; 82; 101-110.
3. AMICARELLI V. et al. Households' food waste behavior at local scale: A cluster analysis after the covid-19 lockdown. *Sustainability (Switzerland)*. 2021; 13:6; 1–14.
4. PLAZZOTTA S.; MANZOCCO L.; NICOLI M.. Fruit and vegetable waste management and the challenge of fresh-cut salad. **Trends In Food Science & Technology**. 2017; 63, 51-59.

5. CARMONA-CABELLO M.; GARCÍA IL.; PAPADAKI A.; TSOUKO E.; KOUTINAS A.; DORADO MP.. Biodiesel production using microbial lipids derived from food waste discarded by catering services. *Bioresource Technology*. 2021; 323, 124597.
6. LV B.; ZHANG D.; CHEN Q.; CUI Y.. Effects of earthworms on nitrogen transformation and the correspond genes (amoA and nirS) in vermicomposting of sewage sludge and rice straw. *Bioresource Technology*. 2019; 287, 121428.
7. PROCHÁZKOVÁ P.; HANČ A.; DVOŘÁK J.; ROUBALOVÁ R.; DREĽLOVÁ M.; ČÁSTKOVÁ T.; USTR V.; KANTA F.; PACHECO I. NN.; BILEJ M.. Contribution of *Eisenia andrei* earthworms in pathogen reduction during vermicomposting. ***Environmental Science And Pollution Research***. 2018; 25:26, 26267-26278.
8. VIGUEROS LC.; CAMPEROS ER.. Vermicomposting of sewage sludge: a new technology for mexico. ***Water Science And Technology***. 2002; 46:10, 153-158.
9. ZANDONADI DB.; SOUZA RB. de. Vermicompostagem: tecnologia para reciclagem de resíduos orgânicos e produção de alimentos. *Hortaliças em revista*. 2012; 1:4-9.
10. SENA LM., ARRUDA JF., COSTA FR.S., ALMEIDA FB., BRITO PO., GONDIM FA. Compostagem e vermicompostagem como alternativa para tratamento e destinação dos resíduos orgânicos. *Revista Verde*. 2019; 14:2, 266-272.
11. SULEIMAN H.; RORAT A.; GROBELAK A.; GROSSER A.; MILCZAREK, M.; PIYTYCZ, B.; KACPRZAK, M.; VANDENBULCKE, F.. Determination of the performance of vermicomposting process applied to sewage sludge by monitoring of the compost quality and immune responses in three earthworm species: *eisenia fetida*, *eisenia andrei* and *dendrobaena veneta*. ***Bioresource Technology***. 2017; 241, 103-112.
12. MENDES PM.; BECKER R.; CORRÊA LB.; BIANCHI I.; PR MA. DAI; LUCIA T.; CORRÊA EK.. Phytotoxicity as an indicator of stability of broiler production residues. *Journal Of Environmental Management*. 2016; 167, 156-159.
13. ZHANG H.; LI J; ZHANG Y.; HUANG K.. Quality of Vermicompost and Microbial Community Diversity Affected by the Contrasting Temperature during Vermicomposting of Dewatered Sludge. ***International Journal Of Environmental Research And Public Health***. 2020; 17:5, 1748.
14. RIBEIRO S.; AZEVEDO E.; PELICIONI MC.; BÓGUS CM.; PEREIRA IM.. Agroecological urban agriculture - strategy to promote health and food and nutritional security. ***Revista Brasileira em Promoção da Saúde***. 2012; 25:3, 381-388.
15. HUANG K.; XIA H.. Role of earthworms' mucus in vermicomposting system: biodegradation tests based on humification and microbial activity. ***Science Of The Total Environment***. 2018; 610:611, 703-708.

16. TIQUIA S. M.; TAM NF.. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. *Bioresource Technology*. 1998; 65, 1:2, 43-49.
17. ZUCCONI F.; BERTOLDI M.. Evaluating toxicity in immature compost. *Biocycle*, Emmaus. 1988; 22, 54-57.
18. MEDINA-SALAS L.; CASTILLO-GONZÁLEZ E.; GIRALDI-DÍAZ M.; BLANCO-PÉREZ B.. Reaction Kinetics in the Vermicomposting Process of Peach Waste. *Life*. 2022; 1290, 1-11.
19. DOHAISH EB.. Vermicomposting of Organic Waste with *Eisenia fetida* Increases the Content of Exchangeable Nutrients in Soil. *Pakistan Journal Of Biological Sciences*. 2020; 23:4, 501-509.
20. EL FELLS L.; HAFIDI M.; OUHDOUCH Y. *Artemia salina* as a new index for assessment of acute cytotoxicity during co-composting of sewage sludge and lignocellulose waste. *Waste Management* 2016. 50, 194 - 200.
21. ROSA L.; SOUZA FK, COSTA, MC., BURIN P.; SOUZA M.; FICK RB.; SOUZA EG.; CORRÊA LB.; CORRÊA EK.. Analysis of the phytotoxicity of organic compounds from composting, vermicomposting and commercial by germination index. ***Environment and agricultural production***. 2022, p. 54-61.

ISBN 978-658506206-0



9

786585

062060