



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

TESE

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS PARA OBTENÇÃO DE FARINHA DE
PINHÃO (*Araucaria angustifolia*) E ELABORAÇÃO DE SNACKS POR
EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA

ANGELA GAVA BARRETO

RIO DE JANEIRO

Novembro, 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS PARA OBTENÇÃO DE FARINHA DE PINHÃO
(*Araucaria angustifolia*) E ELABORAÇÃO DE SNACKS POR EXTRUSÃO
TERMOPLÁSTICA

ANGELA GAVA BARRETO

Sob a Orientação de

Suely Pereira Freitas

E Co-orientação de

Regina Isabel Nogueira

Carlos Wanderlei Piler de Carvalho

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Ciências.

RIO DE JANEIRO

Novembro, 2018

CIP - Catalogação na Publicação

B273a

Barreto, Angela Gava

Avaliação de processos para obtenção de farinha de pinhão (*Araucaria angustifolia*) e elaboração de *snacks* por extrusão termoplástica. / Angela Gava Barreto. -- Rio de Janeiro, 2018.

123 f.

Orientadora: Suely Pereira Freitas.

Coorientadora: Regina Isabel Nogueira.

Coorientador: Carlos Wanderlei Piler de Carvalho

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, 2018.

1. análise sensorial. 2. *snacks* recheados. 3. pasta de amendoim. 4. vida de prateleira. I. Freitas, Suely Pereira, orient. II. Nogueira, Regina Isabel, coorient, III. De Carvalho, Carlos Wanderlei Piler, coorient. IV. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA DE QUÍMICA

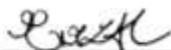
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS
QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS**

ANGELA GAVA BARRETO


Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos.



Dra. SUELY PEREIRA FREITAS
(Orientadora)



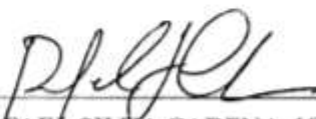
Dra. EVELINE LOPES ALMEIDA, EQ-UFRJ
(Examinador interno)



Dr. GASPAR DIAS MONTEIRO RAMOS, CEFET-RJ
(Examinador externo)



Dr. JULIO BELTRAME DALEPRANE (UERJ)
(Examinador externo)



Dr. RAFAEL SILVA CADENA, UNIRIO
(Examinador externo)

DEDICATÓRIA

“Você é a média das cinco pessoas com quem mais convive.”

Jim Rohn

AGRADECIMENTOS

A Deus e ao *Universo* que me guiaram em todos os momentos da minha vida me trazendo desafios e me fazendo entender que mudanças são necessárias para o crescimento.

Aos meus pais por me apoiarem em todas as etapas, pelo incentivo, pelas ideias e até pela mão de obra. Esse trabalho é de vocês também.

Ao meu irmão, Henrique, que me inspira a ser uma pessoa melhor, a desenvolver produtos veganos e pela amizade constante.

Ao meu irmão, Rafael, pela amizade e pelo incentivo.

Ao Wallace pelo incentivo e parceria.

À minha orientadora, Suely Pereira Freitas, que me acompanha desde a graduação, pelos ensinamentos, incentivo e paciência nos momentos de alta performance e de bloqueio.

À minha co-orientadora, Regina Nogueira, pelo incentivo constante me fazendo buscar soluções e simplificando as tomadas de decisões.

Ao meu co-orientador Carlos Wanderlei Piler de Carvalho por me auxiliar e guiar na área da extrusão e análises dos *snacks*.

À pesquisadora Catie Godoy e Embrapa Florestas pelo incentivo, pela matéria-prima e pelo auxílio no desenvolvimento do projeto.

À pesquisadora Daniela Freitas por compartilhar os conhecimentos em sua área.

Aos meus amigos *high stakes* Caroline Cayres, Maria Eugênia, Mariana Mattos, Davy Chavez, André Guerra, Isabella Santana entre outros que me fazem enxergar a vida de uma maneira melhor e com foco nos objetivos.

Ao Davy Chavez, novamente, por me auxiliar nas análises estatísticas, pelas ideias, pelo apoio e incentivo.

Ao André Guerra, novamente, pela amizade e incentivo, por compartilhar conhecimentos, pela parceria em projetos.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos pelo suporte no desenvolvimento prática do projeto, referente ao uso das instalações, tais como laboratórios e plantas piloto, e a todos os pesquisadores, analistas e técnicos que colaboraram com conhecimentos técnicos. Em especial, Chorão, Filé, Aguinelli, Neuri, Mariana e Adriana.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro, ao programa de pós-graduação Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos (EPQB) da Escola de Química.

Ao CEFET e colegas de trabalho pelo apoio e incentivo.

RESUMO

BARRETO, Angela Gava. Avaliação de processos para obtenção de farinha de pinhão (*Araucaria angustifolia*) e elaboração de *snacks* por extrusão termoplástica. Rio de Janeiro, 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

A *Araucaria angustifolia* ou pinheiro brasileiro é uma árvore nativa do Brasil e dentre os produtos obtidos a partir dela destaca-se o pinhão. Apesar dos poucos dados acerca da exploração comercial do pinhão, possui sua importância no contexto cultural da Região Sul do Brasil. A comercialização e a utilização do pinhão para alimentação humana, além de promover a *Araucaria* pelo seu uso sustentável representa uma alternativa de agregação de valor a esta matéria-prima por se tratar de um alimento rico em amido, fibras dietéticas e proteína, além de apresentar baixo índice glicêmico e teores reduzidos de lipídios. As sementes de pinhão possuem elevados níveis de atividade de água e isto contribui para sua rápida deterioração. Para a comercialização de produtos derivados de pinhão em épocas distintas à da colheita, recomenda-se a aplicação de processos que promovam sua conservação como a desidratação. Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho foi estabelecer um processo mecânico de descascamento das sementes de pinhão, avaliar a influência dos parâmetros de desidratação na qualidade nutricional da farinha e desenvolver um *snack* por extrusão termoplástica. Os pinhões foram triturados, imersos em um tanque com água para separação, por diferença de densidade, das cascas e sementes. A seguir, o processo de desidratação foi conduzido em um secador de bandejas a 40, 50 e 60 °C, até atingir a umidade de equilíbrio. As sementes desidratadas foram trituradas em moinho de facas, resultando em uma farinha apresentando teor de aminoácidos essenciais superior a 35 % e superando os valores mínimos recomendados para ingestão de cobre, magnésio, fósforo e manganês. Avaliando-se os efeitos da temperatura de secagem na qualidade da farinha obtida, constatou-se que o processo a 50 °C favoreceu a manutenção de aminoácidos e coloração característica. Adicionalmente, a farinha de pinhão manteve-se estável microbiologicamente durante 120 dias de validade comercial. Para elaboração do produto foram testadas formulações contendo farinha de pinhão e farinha de arroz em diferentes proporções (1:9; 3:7 e 1:1) e submetidas ao processo de extrusão termoplástica combinando velocidade de rotação de parafuso e temperatura. Os *snacks* foram recheados manualmente com pasta de amendoim cuja atividade de água era de 0,46. O resultado foi a obtenção de um produto sem gluten e estável microbiologicamente, com a média da aceitação sensorial variando entre 6,2 e 6,9 para consumidores das cidades do Rio de Janeiro e Curitiba. Em todas as condições operacionais avaliadas, os *snacks* com 30 % de farinha de pinhão foram considerados pelos avaliadores como produto crocante, aerado, macio, desmancha na boca, dentre outros, ao ser aplicado o método *Check All That Apply*, inclusive aqueles que apresentaram os menores índices de expansão e menor crocância quando avaliados instrumentalmente. Conclui-se que o *snack* à base de farinha de pinhão e de arroz recheados com pasta de amendoim é um produto com elevado teor de proteínas e fibras, além de prebiótico, com elevado potencial para agregar valor à cadeia produtiva de pinhão da Araucária, incrementando uma nova forma de consumo de pinhão, principalmente nas regiões que tradicionalmente utilizam essa matéria-prima em sua dieta alimentar.

Palavras-chave: análise sensorial, pasta de amendoim, vida de prateleira.

ABSTRACT

BARRETO, Angela Gava. Avaliação de processos para obtenção de farinha de pinhão (*Araucaria angustifolia*) e elaboração de *snacks* por extrusão termoplástica. Rio de Janeiro, 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

The *Araucaria angustifolia* or Brazilian pine is a native tree of Brazil and among the products obtained from it stands the Brazilian pine seeds. Despite the few data on the commercial exploitation of Brazilian pine seeds, it is importance in the cultural context of the Southern Region of Brazil. The commercialization and the use of the Brazilian pine seeds for human consumption, besides promoting *Araucaria* for its sustainable use represents an alternative of adding value to this raw material because it is a food rich in starch, dietary fibers and protein, besides presenting low index glycemic and reduced lipid levels. The Brazilian pine seeds present high levels of water activity, it is contribute to its rapid deterioration. For the commercialization of products derived from Brazilian pine seeds at times other than the harvest, it is recommended to apply processes that promote their conservation like dehydration process. In this context, the general objective of this work was to establish a mechanical peeling process, to evaluate the influence of dehydration parameters on the nutritional quality of the flour and to develop a snack by thermoplastic extrusion. The Brazilian pine seeds were ground, immersed in a tank with water for separation, by density difference, of the husks and seeds. Thereafter, the dehydration process was conducted in a tray dryer at 40, 50 and 60 °C until the equilibrium moisture was reached. The dehydrated seeds were ground in a knife mill, resulting in a flour presenting an essential amino acid content higher than 35% and exceeding the recommended minimum values for copper, magnesium, phosphorus and manganese intake. By evaluating the effects of the drying temperature on the quality of the obtained flour, it was verified that the process at 50 °C favored the maintenance of amino acids and characteristic coloration. In addition, the Brazilian pine flour remained stable microbiologically during 120 days of commercial validity. To elaborate the product were formulated formulations containing Brazilian pine and rice flour in different proportions (1:9; 3:7 and 1:1, respectively) and submitted to the thermoplastic extrusion process by combining screw rotation speed and temperature. The snacks were manually stuffed with peanut paste whose water activity was 0.46. The result was a gluten-free and microbiologically stable product, with mean sensorial acceptance ranging from 6.2 to 6.9 for consumers in the cities of Rio de Janeiro and Curitiba. In all the evaluated operational conditions, the snacks with 30% of Brazilian pine flour were considered by the evaluators as a crunchy, aerated, soft, cut in the mouth, among others, when the Check All That Apply method was applied, including those that presented the lower indexes of expansion and lower crunch when instrumentally evaluated. It is concluded that the snack based on Brazilian pine and rice flour stuffed with peanut paste is a product with high protein and fiber content, as well as prebiotic, with high potential to add value to the Brazilian pine seeds production chain, increasing a new form of consumption, especially in regions that traditionally use this raw material in their diet.

Key words: sensory analysis, peanut butter, shelf life.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Composição centesimal de sementes de pinhão com e sem película.....	52
Tabela 2. Teores médios de minerais em amêndoas de pinhão.....	52
Tabela 3. Composição de aminoácidos em amêndoas de pinhão.....	53
Tabela 4. Escore químico de aminoácidos essenciais presentes nos pinhões.....	54

CAPÍTULO 4

Table 1. Drying parameters for kinetics models of dehulled Brazilian pine seeds at different temperatures.....	66
Table 2. Amino acids content in the flour and Brazilian pine seeds in natura.....	69
Table 3. Average results of minerals (dry basis) in natural Brazilian pine and Brazilian pine flours dried at different temperatures.....	71
Table 4. Values according Daily Recommended Allowance (%) for Brazilian pine seeds in natura and Brazilian pine flours.....	72
Table 5. Instrumental color analysis of the flours obtained from the drying of the almonds under different temperatures.....	72
Table 6. Results of microbiological analyses from dehulled Brazilian pine seeds and its flour dried at 40°C, 50°C and 60°C.....	73

CAPÍTULO 5

Table 1. Coefficients of GAB model for pinhão flours fitted by nonlinear regression.....	83
Table 2. Microbiological analysis.....	83

CAPÍTULO 6

Tabela 1. Parâmetros utilizados na extrusão das misturas de pinhão e arroz integral.....	91
Tabela 2. Valores de densidade e índice de expansão dos <i>snacks</i>	94
Tabela 3. Aceitação dos 8 tratamentos de <i>snacks</i> de pinhão.....	97
Tabela 4. Frequências acumuladas do questionário CATA e os valores de p calculados pelo teste de Cochran's Q, para um nível de significância de 0,05.....	100
Tabela 5. Aceitação em Curitiba em relação a <i>snacks</i> elaborados com 10, 30 e 50% de pinhão.....	105

CAPÍTULO 7

Table 1 Blend of flours and extrusion parameters to obtained Brazilian pine snacks.....	112
Table 2. Nutritional composition of Brazilian pine seed and PBSS.....	113
Table 3. Water activity (A_w) of the PBSS.....	114

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1. Floresta Araucária.....21
- Figura 2. Pinha de araucária fechada (à esquerda) e aberta (à direita) apresentando as sementes (pinhões)22

CAPÍTULO 2

- Figura 1. Pinhão da araucária.....47
- Figura 2. Etapas de descascamento e secagem para obtenção da farinha de pinhão (A) Trituração em moinho de facas; (B) Material triturado na água; (C) Retirada das cascas; (D) Cascas e amêndoas separadas; (E) Amêndoas para secagem; (F) Amêndoas secas e (G) Farinha de pinhão.....47

CAPÍTULO 3

- Figura 1. Escore químico de minerais de amêndoas de pinhão.....53

CAPÍTULO 4

- Figure 1. Mass diffusion coefficient for dehulled Brazilian pine seeds at different temperatures, using three terms, fitted by Gauss-Newton algorithm.....67
- Figure 2. Essential amino acids score (%) of raw Brazilian pine, Brazilian pine flour (50°C) compared with wheat and corn flours.....70

CAPÍTULO 5

- Figure 1. Sorption isotherms of the pinhão flour fitted by three parameter GAB model.....83
- Figure 2. Groth ($\log \text{cfu.g}^{-1}$) of total mesophilic bacteria and mold/yeast at room temperature ($20 \pm 1^\circ\text{C}$).....84
- Figure 3. Growth of *Bacillus cereus* until 3 months.....85

CAPÍTULO 6

- Figura 1. Gráfico de pareto dos resultados de quantidade de pinhão, temperatura e velocidade de rotação de parafuso relacionado ao índice de expansão dos *snacks*.....94
- Figura 2. Efeitos das variáveis independentes sob o índice de expansão dos *snacks*.....95
- Figura 3. Gráfico de pareto dos resultados de quantidade de pinhão, temperatura e velocidade de rotação de parafuso relacionado a crocância dos *snacks*.....96
- Figura 4. Efeitos das variáveis independentes sob a crocância dos *snacks*.....96
- Figura 5. Agrupamento pelo método de Ward de acordo com a aceitabilidade dos *snacks* de pinhão.....97

Figure 6. Aceitabilidade dos extrusados de pinhão.....	98
Figura 7. a) sexo, b) faixa etária, c) renda familiar, d) Qual a frequência que você consome biscoitos (<i>snacks</i>) recheados?, e) Qual a frequência que você consome pinhão (<i>Araucária</i>), f) Qual a frequência que você consome amendoim?, g) Qual o modo como você consome amendoim?, h) intolerância alimentar.....	98
Figura 8. Configuração das amostras e os atributos na primeira e segunda dimensão do análises de correspondência realizado no questionário <i>Check All That Apply</i> (CATA); n.s. e * indicam que o atributo não teve significância ou que teve significância estatística a $p < 0.05$, respectivamente, na percepção dos provadores segundo o teste de Cochran's Q.....	101
Figura 9. Cluster da sensorial em Curitiba.....	102
Figura 10. a) Aceitabilidade e b) intenção de compra dos <i>snacks</i> em Curitiba.....	102
Figura 11. a) sexo, b) faixa etária, c) renda familiar, d) Qual a frequência que você consome <i>snacks</i> recheados?, e) Qual a frequência que você consome pinhão (<i>araucaria angustifolia</i>) no período de safra?, f) Qual a frequência que você consome pinhão (<i>araucaria angustifolia</i>) no período de entresafra?, g) Qual a frequência que você consome amendoim?, h) Qual o modo como você consome amendoim?, i) intolerância alimentar.....	104
Figura 12. Nuvem de palavras das amostras contendo 10%, 30% e 50% de pinhão representadas pelas letras A, B e C, respectivamente.....	106

CAPÍTULO 7

Figure 1. Mesophilic aerobic bacteria total and yeast and molds survivability in peanut butter stuffed snacks at 23 and 35°C, respectively.....	114
Figure 2. Enumeration of <i>Bacillus cereus</i> INCQS 3 in peanut butter stuffed snacks during 90 days of storage at 30°C.....	114
Figure 3. Bacterial number (cfu/ml) was count before and after incubation of medium (sterile water, ground peanut butter stuffed snacks (1:10), and methylene blue colour indicator (1:1000)) at 36°C for 72 hours.....	115

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
OBJETIVO	19
Objetivo geral.....	19
Objetivos específicos.....	19
ESTRUTURA DA TESE.....	20
CAPÍTULO 1	21
REVISÃO DE LITERATURA	21
1.1. Araucária	21
1.2. Pinhão	24
1.3. Arroz	26
1.4. Amendoim	26
1.5. Gordura de palma	28
1.6. Obtenção de farinhas (pinhão e arroz)	28
1.7. Extrusão	30
1.8. Propriedades prebióticas	33
1.9. Análise sensorial	34
2.0. Referências Literárias	37
CAPÍTULO 2	45
Introdução	46
Metodologia	47
Conclusão	48
Referência	48
CAPÍTULO 3	49
1. Introdução	50
2. Materiais e métodos	51
2.1. Matéria-prima	51
2.2. Análises	51
3. Resultados	51
4. Conclusão	54
5. Agradecimentos	54
6. Referências	54
CAPÍTULO 4	56

1. Introduction	58
2. Material and method	61
2.1. Material	61
2.2. Drying	62
2.2.1. Obtaining the Brazilian pine flour	62
2.2.2. Mathematical modelling of dryig rate	62
2.2.3. Mass diffusion coeficiente	63
2.3. Chemical composition	63
2.3.1. Centesimal composition and water activity assessment	63
2.3.2. Essential amino acids determination	64
2.3.3. Mineral analysis	64
2.4. Physical composition	64
2.4.1. Color	64
2.5. Microbiological analysis	65
2.6. Statistical analysis	65
3. Results	65
3.1. Modeling the diffusional drying processo d Brazilian pine seeds	65
3.2. Chemical composition of the flour and raw dehulled Brazilian pine seeds	68
3.3. Physical composition of the Brazilian pine flour	72
3.4. Microbiological analysis	73
4. Conclusion	74
Acknowledgements	74
Disclosure statement	74
References	74
CAPÍTULO 5	79
1. Introduction	80
2. Material and method	81
Material	81
Chemical analysis	81
Drying	81
Sorptions isotherms	81
Microbiological analysis	81
Shelf life	82
Bacillus cereus (INCQS 3)	82

Results	82
Proximate composition	82
Sorption isotherms	82
Microbiological	83
Shelf life	84
Bacillus cereus	84
Conclusion	85
Acknowledgement	85
References	85
CAPÍTULO 6	87
1. Introdução	89
2. Materiais e Métodos	90
2.1. Material	90
2.1.1. Preparo da mistura de farinha de pinhão e arroz	90
2.1.2. Elaboração do recheio	90
2.2. Extrusão termoplástica	91
2.2.1. Análises físicas	91
2.2.1.1. Índice de expansão	91
2.2.1.2. Textura	92
2.2.1.3. Atividade de água	92
2.2.2. Análise sensorial	92
2.2.3. Análise estatística	93
3. Resultados e discussão	94
3.1. Análises físicas	94
3.2. Análise sensorial	97
3.2.1. Consumidores do Rio de Janeiro	97
3.2.2. Consumidores de Curitiba	101
4. Conclusão	106
5. Referências	107
CAPÍTULO 7	110
I. Introduction	111
II. Material and method	112
Material	112
Extrusion conditions	112

Nutrition composition and water assessment	112
Food safety and shelf life determination	112
Growth potencial of sporogenous pathgenic microorganisms	113
Prebiotic potential assessment	113
Statistical analysis	113
III. Result	113
Nutrition composition	113
Food safety and shelf life determination	114
IV. Discussion	115
V. Conclusion	116
Acnowledgements	116
References	116
CAPÍTULO 8	117
SUGESTÕES PARA PRÓXIMAS PESQUISAS	118
APÊNDICE I	119
APÊNDICE II	120
APÊNDICE III	121
APÊNDICE IV	123
APÊNDICE V	125

INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* é uma árvore útil, pois tudo nela é aproveitável, desde as sementes no interior dos pinhões, até a resina que, quando destilada fornece alcatrão, óleos diversos, terebentina e breu, os quais possuem variadas aplicações industriais.

Dentre os vários produtos obtidos da *Araucária* destaca-se o pinhão, considerado um alimento típico da região sul do Brasil, cujos produtos derivados podem ser encontrados nos meses de março a agosto. Entretanto, o maior volume de comercialização ocorre nos meses de junho e julho durante as festas típicas da Região Sul, cuja presença do pinhão é marcante. Apesar dos poucos dados acerca da exploração de pinhão, não se questiona sua importância no contexto econômico da Região Sul do Brasil, no período de outono-inverno, e seu papel na geração de renda de pequenos proprietários rurais. A comercialização e a utilização do pinhão para alimentação humana, além de promover a *Araucária* pelo seu uso sustentável, contribui para diversificação das atividades agroindustriais. Estudos ressaltam que o aproveitamento das sementes de pinhão é mais rentável do que a exploração da madeira, ao mesmo tempo em que reduz a pressão de corte sobre as espécies remanescentes.

A agregação de valor ao pinhão pela sua utilização em processos agroindustriais é o principal incentivo à perpetuação ou à manutenção da *Araucária* nas Florestas. Alguns compostos presentes no pinhão têm caráter funcional como os antioxidantes e o amido resistente, com potencial de promoção de saúde para o consumidor, contribuindo para a redução de doenças cardiovasculares e intestinais, dentre outras.

A semente de pinhão é muito susceptível a deterioração devido à sua elevada atividade de água limitando seu consumo *in natura* ao período de colheita. O processamento das sementes de pinhão para obtenção da farinha é uma forma de manter as suas propriedades nutricionais, além de oferecer um insumo para a indústria de alimentos no desenvolvimento de novos produtos.

A tecnologia de extrusão termoplástica é uma alternativa para estímulo ao consumo e industrialização de farinhas alternativas, uma vez que é possível a elaboração de produtos alimentícios diferenciados e de elevada aceitação sensorial, além de preservar nutrientes e incorporar novas matérias-primas com potencial de uso na elaboração de alimentos de pronto consumo. O desenvolvimento de novos produtos de conveniência e com elevada estabilidade facilitará o aumento da oferta de derivados do pinhão contribuindo para a cadeia do agronegócio e da agroindústria familiar no Sul do Brasil.

As farinhas comercialmente mais utilizadas na elaboração de *snacks* expandidos são as de milho e arroz devido suas características tecnológicas e sensoriais. Estudos com soja, mandioca, feijão entre outros vem sendo realizados com sucesso na obtenção de *snacks* com elevado teor de proteínas e fibras. A seleção das matérias-primas para o desenvolvimento de *snacks* expandidos normalmente considera o perfil tecnológico, sensorial e nutricional.

Esta tese foi desenvolvida como parte do projeto “Avaliação do potencial do pinhão na alimentação e no desenvolvimento de novos produtos, coordenado pela Dra. Rossana Catie Bueno de Godoy, pesquisadora da Embrapa Florestas. A matéria-prima (*Araucaria angustifolia*) utilizada nos testes experimentais foi coletada nas regiões produtoras do Estado do Paraná pela Embrapa Florestas, de acordo com a autorização número 30147-1/2014 do Ministério do Meio Ambiente com licenças renovadas anualmente até o término do projeto em 2017.

OBJETIVO

OBJETIVO GERAL

Estabelecer os processos de beneficiamento: descascamento, secagem e extrusão termoplástica para desenvolver um produto de conveniência a partir das sementes de pinhão (*Araucaria angustifolia*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Estabelecer uma técnica viável para o descascamento do pinhão em escala;
- ✓ Estabelecer os parâmetros de secagem das sementes de pinhão descascadas;
- ✓ Avaliar o efeito da temperatura de desidratação na estabilidade de aminoácidos, minerais e cor das farinhas de pinhão e a segurança microbiológica para consumo humano;
- ✓ Determinar as isotermas de sorção das farinhas obtidas a 40, 50 e 60 °C;
- ✓ Determinar a estabilidade microbiológica da farinha de pinhão;
- ✓ Estabelecer os parâmetros do processo de extrusão termoplástica e formulações da mistura de farinhas de arroz e pinhão e do recheio para elaboração de *snacks*;
- ✓ Avaliação dos *snacks* quanto aos aspectos nutricionais, sensoriais e prebióticos.

ESTRUTURA DA TESE

A tese foi desenvolvida em 8 capítulos como descrito a seguir:

Capítulos	Título	Produção científica
1	Revisão de literatura	—
2	Descascamento e secagem de pinhão (<i>Araucaria angustifolia</i>) para a obtenção de farinha.	Comunicado técnico divulgado pela EMBRAPA em dezembro de 2014. ISSN 0103 5231.
3	Contribuição da película na qualidade nutricional de amêndoas de pinhão (<i>Araucaria angustifolia</i>).	Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos (CBCTA) de 2016.
4	Temperature effect on water diffusion during thin-layer drying of Brazilian pine (<i>Araucaria angustifolia</i>) seeds and on the chemical, physical and microbiological quality of its flour.	Manuscrito submetido e já revisado pela CyTA – Journal of Food, setembro/2018.
5	Moisture sorption isotherms and shelf life evaluation of <i>pinhão</i> (<i>Araucaria angustifolia</i>) flour.	Resumo expandido, apresentado em junho de 2017 na Bélgica no “6 th European Drying Conference”.
6	Aplicação de análises físicas e sensoriais para avaliação de <i>snacks</i> de arroz e pinhão (<i>Araucaria angustifolia</i>) recheados com pasta de amendoim.	—
7	Functional peanut butter stuffed snack development based on Brazilian pine (<i>Araucaria angustifolia</i>) and rice flours.	Artigo publicado na IOSR Journal of Engineering. ISSN (e): 2250-3021, ISSN (p): 2278-8719. Vol. 08, Issue 7 (July. 2018), V (I) PP 53-58.
8	Conclusões	—

CAPÍTULO 1

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. ARAUCÁRIA

A *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, gimnosperma fundamental da floresta de pinheiros, pinhais, mata de araucárias e nomeada Floresta Ombrófila Mista. É encontrada na América do Sul e inserida no domínio da Mata Atlântica (KOCH e CORRÊA, 2002).

A Floresta de Araucária (Figura 1) inclui a *Araucaria angustifolia* conhecida popularmente como pinheiro brasileiro, pinheiro do Paraná, pinho entre outros nomes. Essas árvores se desenvolvem em regiões serranas ou de planaltos com altitudes elevadas e temperatura moderada durante o ano. Essa espécie apresenta maior ocorrência no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em regiões mais altas do sudeste (São Paulo e Minas Gerais). São árvores de grande porte com um tronco largo, reto e quase cilíndrico, podendo medir 250 cm de diâmetro e atingir mais de 50 m de altura. Quando plantada, árvores isoladas iniciam a produção de pinhões entre 10 e 15 anos; porém em povoamentos, a produção dá-se a partir de 20 anos. A maturação da pinha (figura 2) se caracteriza pelo término do seu desenvolvimento em até três anos. A araucária produz anualmente cerca de 40 pinhas, chegando a atingir 200 pinhas por planta (PERALTA et al., 2016).



FIGURA 1. Floresta Araucária (PERALTA et al., 2016)



FIGURA 2. Pinha de araucária fechada (à esquerda) e aberta (à direita) apresentando as sementes (pinhões) (WENDLING e DELGADO, 2008).

A gralha azul é uma das principais aves responsáveis pela dispersão da araucária, pois transporta o pinhão, semente da Araucária, para ingeri-las em outro local. A espécie *C. caeruleus* também estoca as sementes em lugares altos como entroncamento de galhos, ocos de árvores dentre outros locais. Já a espécie *C. chrysops* enterra as sementes no solo ou colocam próximas ao chão em agrupamentos de arbustos e capim. Talvez este seja o motivo pelo qual são encontradas novas árvores distantes de representantes adultos da espécie (REINERT e BORNSCHEIN, 1998).

A área de abrangência da *Araucaria angustifolia* situava-se entre 200.000 e 250.000 km² no Brasil. No início do século XX cerca de 35% dos estados do Sul do Brasil eram ocupados pelos pinheiros, hoje ocupa cerca de 3% da área original. Esse histórico de exploração está diretamente relacionado à qualidade madeireira da espécie, leve e sem falhas, que a fez ser considerada a espécie florestal nativa mais importante do Brasil. Nos anos 60, por exemplo, sua madeira representou 92% da madeira exportada pelo país, sendo o 4^o lugar na lista dos produtos brasileiros exportados. Na região Sul do país, a intensificação da exploração na floresta de araucária ocorreu apenas após a década de 1910, com a construção da rodovia São Paulo-Rio Grande e a crescente demanda por madeira no Sudeste brasileiro. Antes disso, a demanda era destinada às necessidades locais como madeira serrada, construção de casas e de pontes. Além da exploração madeireira sabe-se que a realização de outros cultivos e a agropecuária também desencadearam esse desmatamento. Esse período de exploração e expansão agrícola foi suficiente para dar início à escassez das reservas naturais, chegando quase à extinção (GOULARTI FILHO, 2007; DE CARVALHO e NODARI, 2008).

Diante deste cenário, tornaram-se necessárias diversas ações legais para garantir a conservação desses ecossistemas. O primeiro Código Florestal Brasileiro criado em 1934 foi

revogado pela Lei 4771, de 15 de setembro de 1965, instituindo-se nova legislação sobre o tema, citando explicitamente a Araucária e a necessidade da sua preservação e de sua floresta como cita o trecho a seguir (NACIONAL, 1965): “na região Sul as áreas atualmente revestidas de formações florestais em que ocorre o pinheiro brasileiro, *Araucaria angustifolia* (Bert - O. Ktze), não poderão ser desflorestadas de forma a provocar a eliminação permanente das florestas, tolerando-se, somente a exploração racional destas, observadas as prescrições ditadas pela técnica, com a garantia de permanência dos maciços em boas condições de desenvolvimento e produção.”

No entanto, ações e estratégias com caráter repressor se mostrou insuficiente para manter os remanescentes florestais no país. A proibição de uso da *Araucaria angustifolia*, por exemplo, gerou desvalorização econômica e consequente perda de interesse na conservação, estimulando proprietários rurais a impedir a regeneração natural. O grande desafio foi criar estratégias que conciliassem a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico e social. Uma ótima opção foi conduzir o uso dos recursos de florestas de forma sustentável. Pensando nisso, em 1976 foi editada uma Portaria Normativa, que procurava proteger a semente do pinheiro brasileiro, determinando a data de 15 de abril para o início da colheita, transporte e comercialização do pinhão. No ano de 1992, a araucária foi incluída na lista de espécies ameaçadas de extinção, publicada pela Portaria do IBAMA. Recentemente, a data para o início de colheita, transporte e comercialização da semente foi modificada para 1º de Abril (2011) (DE ANGELI CURTO et al., 2015).

Recentemente, alguns estudos vêm sendo realizados para revitalizar parte das araucárias como a produção de mudas, pela Embrapa Florestas, utilizando a técnica da enxertia. Com isso, as novas plantas começam a produzir o pinhão em muito menos tempo, além de reduzir o porte das árvores. Já o projeto de melhoramento genético que está sendo desenvolvido no Rio Grande do Sul deu origem a uma araucária que produz, anualmente, 30 pinhas com tamanho excepcional (WENDLING e DELGADO, 2008).

Diante da proibição do corte e do desenvolvimento das Araucárias, restaram ainda algumas alternativas de incremento de renda para populações residentes em áreas de Floresta da Araucária. Entre estas, a coleta e a comercialização das sementes (pinhões) pode estar entre as principais formas de exploração sustentável de produtos não madeireiros da espécie. Além disso, a economia do pinhão poderá se consolidar como uma oportunidade de renda extra na propriedade rural. A implementação de cooperativas e associações funcionaria como um

intermediário entre o coletor e o consumidor final agregando valor ao pinhão (DANNER et al., 2012; BITTENCOURT et al., 2015; RIBEIRO et al., 2015).

1.2. PINHÃO

As sementes têm origem nas brácteas do estróbilo feminino, desenvolvendo-se a partir de óvulos nus, geralmente com tegumento duro e endosperma abundante. As mesmas são carnosas, conhecidas como pinhões, tendo de 3 cm a 8 cm de comprimento, por 1 cm a 2,5 cm de largura e peso médio de 8,7 g; a forma é cônica-arredondada-oblonga, com ápice terminando com um espinho achatado e curvado para a base. A amêndoa é branca-róseo-clara, rica em reservas energéticas, principalmente amido (54,7%) e aminoácidos; no centro, encontra-se o embrião com os cotilédones brancos ou rosados claros, que são retos, ou com a extremidade dobrada e constituem cinco sextos do comprimento do embrião. Sua casca possui cor marrom avermelhada e a polpa, a parte comestível, é muito dura quando crua; de maneira a necessitar de um processo de abrandamento de sua textura para permitir o consumo (REITZ e KLEIN, 1966; CARVALHO, 1994).

O pinhão foi um elemento importante na dieta de indígenas que viviam em locais de alta altitude. Os relatos históricos também descrevem como os trechos de floresta de araucária foram claramente demarcados e defendidos. As sementes de pinhão são colhidas principalmente durante os meses de outono, de março a junho, mas a produção é escassa durante a primavera e o verão (outubro-fevereiro). Registros indicam que houve uma rápida expansão da floresta de araucária, começando em torno de 1000 dC, substituindo partes das pastagens existentes no sul do Brasil (CORTELETTI et al., 2015).

Do ponto de vista nutricional o pinhão é um alimento que tem se destacado pelo seu baixo índice glicêmico (23% menor do que o pão branco), pelo teor de amido resistente que perfaz 3,27% do amido total e também pela presença de compostos fenólicos em torno de 0,54 mg/g do pinhão cozido com casca (CORDENUNSI et al., 2004; YAMAGUCHI et al., 2005). Além disso, o amido resistente representa parte dos constituintes da fibra alimentar total cujo valor encontrado por Capella et al. (2009) é de 15% no pinhão cru e fresco. O amido resistente e os compostos fenólicos promovem a saúde e o bem-estar dos consumidores. O amido resistente, como é fermentado no intestino grosso, serve de nutriente para as bifidobactérias sendo considerado um alimento prébiotico. Ao promover o crescimento desses grupos microbianos são produzidos ácidos graxos de cadeia curta, os quais colaboram para a saúde do cólon (DELLANOCE PEREIRA, 2007; MAGALHÃES et al., 2011). Os teores de amido

rapidamente digerível (RDS), os de baixa digestibilidade (SDS) e o amido resistente (RS) variam de 88,4 a 92,6%, 0,7 a 4,7% e 3,0 a 9,0%, respectivamente, segundo estudo realizado por Zortéa-Guidolin et al. (2017). O amido de milho cozido apresentou maior teor de RDS e menor teor de SDS e RS quando comparado ao amido de pinhão. Este fato indica vantagens nutricionais das sementes de araucária.

O amido é considerado reserva de carboidrato em muitas plantas, incluindo sementes, raízes, tubérculos e cereais. O amido é composto de amilose e amilopectina, e a relação entre estas duas macromoléculas varia com a fonte alimentícia analisada. O teor de amilose e amilopectina dos amidos de pinhão está em torno de 26% e 74%, respectivamente (DA COSTA et al., 2013; KLEIN et al., 2013).

Em relação à composição centesimal do pinhão, os dados apresentam grande variação, umidade de 38 a 50%; proteínas de 3,3 a 8,5%; lipídios de 0,08-2,9%; fibra alimentar de 5 a 22,2% e amido de 34% a 60% (CORDENUNSI et al., 2004; CAPELLA et al., 2009; GAMA et al., 2010; DA SILVA et al., 2016). É possível quantificar o total de 13 ácidos graxos. Os que se destacam são: ácido linoleico, ácido oleico e ácido palmítico. Tocoferóis (isômeros da vitamina E) são antioxidantes naturalmente presentes no endosperma do pinhão. Já na quantificação de minerais em mg/100g, o fósforo varia de 120,64 a 155,36; o cálcio entre 19,18 a 29,33 e o zinco entre 0,58 a 0,76. A composição físico-química é influenciada por fatores genéticos, sistemas ambientais e manejo, dentre outros (CORRÊA e HELM, 2010; DA SILVA et al., 2016).

O perfil da composição centesimal de sementes de pinhão é semelhante ao da castanha portuguesa (*Castanea sativa* Mill.) cuja noz é tradicional em países mediterrânicos europeus. A castanha portuguesa, variedade Longal, apresenta valores, em g/100g em base seca, para umidade, proteína, lipídios, cinzas, fibra e amido de 48, 5, 2,6, 1,9, 3,2 e 46,8, respectivamente (CORREIA et al., 2009).

Em relação às proteínas do pinhão, os estudos são escassos referindo-se aos seus aminoácidos como sendo semelhantes aos do trigo e do milho, tendo como limitante a lisina seguida da histidina (PIRES et al., 2006; LEITE et al., 2008). É importante determinar o perfil de aminoácidos uma vez que a digestibilidade das proteínas depende da sua presença em quantidades e proporções adequadas às necessidades do indivíduo devendo ainda estar em forma biodisponível (SGARBIERI, 1996).

A semente de *Araucaria angustifolia* apresenta elevada atividade de água o que dificulta sua comercialização fora da época de colheita. O pinhão acondicionado em embalagem de

polietileno à temperatura ambiente apresenta perda da viabilidade fisiológica aos 60 dias de armazenamento. Já refrigerado a 1 °C, é capaz de conservar melhor a textura e sabor após a colheita por até 210 dias. Entretanto, quando armazenados em rede a perda de umidade é acentuada, o que causa menor aceitação (DAVID e SILOCHI, 2010; FRECCIA et al., 2013).

1.3. ARROZ

O Brasil é o maior produtor de arroz (*Oryza sativa L.*) da América Latina, cereal considerado básico da dieta humana devido à alta concentração de amido, proteínas, vitaminas, minerais, fibras e baixo teor de lipídios. Além dessas características, é considerado um alimento importante na dieta de celíacos já que se trata de um cereal isento de glúten. A associação de arroz às pesquisas envolvendo o desenvolvimento de produtos isentos de glúten vem sendo estudadas há pelo menos duas décadas (MUTHAYYA et al., 2014; CIACCIO et al., 2016).

O arroz é uma excelente fonte de energia na dieta, principalmente por causa do amido, o carboidrato que constitui 90% do arroz, em base seca. Já a amilose varia de 0 e 33%, dependendo da cultivar. O amido também é um fator responsável por vários aspectos da qualidade dos grãos, especialmente as características funcionais durante o processamento dos alimentos. Além do carboidrato, o arroz é uma importante fonte de proteínas em muitas regiões do mundo. Seu componente proteico é geralmente considerado como hipoalergênico, e vários estudos destacaram os benefícios nutricionais e de saúde associados ao consumo de proteínas de arroz. O arroz é composto de quatro frações proteicas: albumina, globulina, glutelina e, em menor fração, prolamina e possui aminoácidos essenciais tendo como limitantes a lisina (NAVES, 2007; PATINDOL et al., 2015; AMAGLIANI et al., 2017).

A maior parte do arroz produzido mundialmente é consumida na forma de grãos de arroz. Produtos a partir de cereais integrais apresentam informações de relacionadas à saúde que geram expectativas sensoriais e de consumo por parte dos consumidores. Exemplos de produtos com valor agregado baseados no arroz incluem farinha como base para outros produtos, cereais matinais, massas de arroz sem glúten como macarrão e biscoitos (MUTHAYYA et al., 2014; HEINIÖ et al., 2016; BASSINELLO et al., 2017).

1.4. AMENDOIM

O amendoim (*Arachis hipogea L.*) pertence ao grupo das plantas leguminosas oleaginosas e é originário da América do Sul. O amendoim já vem sendo cultivado em escala comercial há muitos anos no Brasil. Sua produção teve contribuição expressiva no

abastecimento interno de óleos vegetais comestíveis na década de 60. Na década de 70, houve maior produção desse grão, tendo declinado desde então, devido aos atrasados padrões tecnológicos de cultivo e colheita até então utilizados, à estrutura de comercialização e ao avanço da produção de soja no país (LOURENZANI e LOURENZANI, 2009).

O amendoim é um produto consumido mundialmente seja *in natura* ou processado. Além do óleo comestível, este produto é considerado uma das principais matérias-primas do ramo de confeitaria, sendo utilizado na indústria alimentícia como ingrediente na produção de balas, doces, bombons e pastas (LOURENZANI e LOURENZANI, 2009).

As indústrias de alimentos, principais clientes dessa cadeia produtiva, passaram a ser cobradas quanto à qualidade de suas matérias-primas devido à susceptibilidade à contaminação por micotoxinas, principalmente por aflatoxinas, em diferentes estágios da cadeia agrícola, como a pré-colheita, a colheita e o manejo pós-colheita. As toxinas microbianas são metabólitos secundários tóxicos produzidos por fungos, cuja espécie *Aspergillus* produz aflatoxinas. No entanto, com medidas apropriadas, tais como a criação de consciência e práticas de manejo, esta toxina pode ser minimizada ou mesmo erradicada. Neste contexto, foi criado, em 2001, um programa de auto regulamentação e expansão do consumo de amendoim, o Pró-Amendoim. Este programa incentiva a melhoria da qualidade do produto *in natura* e industrializado (LOURENZANI e LOURENZANI, 2009; ADEYEYE, 2016; ACHAGLINKAME et al., 2017).

A retenção de alto teor de proteína e ácidos graxos insaturados no amendoim, mesmo após processamento, torna-o uma matéria-prima de interesse industrial, por ser uma fonte acessível de proteína e lipídios de origem vegetal. A manteiga de amendoim que contém aproximadamente 27,8% de proteína e 49,4% de lipídios é uma excelente fonte de energia (581 kcal /100 g). Devido ao elevado teor de lipídios insaturados, os parâmetros do processo bem como o armazenamento da pasta devem ser avaliados a fim de evitar oxidação lipídica (WOODROOF, 1983; ROZALLI et al., 2016).

O amendoim contribui também para a ingestão de antioxidantes. Essa característica deve-se, principalmente, à película vermelha presente no amendoim que contribui para o aumento do teor de antioxidante total em cerca de duas vezes. Essa ação antioxidante é atribuída ao resveratrol, um polifenol de atividade antiinflamatória e antioxidante, encontrado majoritariamente na película dos grãos. Essa substância é capaz de aumentar a concentração da lipoproteína de alta densidade (HDL) prevenindo doenças cardiovasculares (SANTOS, 2005; BLOMHOFF et al., 2006).

De acordo com dados reportados na literatura, os fitoesteróis presentes no amendoim podem reduzir o colesterol no sangue, bem como diminuir o risco de certos tipos de câncer e melhorar a função imunológica (PHILLIPS et al., 2005).

1.5. GORDURA DE PALMA

O dendezeiro (*Elaeis guineensis*) é uma palmeira originária da África. No Brasil é produzido, principalmente, no Pará e na Bahia. Esta cultura, de importância mundial, beneficia diversos setores tais como a indústria alimentícia, farmacêutica, química e de combustível. A produção de óleo a partir da palma promove a geração de emprego e renda nas regiões produtoras (DE JESUS BORGES et al., 2016).

O fruto do dendezeiro produz dois tipos de óleos: o óleo de palma, conhecido no Brasil como azeite de dendê, extraído do mesocarpo (polpa) e o óleo da amêndoa chamado óleo de palmiste, extraído da semente. O fracionamento do óleo de palma por métodos físicos permite o isolamento de frações com diferentes pontos de fusão. A oleína de palma representada por uma gordura macia é geralmente usada como ingrediente em óleos de cozinha e salada; e a estearina de palma caracterizada por uma gordura mais densa é utilizada como ingrediente na formulação de emulsões. O conteúdo variado de ácidos graxos saturados presente nas frações de óleo de palma indica diferentes graus de plasticidade e conseqüentemente diversas aplicações alimentícias. O óleo de palma possui cerca de 50% de ácidos graxos saturados, 40% de monoinsaturados e 10% de poliinsaturados e é rico em vitamina E. O elevado conteúdo de ácidos graxos saturados garante pontos de fusão mais elevados com formação de uma fase sólida (estearina) na temperatura ambiente (TARRAGO-TRANI et al., 2006; BRAZILIO et al., 2012).

Com a exigência da indicação na rotulagem dos ácidos graxos trans, as indústrias de alimentos foram motivadas a explorar alternativas para substituição destas gorduras em seus produtos. A estearina do óleo de palma vem sendo utilizado como substituto da gordura vegetal hidrogenada, já que é isento de gordura trans, em misturas para bolos e coberturas, cookies, biscoitos, frituras, sorvetes, revestimento de chocolate e recheios entre outros produtos (MANDARINO et al., 2005; TARRAGO-TRANI et al., 2006).

1.6. OBTENÇÃO DE FARINHAS (PINHÃO E ARROZ)

As farinhas podem ser obtidas a partir de várias matérias primas, dentre elas cereais ou sementes. Alguns dos objetivos são: diminuição de volume facilitando o transporte, redução de

atividade de água a fim de aumentar a vida de prateleira e aumentar a diversidade de produtos para os consumidores (DAVID e SILOCHI, 2010; FRECCIA et al., 2013).

No processo de obtenção de farinhas, as etapas em comum são a limpeza, moagem e secagem, geralmente realizadas a seco. Há algumas diferenças neste procedimento que ocorrem devido às características da matéria-prima, tais como a degerminação na obtenção de óleo/farelo (milho) e a prensagem/esfarelamento antes da secagem (mandioca) (FELLOWS, 2006). No caso das sementes de pinhão, existem dois métodos utilizados para o descascamento, etapa prévia à obtenção da farinha. Um deles é o cozimento das sementes, método tradicionalmente utilizado pois torna a casca externa mais tenra facilitando desta forma a remoção da mesma. Outro método bastante utilizado é o descascamento das sementes *in natura* com o auxílio de uma faca (CAPELLA et al., 2009).

As farinhas de pinhão, segundo Capella et al. (2009), são boas fontes de fibras e proteínas devendo ser valorizadas se comparadas à farinha de trigo por ser isento de glúten e à farinha de milho por representar uma alternativa para a formulação de produtos expandidos. A ideia de se usar misturas de farinhas para este fim não é recente sendo que um dos principais objetivos é o incremento nutricional, a complementação protéica e a incorporação de fibras. Essas misturas visam também atender às novas demandas comerciais, hábitos de consumo e tendências de mercado e, portanto, requerem avaliações da composição centesimal para verificar a viabilidade tecnológica quanto ao emprego em diferentes etapas de processamento e obtenção de diversos produtos. A farinha de arroz vem sendo utilizada devido suas propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais (SGARBIERI, 1996; KADAN et al., 2003; PEREZ e GERMANI, 2004).

Além disso, cada tipo de semente possui uma faixa de temperatura de secagem específica para a manutenção da qualidade, seja para a estocagem ou para a obtenção de subprodutos. Deste modo, Capella (2008) estudou a secagem a 65, 75 e 85 °C de sementes de pinhão cruas e cozidas ambas frescas ou congeladas. Quanto à cinética de secagem, a menor velocidade de secagem observada foi na semente cozida fresca devido a absorção de água durante modificação do amido e, conseqüentemente com maior volume e a maior na crua congelada devido a formação de cristais de gelo aumentando a exudação no momento da secagem nas temperaturas de 65 °C e 85 °C, respectivamente. As farinhas obtidas apresentaram teor de umidade conforme exigido pela legislação, com exceção da farinha obtida a 75 °C a partir de sementes cozidas e congeladas. A faixa recomendada de acordo com a superfície de resposta foi de 65 a 75 °C, nas temperaturas estudadas. A diferença de composição centesimal

foi pequena, apresentando maior valores de lipídios quando cruas e maior de cinzas nas sementes congeladas, quando comparadas de acordo com o pré-tratamento utilizado. (PEREDA e MURAD, 2005; CAPELLA, 2008).

A obtenção de farinha de pinhão seria uma das alternativas para este alimento ser ofertado o ano inteiro. Além de propiciar o desenvolvimento de diversos produtos, sejam eles comerciais ou caseiros, podem ser consumidos por celíacos se os demais ingredientes adicionados forem isentos de gluten. A aplicação de farinha de pinhão vem sendo realizada com sucesso em diversos produtos como bolos, pão de forma, biscoitos, *snacks*, cervejas entre outros (ACORSI et al., 2009; ANJOS, 2013; BATISTA, 2014; POLET et al., 2015; IKEDA, 2016; IKEDA et al., 2018).

1.7. EXTRUSÃO

A tecnologia de extrusão termoplástica é versátil e opera de forma contínua com alta eficiência energética, sem geração de resíduos, na formulação de biscoitos expandidos diretos, farinhas solúveis para cremes, sopas e/ou alimentos infantis (MARQUES et al., 2015).

A extrusão termoplástica tem sido ascendentemente utilizada para produzir uma ampla gama de produtos expandidos (*snacks*) e de cereais matinais por combinar várias operações unitárias como mistura, cocção, cisalhamento e formatação em um único equipamento, podendo melhorar as características nutricionais dos produtos (PEREDA e MURAD, 2005).

Quando a tecnologia de extrusão é adequadamente empregada, o produto resultante tem altíssimo valor agregado, podendo chegar até 2000%, em relação ao valor do custo de aquisição da matéria prima e o valor de venda do produto comercializado nos supermercados (CEREDA, 2003).

Dos produtos de conveniência existentes no mercado, os produtos extrudados são aqueles caracterizados pelo alto grau de aceitação por jovens e adultos por apresentarem sabor e textura agradáveis. Comercialmente, a maior parte dos *snacks* expandidos são elaborados a partir milho devido ao alto teor de amido na sua composição. Ao se desejar aumentar o valor nutricional desses alimentos é necessário estudos sobre os mecanismos de interação entre os ingredientes a fim de modificar o processo e a forma de obter produto de qualidade aceitável pelo consumidor (FRANÇA et al., 2014; MARQUES et al., 2015).

A degradação térmica do amido (termólise) ocorre nas condições de 80 °C, 20 h e 8% de umidade do material. Desse modo, não é possível que esta degradação ocorra durante a extrusão por se tratar de um processo rápido. A formação de moléculas de baixo peso molecular,

açúcares menores, pode ocorrer pela hidrólise enzimática já que a extrusão não inativa completamente tais enzimas amilolíticas, por pressão e cisalhamento. Esses açúcares menores estão envolvidos na reação de Maillard contribuindo com o desenvolvimento de coloração e *flavor* característicos. Modificações na estrutura do amido também ocorrem durante o cozimento por extrusão, de acordo com os parâmetros utilizados como temperatura, umidade e cisalhamento, perdendo sua forma cristalina organizada (ASCHERI, 1997).

Os *snacks* são definidos como produtos extrusados de primeira geração, ou seja, quando a expansão ocorre diretamente na matriz da extrusora. A estrutura de produtos expandidos por extrusão depende, principalmente, da modificação ou hidrólise do amido no canhão da extrusora, seguida pela queda de pressão na saída da matriz ocasionando a passagem da água interna para vapor, promovendo a expansão da massa. A perda de 3 a 5% de umidade a saída da matriz leva ao resfriamento rápido do produto. A expansão do produto depende, principalmente, da composição da mistura e das condições de processamento (ASCHERI, 1997).

O grau de expansão está diretamente relacionado ao conteúdo de amido no produto, para que ocorra expansão o limite mínimo de amido é de 60 a 70%. A farinha de arroz e de pinhão apresentam cerca de 76,9% e 69,1% em base seca de amido, respectivamente, e baixo teor de lipídios. Durante o processo de extrusão o amido sofre modificações que interferem na textura do produto final. Além disso, a proporção de amilose/amilopectina também tem influencia na expansão dos *snacks*. A amilose, em geral, propicia a obtenção de produtos mais duros e menos expandidos. Já a amilopectina contribui com características de leveza, elasticidade, extensibilidade da matriz gelatinosa, textura e superfície regulares do *snack*, porém pegajoso. Como resultado da reorganização mais forte dos polímeros de amilose durante a expansão, isto é, retrogradação, extrusados de amido de milho contendo 55% de amilose, foram duas vezes mais duros que extrusados de amido de arroz contendo 20% ou 32% de amilose. Já o teor de amilose dos amidos de arroz e pinhão é de aproximadamente 36,6 e 26,9% em base seca, respectivamente, sendo o recomendado para obtenção de *snacks* expandido de 5 a 20% de amilose na mistura. (ASCHERI, 1997; DING et al., 2005; THYS et al., 2010; KLEIN et al., 2013; SARAWONG et al., 2014; VANIER et al., 2016).

Outros constituintes da composição da mistura também influenciam a expansão dos *snacks*. A sacarose e o cloreto de sódio contribuem para uma maior expansão. Já os lipídios podem favorecer a obtenção de *snacks* duros, enquanto que a adição de proteína, em especial, o isolado proteico de soja, contribui para maior expansão e crocância. A adição de fibras

diminui a expansão e porosidade e aumenta a dureza dos *snacks*. Enfim, a adição de ingredientes como proteínas, fibras ou açúcares, modificam fortemente a viscosidade da massa fundida na extrusora. Algumas hipóteses já foram desenvolvidas para explicar esse fenômeno como quebra celular durante a expansão na interface entre amido e fibras e/ou proteínas, diminuindo a pressão motriz para o crescimento celular e também perda de elasticidade do material fundido e, conseqüentemente, limitar o alongamento das paredes durante a expansão no final do processo (ASCHERI, 1997; SINGH et al., 2007; CHANVRIER et al., 2013; CHANVRIER et al., 2014; BIELI et al., 2015; SETH et al., 2015).

A produção de *snacks* a partir de farinha de pinhão e/ou arroz e/ou castanha portuguesa por extrusão termoplástica possui grande potencial devido às características dessas matérias primas que contribuem para expansão do produto final. Misturas de farinhas de diferentes fontes podem garantir o teor de amido adequado para atingir a textura desejada do *snack* como também na adição de minerais e aminoácidos (SACCHETTI et al., 2004; DING et al., 2005; SINGLA, 2011; KLEIN et al., 2013; BOFF ZORTÉA-GUIDOLIN et al., 2017).

Outro fator que influencia nas características do produto final é a umidade inicial da mistura. A expansão ocorrendo em um material alimentício depende do diferencial de pressão entre a matriz e a atmosfera. Alimentos com menor umidade tendem a ser mais viscosos do que aqueles com maior umidade e, portanto, o diferencial de pressão seria menor para alimentos com maior umidade, levando a um produto menos expandido. Entretanto, o teor de umidade inicial da mistura em torno de 14%, dependendo da composição e condições operacionais do processo, pode restringir o fluxo do material e aumentar a taxa de cisalhamento e o tempo de permanência, podendo contribuir, desse modo, com o grau de modificação do amido, queda de pressão ao longo da matriz e, conseqüente maior expansão do *snack*. Já o aumento excessivo do teor de umidade durante a extrusão alteraria a estrutura molecular da amilopectina do material, reduzindo a elasticidade e expansão do material, aumentando, conseqüentemente, a densidade do extrudado. (ASCHERI, 1997; AKDOGAN, 1999; DING et al., 2005; SINGH et al., 2007; SARAWONG et al., 2014; SETH et al., 2015).

Abaixo de 100°C o amido não é totalmente fundido e por isso os *snacks* obtidos não possuem altos índices de expansão. À medida que a temperatura é elevada durante o processo, o índice de expansão tende a aumentar devido a redução da viscosidade da massa e ao aumento da pressão de vapor na saída da extrusora. Já sob temperaturas altas, a partir de 170°C, o amido sofre dextrinização excessiva e sua estrutura encontra-se enfraquecida, levando a menor expansão (ASCHERI, 1997; DING et al., 2005; SETH et al., 2015).

Outro parâmetro operacional é a rotação do parafuso. O seu aumento gera maior grau de cisalhamento da massa e o decréscimo do tempo de residência. Na produção de *snacks* a partir de farinha de trigo, observou-se que o aumento na velocidade do parafuso resultou em um extrusado com menor densidade. Espera-se que velocidades de rosca mais altas reduzam a viscosidade da mistura, aumentando a elasticidade da massa, resultando em maior expansão do extrudado submetido às temperaturas elevadas. Do contrário, sob temperaturas baixas, velocidades elevadas da rotação do parafuso podem ocasionar em menor grau de cisalhamento mecânico da massa devido ao menor tempo de residência e consequente menor expansão. Na produção de *snacks* em extrusora de dupla rosca, a partir de farinha de arroz, verificou-se que a velocidade da rotação do parafuso não tem influência significativa na expansão do produto final. Já na produção de farinha de banana verde extrusada verificou-se maior teor de amilose quando foi submetida ao aumento da velocidade da rotação devido à degradação do amido (ASCHERI, 1997; DING et al., 2005; DING et al., 2006; SARAWONG et al., 2014).

O processo de extrusão termoplástica contribui para a digestibilidade de alguns alimentos, porém pode provocar alterações não desejáveis. O conteúdo de amido resistente (RS), por exemplo, nas farinhas nativas tende a diminuir após o processo de extrusão termoplástica. Entretanto, o uso combinado de amido de milho e goma e/ou diferentes aditivos alimentares podem afetar a formação de RS durante a extrusão. Velocidades mais baixas de rotação do parafuso podem aumentar o teor de RS quando comparado a maiores velocidades devido a formação de RS a partir da degradação do amido. Dessa forma, o maior tempo de residência pode ter sido responsável por uma maior oportunidade na associação da cadeia de amilose e, portanto, na formação da RS. O teor de umidade também interfere no teor de RS já que a partir do alto nível de amilose pode haver uma tendência de retrogradação com a formação de ligações de hidrogênio intermoleculares fortes na fração de amilose. Descobriu-se que a adição de açúcares solúveis como glicose, maltose, sacarose e ribose reduz o nível de cristalização e subseqüentemente reduz os rendimentos do amido resistente. Nos amidos de trigo, os rendimentos de RS diminuíram de aproximadamente 3,4% para 2,8% na presença de sacarose ou glicose, e para 2,5% na presença de ribose ou maltose (SAJILATA et al., 2006; SARAWONG et al., 2014; BOFF ZORTÉA-GUIDOLIN et al., 2017).

1.8. PROPRIEDADES PREBIÓTICAS

Nas últimas décadas, as demandas dos consumidores na alimentação mudaram consideravelmente. Além de satisfazer a fome e fornecer os nutrientes necessários para os seres

humanos, os alimentos também servem para prevenir doenças relacionadas à nutrição e melhorar a saúde física e bem-estar mental dos consumidores (SIRO et al., 2008).

O termo “alimento funcional” foi usado pela primeira vez no Japão, na década de 1980, para produtos alimentícios fortificados com constituintes especiais como fibras, vitaminas entre outros, cujos efeitos fisiológicos contribuem para melhorar a saúde. Alimentos funcionais podem melhorar as condições gerais do corpo com o uso de prebióticos e probióticos por exemplo, diminuir o risco de algumas doenças com substâncias capazes de reduzir o colesterol, e podem até mesmo ser ingeridos com a intenção de curar ou prevenir o aparecimento de algumas doenças. Os alimentos funcionais vêm sendo considerados uma tendência no mercado alimentício. Entretanto, alguns produtos mesmo contendo ingredientes funcionais não são considerados saudáveis quando apresentam excesso de açúcar e sódio, por exemplo (SIRO et al., 2008; SILVA et al., 2016).

Prebióticos são ingredientes alimentares não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro ao estimular o crescimento de um número limitado de bactérias no cólon, melhorando assim sua saúde. Entre eles o amido resistente é considerado um dos principais componentes prebióticos. O amido resistente é definido como a quantidade total de amido e os produtos da degradação do amido que resistem à digestão, no intestino delgado. Os amidos capazes de resistirem à digestão chegarão ao cólon, onde serão fermentados pela microbiota intestinal, produzindo uma variedade de produtos que incluem ácidos graxos de cadeia curta que podem fornecer uma série de benefícios fisiológicos. Desse modo, podem colaborar para o crescimento e sobrevivência das culturas probióticas. Alimentos contendo uma combinação de probióticos e prebióticos são frequentemente referidos como simbióticos (SIRO et al., 2008; ZAMAN e SARBINI, 2016).

1.9. ANÁLISE SENSORIAL

Análise sensorial é definida como a metodologia científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características de produtos, dentre eles alimentícios, relacionadas à percepção dos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993).

O ser humano possui habilidade natural para comparar, diferenciar, quantificar e qualificar atributos sensoriais. Quando se emprega a metodologia apropriada aos objetivos do estudo e ao tratamento estatístico dos dados é possível avaliar alimentos e bebidas sensorialmente. Vários métodos estão disponíveis para aplicação como testes discriminativos,

descritivos e afetivos. Alguns testes afetivos ou subjetivos geram *insights* mas somente os testes quantitativos permitem concluir a influência de características dos produtos em relação à aceitação (BARBOZA et al., 2003).

Os testes afetivos apresentam o nível de satisfação que o avaliador manifesta sobre o produto analisado. Por se tratar de uma manifestação pessoal, essas provas são as que apresentam maior variabilidade nos resultados. O objetivo do emprego desse tipo de teste é de verificar a preferência, o grau de satisfação com um novo produto e/ou a probabilidade de adquirir o produto testado (TEIXEIRA, 2009).

As principais aplicações do teste afetivo são para a manutenção da qualidade do produto, otimização de produtos e/ou processos e desenvolvimento de novos produtos. Geralmente um grande número de julgadores se faz necessário para a realização das avaliações. Os avaliadores não são treinados, mas são selecionados para representar o público alvo com gostos próximos aos de consumidores de produtos similares. Os testes afetivos, também chamado de testes de consumidor, são uma importante ferramenta, pois acessam diretamente a opinião do consumidor já estabelecido ou potencial de um produto, sobre características específicas do produto ou ideias sobre o mesmo (BARBOZA et al., 2003).

Usualmente, a aplicação de testes de aceitação se dá pela utilização da escala hedônica, desenvolvida em 1957. Nesta escala é possível avaliar o quanto o julgador gostou ou desgostou de determinada amostra. Uma das formas mais utilizada e mais precisa é a escala verbal de 9 pontos, que varia desde *desgostei extremamente* (1) até *gostei extremamente* (9) (MEILGAARD et al., 1999).

No desenvolvimento e comercialização bem-sucedidos de novos produtos é fundamental o conhecimento de informações que vão além da percepção afetiva do produto. As características sensoriais de alimentos e bebidas têm sido tradicionalmente obtidas através da aplicação da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) cujos provadores são treinados. Esta metodologia é realizada em três etapas: geração de termos descritores, seleção e treinamento dos provadores, e, por fim, avaliação das amostras. A ADQ fornece resultados detalhados, precisos, confiáveis e consistentes, sendo uma das metodologias mais comuns na análise sensorial. No entanto, esta metodologia é dispendiosa e demorada, em parte devido ao fato de que o vocabulário e o treinamento da equipe devem estar associados e adaptados para cada tipo de produto. Assim, é difícil para a indústria, que muitas vezes enfrenta restrições de recursos e de tempo, podendo levar de 10 a 120 horas, aplicar rotineiramente análise sensorial descritiva

no processo de desenvolvimento de produtos (MEILGAARD et al., 1999; DUTCOSKY, 2011; ARES, 2015).

Devido a essas restrições, o interesse no desenvolvimento de métodos confiáveis e rápidos para a caracterização sensorial de produtos alimentícios está sendo considerado o *Check All That Apply* (CATA). Não é um método novo por si só, mas um formato versátil de questões de múltipla escolha que está sendo cada vez mais aplicado para uma variedade de propósitos diferentes na análise sensorial. Resumidamente, os avaliadores são apresentados ao produto e à uma lista de termos para caracterizá-lo. Sua tarefa é simplesmente selecionar todos os termos que eles consideram apropriados, e a relevância de cada opção de resposta é determinada pelo cálculo de sua frequência de uso. As recentes aplicações do CATA para caracterização sensorial de produtos pelos consumidores incluem *snacks*, chocolate, água saborizada, biscoitos, sorvetes etc (MEILGAARD et al., 1999; DUTCOSKY, 2011; ARES, 2015).

Há relação entre o número de provadores e a estabilidade na metodologia CATA. Em geral, quanto mais provadores participarem do teste maior será a confiabilidade nos resultados. Para testes com escala hedônica dependendo da complexidade do produto o recomendado é a aplicação entre 50 a 150 consumidores. Já em relação a metodologia CATA, 100 a 120 provadores são o suficiente para obter respostas confiáveis sobre as características sensoriais (ARES, TÁRREGA, et al., 2014).

Algumas práticas devem ser empregadas na execução do CATA para caracterização sensorial dos produtos. O modo de apresentação dos atributos e amostras deve ser balanceado para evitar tendências nas respostas dadas pelos consumidores. Verificou-se que as diferenças na frequência de uso de um atributo seriam mais altas na versão de cédula, onde ele seria colocado mais próximo do topo da lista (MEILGAARD et al., 1999; ARES e JAEGER, 2013). Em relação ao número de termos utilizados nas fichas, constatou-se que o uso de listas de 10 a 28 termos do CATA teve pouco impacto sobre as caracterizações de produtos sensoriais. Ao projetar a lista do CATA, os profissionais são encorajados a não usar um número excessivo de termos, mas a incluir termos diferentes para características sensoriais relevantes, a fim de levar em conta a heterogeneidade do consumidor. A reprodutibilidade do CATA pode ser associado ao grau de diferença entre as amostras, quanto maior a similaridade menor será a reprodução das respostas. Em geral, os termos selecionados por uma grande porcentagem de consumidores tendem a ser altamente reprodutíveis (ARES, ANTÚNEZ, et al., 2014; JAEGER et al., 2015).

Outro método também utilizado para explicar a aceitação de produtos é denominado de perguntas abertas. É solicitado ao consumidor que responda o mais gostou e o que menos gostou

em cada uma das amostras. Este estudo fornece uma visão interessante sobre a percepção dos consumidores. Essa técnica permite a identificação de atributos que direcionam suas preferências. A utilização desta análise é recomendada como complementar simples e confiável para mapear as preferências (ARES et al., 2010; SYMONEAUX et al., 2012).

2.0. REFERÊNCIAS LITERÁRIAS

ABNT, N. 12806. "Análise sensorial dos alimentos e bebidas". **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, 1993.

ACHAGLINKAME, M. A.; OPOKU, N.; AMAGLOH, F. K. Aflatoxin contamination in cereals and legumes to reconsider usage as complementary food ingredients for Ghanaian infants: A review. **Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism**, 2017. ISSN 2352-3859.

ACORSI, D. M. et al. Viabilidade do processamento de biscoitos com farinha de pinhão Viability of cookie-processing with Paraná pine nut flour. **Ambiência**, v. 5, n. 2, p. 207-212, 2009. ISSN 2175-9405.

ADEYEYE, S. A. Fungal mycotoxins in foods: A review. **Cogent Food & Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 1213127, 2016. ISSN 2331-1932.

AKDOGAN, H. High moisture food extrusion. **International journal of food science & technology**, v. 34, n. 3, p. 195-207, 1999. ISSN 0950-5423.

AMAGLIANI, L. et al. The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 64, p. 1-12, 2017. ISSN 0924-2244.

ANJOS, G. R. D. **Obtenção e caracterização de farinha e amido de pinhão nativos e esterificados com ácido láctico**. 2013. Universidade Tecnológica Federal do Paraná

ARES, G. Methodological challenges in sensory characterization. **Current Opinion in Food Science**, v. 3, p. 1-5, 2015. ISSN 2214-7993.

ARES, G. et al. Further investigations into the reproducibility of check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization elicited by consumers. **Food Quality and Preference**, v. 36, p. 111-121, 2014/09/01/ 2014. ISSN 0950-3293. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329314000573> >.

ARES, G. et al. Use of an open-ended question to identify drivers of liking of milk desserts. Comparison with preference mapping techniques. **Food Quality and Preference**, v. 21, n. 3, p. 286-294, 2010/04/01/ 2010. ISSN 0950-3293. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095032930900069X> >.

ARES, G.; JAEGER, S. R. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. **Food Quality and Preference**, v. 28, n. 1, p. 141-153, 2013. ISSN 0950-3293.

ARES, G. et al. Investigation of the number of consumers necessary to obtain stable sample and descriptor configurations from check-all-that-apply (CATA) questions. **Food Quality and Preference**, v. 31, p. 135-141, 2014. ISSN 0950-3293.

ASCHERI, J. **Extrusão termoplástica de amidos e produtos amiláceos**. EMBRAPA-CTAA, 1997.

BARBOZA, L. M. V.; FREITAS, R. J.; WASZCZYNSKYJ, N. Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. **Brasil alimentos**, v. 18, p. 34-35, 2003.

BASSINELLO, P. Z.; LUZ, T. C. D. L. A.; FERREIRA, C. M. Farinha de Arroz: Alternativa Alimentar e Econômica. **Documentos**, n. 315, 2017. ISSN 1678-9644.

BATISTA, R. D. A. **Produção e avaliação sensorial de cerveja com Pinhão (Araucaria angustifolia)**. 2014. Universidade de São Paulo

BIELI, B. C. et al. Produção de snack extrusado com adição de farinha de bagaço de malte. **Revista Tecnológica**, p. 321-326, 2015. ISSN 2447-2476.

BITTENCOURT, A. M.; DOS SANTOS, A. J.; MEDEIROS, R. A RENDA DO PINHÃO NAS PROPRIEDADES RURAIS DA REGIÃO SUDESTE DO PARANÁ. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v. 11, n. 21, p. 2778-2792, 2015.

BLOMHOFF, R. et al. Health benefits of nuts: potential role of antioxidants. **British Journal of Nutrition**, v. 96, n. S2, p. S52-S60, 2006. ISSN 1475-2662.

BOFF ZORTÉA-GUIDOLIN, M. E. et al. Influence of Extrusion Cooking on In Vitro Digestibility, Physical and Sensory Properties of Brazilian Pine Seeds Flour (Araucaria Angustifolia). **Journal of food science**, v. 82, n. 4, p. 977-984, 2017. ISSN 0022-1147.

BRAZILIO, M. et al. O Dendezeiro (Elaeis guineensis Jacq.)-Revisão. **Bioenergia em Revista: Diálogos (ISSN: 2236-9171)**, v. 2, n. 1, p. 27-45, 2012. ISSN 2236-9171.

CAPELLA, A. C. D. V. Farinha de pinhão (Araucaria angustifolia): composição e estabilidade do gel. 2008.

CAPELLA, A. C. D. V.; PENTEADO, P.; BALBI, M. E. Semente de Araucaria angustifolia: aspectos morfológicos e composição química da farinha. **Boletim CEPPA--Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 135-142, 2009.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. EMBRAPA-CNPFC Colombo, 1994. ISBN 8585007338.

CEREDA, M. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. Fundação Cargill, 2003.

CHANVRIER, H. et al. Starch-based extruded cereals enriched in fibers: a behavior of composite solid foams. **Carbohydrate polymers**, v. 98, n. 1, p. 842-853, 2013. ISSN 0144-8617.

CHANVRIER, H. et al. Insights into the texture of extruded cereals: structure and acoustic properties. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 24, p. 61-68, 2014. ISSN 1466-8564.

CIACCIO, E. J. et al. Trends in gluten research and its relationship to autoimmune and allergic diseases. **Informatics in Medicine Unlocked**, v. 3, p. 7-14, 2016. ISSN 2352-9148.

CORDENUNSI, B. R. et al. Chemical composition and glycemic index of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 11, p. 3412-3416, 2004. ISSN 0021-8561.

CORRÊA, M. D. F.; HELM, C. V. Caracterização da composição nutricional do pinhao in natura e cozido (*Araucaria angustifolia*). Embrapa Florestas-Resumo em anais de congresso (ALICE), 2010, In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 9., 2010, Colombo. Anais. Colombo: Embrapa Florestas, 2010.

CORREIA, P.; LEITÃO, A.; BEIRÃO-DA-COSTA, M. L. The effect of drying temperatures on morphological and chemical properties of dried chestnuts flours. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 3, p. 325-332, 2009. ISSN 0260-8774.

CORTELETTI, R. et al. Revisiting the economy and mobility of southern proto-Jê (Taquara-Itararé) groups in the southern Brazilian highlands: starch grain and phytoliths analyses from the Bonin site, Urubici, Brazil. **Journal of Archaeological Science**, v. 58, p. 46-61, 2015. ISSN 0305-4403.

DA COSTA, F. J. O. G. et al. Characterisation of native starches of seeds of *Araucaria angustifolia* from four germplasm collections. **Thermochimica Acta**, v. 565, p. 172-177, 2013. ISSN 0040-6031.

DA SILVA, C. M. et al. Extraction of oil and bioactive compounds from *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze using subcritical n-propane and organic solvents. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 112, p. 14-21, 2016. ISSN 0896-8446.

DANNER, M. A.; ZANETTE, F.; RIBEIRO, J. Z. O cultivo da araucária para produção de pinhões como ferramenta para a conservação. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 441, 2012. ISSN 1983-2605.

DAVID, A.; SILOCHI, R. Avaliação de métodos para conservação de pinhão. **Revista Faz Ciência, Francisco Beltrão**, v. 12, n. 15, p. 207-216, 2010.

DE ANGELI CURTO, R. et al. Alternativas para o manejo da Floresta Nacional do Açungui. **Alternativas**, p. 282, 2015.

DE CARVALHO, M. M. X.; NODARI, E. S. As origens da indústria madeireira e do desmatamento da floresta de araucária no Médio Vale do Iguaçu (1884-1920). **Revista Cadernos do Ceom**, v. 21, n. 29, p. 63-82, 2008. ISSN 2175-0173.

DE JESUS BORGES, A.; COLLICCHIO, E.; CAMPOS, G. A. A cultura da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) no Brasil e no mundo: aspectos agronômicos e tecnológicos-uma revisão1. **Revista Liberato**, v. 17, n. 27, 2016. ISSN 2178-8820.

DELLANOCE PEREIRA, K. Amido resistente, a última geração no controle de energia e digestão saudável. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, 2007. ISSN 0101-2061.

DING, Q.-B. et al. The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 73, n. 2, p. 142-148, 2006. ISSN 0260-8774.

DING, Q.-B. et al. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food engineering**, v. 66, n. 3, p. 283-289, 2005. ISSN 0260-8774.

DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. In: (Ed.). **Análise sensorial de alimentos**, 2011.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Artmed, 2006. ISBN 8536306521.

FRANÇA, V. F.; DO NASCIMENTO, K. D. O.; ASCHERI, J. L. R. A Extrusão Termoplástica Como Alternativa de Desenvolvimento de Produtos Resultantes da Casca de Maracujá. **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 68-78, 2014. ISSN 2236-1774.

FRECCIA, C. F. et al. Conservação de Pinhões em diferentes tipos de Acondicionamento e seus efeitos sobre a qualidade pós-colheita. **Revista Técnico Científica do IFSC**, v. 1, n. 5, p. 717, 2013. ISSN 2316-8382.

GAMA, T. M. M. T. B. et al. A INFLUÊNCIA DE TRATAMENTOS TÉRMICOS NO TEOR DE AMIDO, COLORIMETRIA E MICROSCOPIA DE PINHÃO NATIVO (*Araucaria angustifolia*) E PINHÃO PROVENIENTE DE POLINIZAÇÃO CONTROLADA. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 2, 2010. ISSN 1981-3686.

GOULARTI FILHO, A. **Formação econômica de Santa Catarina**. UFSC, 2007. ISBN 8532803865.

HEINIÖ, R.-L. et al. Sensory characteristics of wholegrain and bran-rich cereal foods—a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 47, p. 25-38, 2016. ISSN 0924-2244.

IKEDA, M. Estudo das características reológicas, físico-químicas e sensoriais pela incorporação de farinha de pinhão no preparo de bolos destinados a celíacos. 2016.

IKEDA, M. et al. Influence of Brazilian pine seed flour addition on rheological, chemical and sensory properties of gluten-free rice flour cakes. **Ciência Rural**, v. 48, n. 6, 2018. ISSN 0103-8478.

JAEGER, S. R. et al. Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. **Food Quality and Preference**, v. 42, p. 154-164, 2015/06/01/ 2015. ISSN 0950-

3293. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329315000348> >.

KADAN, R. S.; BRYANT, R. J.; PEPPERMAN, A. B. Functional Properties of Extruded Rice Flours. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 5, p. 1669-1672, 2003. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12311.x> >.

KLEIN, B. et al. Effect of single and dual heat–moisture treatments on properties of rice, cassava, and pinhao starches. **Carbohydrate polymers**, v. 98, n. 2, p. 1578-1584, 2013. ISSN 0144-8617.

KOCH, Z.; CORRÊA, M. C. **Araucária: a floresta do Brasil meridional**. Olhar Brasileiro Editora, 2002. ISBN 8589166074.

LEITE, D. et al. Nutritional evaluation of Araucaria angustifolia seed flour as a protein complement for growing rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 7, p. 1166-1171, 2008. ISSN 1097-0010.

LOURENZANI, W. L.; LOURENZANI, A. Perspectivas do agronegócio brasileiro de amendoim. **Inf Econ**, v. 39, p. 55-68, 2009.

MAGALHÃES, M. et al. Terminology: Functional Foods, Probiotics, Prebiotics, Synbiotics, Health claims, Sensory evaluation of foods, Molecular gastronomy. English-portuguese-italian edition. Magalhães MS, Salminen S, Anna P, Marchelli R, Ferreira CL, Tommola J.(Eds) Functional Foods Forum, University of Turku (Ed), Finland, 2011.

MANDARINO, J. M. G.; ROESSING, A. C.; BENASSI, V. D. T. **Óleos: alimentos funcionais**. Londrina: Embrapa Soja, 2005., 2005. ISBN 8570330065.

MARQUES, E. C.; MARQUES, R. C.; DA COSTA, S. R. R. Aspectos da tecnologia de extrusão termoplástica em alimentos sobre a saúde do consumidor. **Revista Eletronica Gestão & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 1935-1951, 2015. ISSN 1982-4785.

MEILGAARD, M. C.; CARR, B. T.; CIVILLE, G. V. **Sensory evaluation techniques**. CRC press, 1999. ISBN 1439832277.

MUTHAYYA, S. et al. An overview of global rice production, supply, trade, and consumption. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1324, n. 1, p. 7-14, 2014. ISSN 1749-6632.

NACIONAL, C. **Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo código florestal**. 1965.

NAVES, M. Características químicas e nutricionais do arroz. **Bol CPPA**, v. 25, n. 1, p. 51-60, 2007.

PATINDOL, J. A.; SIEBENMORGEN, T. J.; WANG, Y. J. Impact of environmental factors on rice starch structure: a review. **Starch-Stärke**, v. 67, n. 1-2, p. 42-54, 2015. ISSN 0038-9056.

PERALTA, R. M. et al. Biological activities and chemical constituents of *Araucaria angustifolia*: An effort to recover a species threatened by extinction. **Trends in Food Science & Technology**, v. 54, p. 85-93, 2016. ISSN 0924-2244.

PEREDA, J. A. O.; MURAD, F. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Artmed, 2005. ISBN 8536304367.

PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 1, 2004. ISSN 1983-9774.

PHILLIPS, K. M.; RUGGIO, D. M.; ASHRAF-KHORASSANI, M. Phytosterol composition of nuts and seeds commonly consumed in the United States. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 53, n. 24, p. 9436-9445, 2005. ISSN 0021-8561.

PIRES, C. V. et al. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 179-187, 2006.

POLET, J. P. et al. Elaboração e análise química de pães de forma a partir de polpa de pinhão (*araucaria angustifolia*). **Simpósio de Segurança Alimentar (5.; 2015 maio 26-29, Bento Gonçalves, RS)**. **Anais. Alimentação e Saúde. Bento Gonçalves, SBCTA-RS, 2015**, 2015.

REINERT, B. L.; BORNSCHEIN, M. R. Alimentação da gralha-azul (*Cyanocorax caeruleus*, Corvidae). **Ornitologia Neotropical**, v. 9, n. 2, p. 213-217, 1998.

REITZ, R.; KLEIN, R. M. Araucariáceas. Itajai: Herbário Barbosa Rodrigues. **Flora ilustrada catarinense**, p. 62 p., 1966.

RIBEIRO, R. M.; DOS SANTOS, A. J.; BITTENCOURT, A. A política de garantia de preços mínimos para o pinhão. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 459-468, 2015. ISSN 1983-2605.

ROZALLI, N. M. et al. Quality changes of stabilizer-free natural peanut butter during storage. **Journal of food science and technology**, v. 53, n. 1, p. 694-702, 2016. ISSN 0022-1155.

SACCHETTI, G. et al. Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like products. **Food Research International**, v. 37, n. 5, p. 527-534, 2004. ISSN 0963-9969.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant starch—a review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2006. ISSN 1541-4337.

SANTOS, R. O agronegócio do amendoim no Brasil: aspectos nutricionais de amendoim e seus derivados. **Campina Grande: Embrapa Algodão**, 2005.

SARAWONG, C. et al. Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. **Food chemistry**, v. 143, p. 33-39, 2014. ISSN 0308-8146.

SETH, D.; BADWAIK, L. S.; GANAPATHY, V. Effect of feed composition, moisture content and extrusion temperature on extrudate characteristics of yam-corn-rice based snack food. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 3, p. 1830-1838, 2015. ISSN 0022-1155.

SGARBIERI, V. C. Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações e modificações. In: (Ed.). **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações e modificações**, 1996.

SILVA, A. C. C. et al. Alimentos contendo ingredientes funcionais em sua formulação: revisão de artigos publicados em revistas brasileiras. **Conexão Ciência (Online)**, v. 11, n. 2, p. 133-144, 2016.

SINGH, B.; SEKHON, K.; SINGH, N. Effects of moisture, temperature and level of pea grits on extrusion behaviour and product characteristics of rice. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 198-202, 2007. ISSN 0308-8146.

SINGLA, N. **Effect of processing on pinhão seeds and extrudability of pinhão flour**. 2011. Rutgers University-Graduate School-New Brunswick

SIRO, I. et al. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. **Appetite**, v. 51, n. 3, p. 456-467, 2008. ISSN 0195-6663.

SYMONEAUX, R.; GALMARINI, M.; MEHINAGIC, E. Comment analysis of consumer's likes and dislikes as an alternative tool to preference mapping. A case study on apples. **Food Quality and Preference**, v. 24, n. 1, p. 59-66, 2012. ISSN 0950-3293.

TARRAGO-TRANI, M. T. et al. New and Existing Oils and Fats Used in Products with Reduced Trans-Fatty Acid Content. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 106, n. 6, p. 867-880, 2006/06/01/ 2006. ISSN 0002-8223. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002822306003099>>.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009. ISSN 2238-6416.

THYS, R. C. S. et al. Adsorption isotherms of pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds) starch and thermodynamic analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 100, n. 3, p. 468-473, 2010. ISSN 0260-8774.

VANIER, N. L. et al. Extrusion of rice, bean and corn starches: Extrudate structure and molecular changes in amylose and amylopectin. **Journal of food science**, v. 81, n. 12, p. E2932-E2938, 2016. ISSN 0022-1147.

WENDLING, I.; DELGADO, M. Produção de mudas de araucária em tubetes. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2008.

WOODROOF, J. Peanut butter. **JG Woodroof Peanuts: Production, Processing, Products**. The AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, p. 181-225, 1983.

YAMAGUCHI, L. F. et al. Biflavonoids from Brazilian pine *Araucaria angustifolia* as potentials protective agents against DNA damage and lipoperoxidation. **Phytochemistry**, v. 66, n. 18, p. 2238-2247, 2005. ISSN 0031-9422.

ZAMAN, S. A.; SARBINI, S. R. The potential of resistant starch as a prebiotic. **Critical reviews in biotechnology**, v. 36, n. 3, p. 578-584, 2016. ISSN 0738-8551.

ZORTÉA-GUIDOLIN, M. E. B. et al. Structural and functional characterization of starches from Brazilian pine seeds (*Araucaria angustifolia*). **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 19-26, 2017. ISSN 0268-005X.

**DESCASCAMENTO E SECAGEM DE PINHÃO (*Araucaria angustifolia*) PARA A
OBTENÇÃO DE FARINHA**

Foto: Felix E. P. Cornejo



Descascamento e Secagem de Pinhão (*Araucaria angustifolia*) para a Obtenção de Farinha

Felix Emilio Prado Cornejo¹
Regina Isabel Nogueira²
Carlos Wanderlei Piler de Carvalho³
Rossana Catie Bueno De Godoy⁴
Agnelli Holanda Oliveira⁵
Luís Filipe Cavalcanti Santos⁶
Angela Gava Barreto⁷
Suely Pereira Freitas⁸

Introdução

O pinhão é a semente da *Araucaria angustifolia*, árvore de destacada importância cultural, econômica e ambiental na região sul e em algumas partes do sudeste do Brasil. Desenvolve-se dentro de uma pinha fechada que, ao amadurecer, se rompe, espalhando as sementes de coloração acastanhada por vários metros a seu redor. Essas sementes precisam ser cozidas por tempo prolongado para facilitar a retirada da casca. A parte comestível, basicamente constituída de amido, possui uma película fina que é ingerida juntamente com a polpa branca.

Uma das vertentes para a valorização do pinhão refere-se ao seu processamento que permite estender o período de oferta do produto, bastante limitado pelo baixo grau de industrialização (BALBINOT et al., 2008). A carência de produtos elaborados com pinhão constitui em um dos principais entraves da cadeia produtiva da

espécie, sendo de suma importância o desenvolvimento e a disponibilização de produtos de maior valor agregado (CORSO et al., 2002). Esse gargalo também foi verificado no estudo realizado por Silva; Miguel; Reis (2009), que citam que a agregação de valor do pinhão traria incremento na renda das comunidades rurais, reforçaria a importância de espécies florestais bem como contribuiria para a conservação dos remanescentes florestais.

No âmbito do consumo doméstico, o pinhão é amplamente utilizado na elaboração de produtos de panificação (pães, bolos, biscoitos). No entanto, se houvesse no mercado uma farinha de pinhão, vários pratos poderiam ser elaborados a partir de um produto prático e conveniente. Até o momento os trabalhos que avaliaram a farinha de pinhão limitaram-se à extração e caracterização, não avançando para a definição de um processo tecnológico com vida útil definida (CAPELLA; PENTEADO; BALBI, 2009). Tradicionalmente, a

¹ Engenheiro Mecânico, D.Sc. em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, felix.cornejo@embrapa.br

² Engenheira de Alimentos, D.Sc. em Engenharia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, regina.nogueira@embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Ciências de Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, carlos.piler@embrapa.br

⁴ Engenheira Agrônoma, D.Sc. Tecnologia de Alimentos, Embrapa Florestas, Colombo, PR, catie.godoy@embrapa.br

⁵ Engenheiro de Alimentos, analista da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, agnelli.holanda@embrapa.br

⁶ Graduando em Farmácia, Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, RJ, luiscsantos92@gmail.com

⁷ Engenheira de Alimentos, M.Sc. Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, doutoranda da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, angelagava@gmail.com

⁸ Engenheira Química, D.Sc. em Engenharia Nuclear e Planejamento Energético, professora adjunta da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, spfreitas@eq.ufjr.br

retirada das cascas é feita manualmente utilizando-se uma faca adaptada para esta finalidade, o que torna o processo inadequado para aplicações agroindustriais de beneficiamento do material.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma alternativa para o descascamento e separação das cascas e amêndoas de pinhão da araucária para posterior desidratação e obtenção de uma farinha desta matéria-prima.

Metodologia

Matéria-prima

O pinhão (*Araucaria angustifolia*) (Figura 1) foi coletado nas regiões produtoras do Estado do Paraná pela Embrapa Florestas, de acordo com a autorização número 30147-1/2014 do Ministério do Meio Ambiente.

Imediatamente após a coleta, o material foi acondicionado sob refrigeração até ser processado.

Foto: Felix E. P. Cornejo



Figura 1. Pinhão da araucária.

Processamento

As etapas do processamento para obtenção de farinha de pinhão estão apresentadas na Figura 2.



Figura 2. Etapas de descascamento e secagem para obtenção da farinha de pinhão. (A) Trituração em moinho de facas; (B) Material triturado na água; (C) Retirada das cascas; (D) Cascas e amêndoas separadas; (E) Amêndoas para secagem; (F) Amêndoas secas e (G) Farinha de pinhão.

Fotos: Felix E. P. Cornejo

O pinhão deve ser submetido à trituração em um moinho de facas sem a utilização da peneira de separação por tamanho para rompimento da casca (A). O material resultante é uma mistura de casca e amêndoa (parte comestível). Essa mistura é colocada em uma caixa coletora contendo água potável (B) e, devido à diferença de densidade entre os dois materiais,

ocorre a separação. As cascas flutuam e dessa forma são facilmente retiradas da água com o auxílio de uma peneira (C). Quando toda casca estiver removida escorre-se cuidadosamente a água da caixa coletora e ao fundo estão as amêndoas trituradas. Dessa forma tem-se o material totalmente separado (D). Em seguida as amêndoas são dispendidas em bandejas e levadas para desidratar (E). Nesse caso foi utilizado um secador de bandejas desenvolvido por Nogueira et al., (1997). No entanto, poderá ser utilizado qualquer sistema de secagem que atinja a temperatura de 50 °C a 60 °C e que tenha uma circulação de ar de ao menos 0,5m/s. Após um período de 18 a 24 horas, as amêndoas desidratadas (F) apresentaram teor de umidade de 3,5 a 5,0 % e foram trituradas em moinho de facas / martelo com peneira de abertura 2 mm, porém pode-se utilizar peneira com abertura de acordo com a granulometria desejada, para obtenção da farinha (G). Esta farinha deve ser acondicionada em sacos de alumínio combinado com polietileno (*stand up pouch*) ou outra embalagem que evite sua hidratação, devendo ainda ser armazenada em ambiente seco e limpo.

Conclusão

Foi possível estabelecer um processo de descascamento do pinhão através da utilização de uma prática simples de separação da casca da amêndoa do pinhão por diferença de densidade. As amêndoas descascadas foram desidratadas e trituradas com granulometria de acordo com o interesse do produtor, para obtenção da farinha de pinhão.

Referência

BALBINOT, R.; GARZEL, J. C. L.; WEBER, K. S.; RIBEIRO, A. B. Tendências do consumo e preço de comercialização do pinhão (semente de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.kzte.) no Estado do Paraná. **Ambiência**. v. 4, n. 3, p. 463-472, set./dez. 2008.

CAPELLA, A. C. de V. **Farinha de pinhão (*Araucaria angustifolia*): composição e estabilidade do gel**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). 2008. 75 f. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

CAPELLA, A. C. V.; PENTEADO, P. T. P. S.; BALBI, M. E. Semente de *Araucaria Angustifolia*: aspectos morfológicos e composição química da farinha. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 1, p. 135-142, jan./jun. 2009.

CORSO, N. M.; MARTINS, G.; SANTOS, A. J.; BITTENCOURT, E. A cadeia produtiva do pinhão no Estado do Paraná: aspectos produtivos e comerciais. In: CONGRESSO ÍBERO-AMERICANO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS FLORESTAIS, 2., 2002. Paraná, **Anais...** Paraná: UFPR, 2002. p.138.

NOGUEIRA, R. I.; CORNEJO, F. E. P.; PARK, K. J.; VILLAÇA, A. C. **Manual para construção de um secador de frutas**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997. 20 p. (EMBRAPA-CTAA. Documentos, 10).

SILVA, C. V. da; MIGUEL, L. de A.; REIS, M. S. A comercialização do pinhão de *Araucaria angustifolia* no Distrito de Taquara Verde, município de Caçador-SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 6; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AGROECOLOGIA, 2., 2009, Curitiba. **Resumos...** Rev. Bras. de Agroecologia, v. 4, n. 2, nov. 2009. p. 841-844.

Comunicado Técnico, 206

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Agroindústria de Alimentos

Endereço: Av. das Américas, 29.501 - Guaratiba
23020-470 - Rio de Janeiro - RJ

Fone: (21) 3622-9600 / **Fax:** (21) 3622-9713

Home Page: www.embrapa.br/agroindustria-de-alimentos

SAC: www.embrapa.br/fale-conosco

1ª edição

1ª impressão (2014): tiragem (50 exemplares)

Comitê de Publicações

Presidente: Virginia Martins da Matta

Membros: Ana Iraidy Santa Brígida, André Luis do Nascimento Gomes, Celma Rivanda Machado de Araujo, Daniela de Grandi Castro Freitas de Sá, Leda Maria Fortes Gottschalk, Luciana Sampaio de Araujo, Renata Torrezan e Rogério Germani

Expediente

Supervisão editorial: Renata Torrezan

Revisão de texto: Janine Passos Lima da Silva

Normalização bibliográfica: Celma R. M. de Araujo

Editoração eletrônica: André Luis do N. Gomes e Marcos Moulin

**CONTRIBUIÇÃO DA PELÍCULA NA QUALIDADE NUTRICIONAL DE
AMÊNDOAS DE PINHÃO (*araucária angustifolia*)**



CONTRIBUIÇÃO DA PELÍCULA NA QUALIDADE NUTRICIONAL DE AMÊNDOAS DE PINHÃO (*ARAUCÁRIA ANGUSTIFOLIA*)

A. G. Barreto¹, R. I. Nogueira², L. S. Mattos², R. C. B. Godoy³ e S. P. Freitas⁴

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, Rua Voluntários da Pátria 30, Bairro Belo Horizonte, Valença, RJ, CEP: 27600-000, Brasil (angelagava@gmail.com)

²Embrapa Agroindústria de alimentos, Av. das Américas 29501, Guaratiba, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 23020-470, Brasil

³Embrapa Floresta, Estrada de Ribeira Km 111 Guaraituba, CEP: 83411000 COLOMBO, Paraná, Brasil.

⁴Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Escola de Química, Av. Horácio Macedo 2030, Centro de Tecnologia, Bloco E, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21941-909, Brasil

RESUMO – A *Araucária angustifolia* é uma árvore ameaçada de extinção e sua manutenção nas florestas tem como uma das principais estratégias a valorização do pinhão, semente que se tornou de grande importância socioeconômica na região sul do Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição da película das amêndoas de pinhão na sua qualidade nutricional. As sementes foram descascadas manualmente e as amêndoas com e sem película foram analisadas quanto à composição centesimal, teor de minerais e de aminoácidos. O teor de cinzas, extrato etéreo e minerais (cálcio, cobre, ferro, fósforo, magnésio e potássio) nas amêndoas não sofreram alterações significativas. Entretanto, a composição em aminoácidos foi superior nas amêndoas com película, destacando-se os aminoácidos essenciais: leucina, fenilalanina + tirosina e valina. Estes resultados demonstraram que, do ponto de vista nutricional, a utilização de amêndoas de pinhão com película para preparo de produtos alimentícios é bastante interessante.

ABSTRACT – *Araucaria angustifolia* is an endangered tree extinction and maintenance on forests has as one of the main strategies the appreciation of *pinhão*, seed that has become of great socio-economic importance in southern Brazil. The objective of this study was to evaluate the influence of the internal seed coat of *pinhão* in their nutritional quality. The external coats of the seeds were manually removed and seeds with and without internal coat were analyzed for chemical composition, mineral and amino acids contents. The ash, ether extract and minerals (calcium, cooper, iron, phosphorus, magnesium and potassium) in seeds did not significantly changed. However, the amino acid composition was superior in seeds with internal coat, especially the essential amino acids: leucine, phenylalanine + tyrosine and valine. Based on nutritional aspects, the use internal seed coat of *pinhão* for preparation of food products is quite attractive.

PALAVRAS-CHAVE: composição centesimal; minerais; aminoácidos.

KEYWORDS: centesimal composition; minerals; amino acids.

1. INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* conhecida como floresta de pinheiros, pinhais e mata de araucárias, é encontrada na América do Sul e está inserida no domínio da Mata Atlântica. Em 1970, a madeira desta espécie entrou no auge das exportações do Brasil reduzindo a apenas 0,8% da área original. No ano de 1992 a araucária foi incluída na lista de espécies ameaçadas de extinção. O incentivo à manutenção da



Araucária nas florestas tem como uma das principais estratégias a valorização do pinhão, semente da *Araucaria angustifolia*, sendo considerado um dos principais produtos florestais não madeireiros do estado do Paraná. A produção desta semente ocorre também em Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo (Danner et al., 2012, Conab, 2015).

O pinhão é considerado um alimento típico no sul do Brasil, porém sua comercialização se restringe praticamente aos meses de produção, uma vez que se trata de um produto perecível cuja vida útil à temperatura ambiente é menor que 60 dias. Além disso, a cadeia extrativa do pinhão é bastante simplificada, não sendo verificado beneficiamento, diferente do que acontece com outras amêndoas, o que possivelmente é um dos maiores obstáculos à comercialização de um volume maior deste produto (Conab, 2015, David & Solichi, 2010, Danner et al., 2012).

As amêndoas de pinhão são de grande interesse nutricional, pois são ricas em amido, fibras dietéticas apresentando baixo índice glicêmico e baixos teores de lipídios. Alguns compostos presentes no pinhão têm caráter funcional como o amido resistente e os compostos antioxidantes (fenólicos, flavonoides e pro-antocianina), com potencial de promoção de saúde para o consumidor. A película é um componente importante das amêndoas de pinhão já que apresenta alto teor de compostos fenólicos (Cordenunsi et al., 2004, Koehlein et al., 2012).

A implantação de um sistema de beneficiamento de sementes de pinhão deve levar em consideração os aspectos nutricionais desta matéria-prima. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da presença da película que envolve as amêndoas de pinhão na sua composição centesimal, teor de minerais e de aminoácidos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Matéria-prima

Os pinhões foram coletados nas regiões produtoras do Estado do Paraná pela Embrapa Florestas, de acordo com a autorização número 30147-1/2016 do Ministério do Meio Ambiente. As sementes, imediatamente após a coleta, foram acondicionadas em caixas herméticas, mantidas sob refrigeração e transportadas para a Embrapa Agroindústria de Alimentos. O descascamento foi realizado manualmente, com o auxílio de uma faca, para possibilitar a separação das amêndoas (endosperma) do pinhão, sendo obtidos dois produtos: amêndoa com e amêndoa sem película (tegumento).

2.2. Análises

Os teores de umidade, cinzas, proteína, extrato etéreo e fibra alimentar foram determinados, em duplicata, utilizando-se os métodos da AOAC 934.06, 923.03, 2001.11 modificado ($F = 5,75$), 945.38 e 985.29, respectivamente (AOAC, 2010). O teor de carboidrato e o valor calórico foram calculados segundo a Resolução – RDC n.º 360 de 23 de dezembro de 2003 (Brasil, 2003).

O teor de minerais foi realizado, em duplicata, de acordo com a AOAC (2010). A amostra foi mineralizada por micro-ondas de cavidade segundo o método 999.10, item 9.1.08 e quantificado pelo 999.10, item 9.1.08.

A análise de aminoácidos foi realizada, em duplicata, de acordo com os métodos AOAC 994.12 (AOAC, 2000) e Liu et al. (1995).

A avaliação estatística para comparação de médias foi conduzida por meio da Análise de Variância (ANOVA) seguida pelo teste de Fisher (LSD), com significância $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

As amêndoas com e sem película foram caracterizadas quanto à sua composição centesimal, conforme apresentado na Tabela 1.



Tabela 1. Composição centesimal de sementes de pinhão com e sem película.

Composição centesimal	Com película	Sem película
Umidade (g/100g)	47,04 ^a	45,87 ^b
Cinzas (g/100g)	1,37 ^a	1,43 ^a
Proteína (g/100g)	2,65 ^b	2,79 ^a
Extrato Etéreo (g/100g)	0,59 ^a	0,75 ^a
Fibra Alimentar (g/100g)	3,55	5,40
Carboidrato (g/100g)	44,82	43,79
Valor calórico (kcal/100g)	195,15	192,95

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

As análises da composição centesimal das amêndoas de pinhão com e sem película apresentaram resultados similares para o teor de cinzas, extrato etéreo, proteína, carboidrato e valor calórico. Os valores apresentados na Tabela 1 para umidade, proteínas e lipídeos estão de acordo com os dados reportados para a polpa de pinhão cru por Schweitzer et al. (2014) e Cordenunsi et al. (2004). A composição centesimal do pinhão é similar à da castanha portuguesa cultivar *Taishowase* (Pio et al., 2014). Ferberg et al. (2002) analisaram a influência da película em castanha-do-Brasil e verificaram um pequeno aumento nos teores de cinzas, proteína e extrato etéreo e decréscimo no teor de carboidrato nas amostras despeliculadas, resultado similar ao obtido no presente trabalho.

Como se pode observar na Tabela 2, os valores de minerais das amêndoas de pinhão com e sem película apresentaram diferença significativa apenas para manganês e zinco. Essa diferença sugere maior concentração de manganês na película quando comparadas à amêndoa despeliculada. O teor de minerais em gergelim foi investigado por Queiroga et al. (2012) que relatou aumento no teor de potássio e fósforo na amostra cuja película foi removida. Este resultado foi atribuído às características do tegumento por ser constituído por fibra não digerível e oxalato de cálcio e, desta forma, favorecer a concentração dos minerais relatados.

Tabela 2. Teores médios de minerais em amêndoas de pinhão.

Minerais	mg de minerais/100g amostra	
	Com película	Sem película
Cálcio (Ca)	15,11 ^a	15,58 ^a
Cobre (Cu)	0,20 ^a	0,20 ^a
Ferro (Fe)	0,69 ^a	0,70 ^a
Fósforo (P)	151,97 ^a	158,31 ^a
Magnésio (Mg)	50,66 ^a	51,12 ^a
Manganês (Mn)	0,58 ^a	0,53 ^b
Potássio (K)	687,45 ^a	715,40 ^a
Zinco (Zn)	0,67 ^b	0,72 ^a

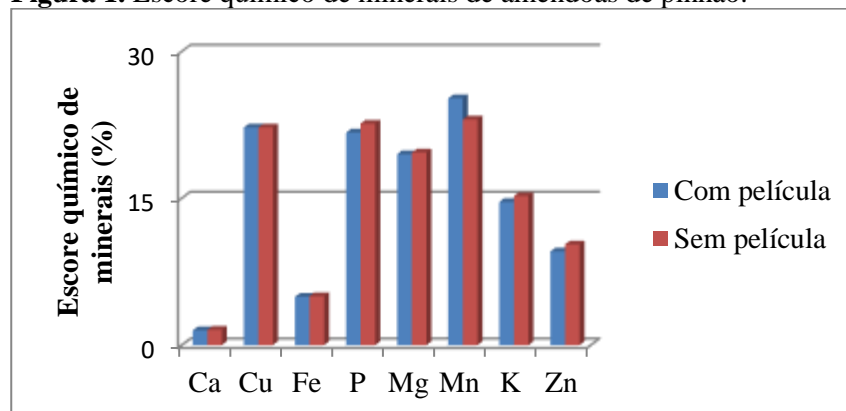
Letras diferentes na mesma linha demonstram diferença significativa ($p < 0,05$).

Na Figura 1 ilustra-se a porcentagem em massa de cada mineral em 100 g de amêndoa de pinhão em referência à dose diária recomendada pela ANVISA (2005) e IOM (2004). Portanto, as amêndoas de pinhão podem ser consideradas fonte de cobre, fósforo, magnésio e manganês, já que em 100 g representam mais de 15% do valor recomendado para adultos. Valores semelhantes foram encontrados por Cordenunsi et al. (2004), para pinhão cru, exceto para o mineral fósforo. Já Schweitzer et al. (2014) apresentaram valores inferiores para potássio, magnésio e zinco. As amêndoas de pinhão também apresentaram valores superiores de potássio, cálcio, manganês e cobre quando comparados ao



milho e de magnésio e zinco quando comparados à castanha-portuguesa cultivar *Judia* (Guimarães et al., 2005; Vasconcelos et al., 2010).

Figura 1. Escore químico de minerais de amêndoas de pinhão.



O perfil de aminoácidos apresentado na Tabela 3 está de acordo com os dados reportados por Leite (2008) na análise de farinha de pinhão.

Tabela 3. Composição de aminoácidos em amêndoas de pinhão.

Aminoácidos	mg de aminoácidos / g de proteína	
	com película	sem película
Ácido aspártico (Asp)	109,4 ^a	81,52 ^a
Ácido glutâmico (Glu)	160,4 ^a	128,62 ^a
Alanina (Ala)	47,17 ^a	36,23 ^a
Arginina (Arg)	115,1 ^a	90,58 ^a
Fenilalanina (Phe)	50,94 ^a	39,86 ^b
Glicina (Gly)	43,40 ^a	38,04 ^a
Histidina (His)	16,98 ^a	16,30 ^a
Isoleucina (Ile)	33,96 ^a	25,36 ^a
Leucina (Leu)	73,58 ^a	54,35 ^b
Lisina (Lys)	62,26 ^a	47,10 ^a
Fenilalanina + Tirosina (Phe + Tyr)	84,91 ^a	67,03 ^b
Prolina (Pro)	92,45 ^a	61,59 ^b
Serina (Ser)	50,94 ^a	41,67 ^a
Tirosina (Tyr)	33,96 ^a	27,17 ^a
Treonina (Thr)	39,62 ^a	30,80 ^a
Valina (Val)	60,38 ^a	45,29 ^b

Letras diferentes na mesma linha demonstram diferença significativa ($p < 0,05$).

Pode ser observado (Tabela 3) que as amêndoas de pinhão com película destacam-se no teor de fenilalanina e prolina e também nos aminoácidos essenciais leucina, fenilalanina + tirosina e valina. Souza e Menezes (2004) verificaram percentuais menores de aminoácidos na torta de castanha-do-Brasil quando comparados à das suas amêndoas, fato justificado devido à presença de elevada quantidade de película marrom na torta, resultado contrário ao observado no presente estudo.



Na Tabela 4 apresenta-se o escore químico de amostras de amêndoas de pinhão com e sem película tendo como referência valores necessários de aminoácidos essenciais para crianças entre 2 e 5 anos de idade.

Tabela 4. Escore químico de aminoácidos essenciais presentes nos pinhões.

Aminoácidos essenciais	Escore de aminoácidos (mg/g proteína amostra)/(mg/g proteína)	
	Com película	Sem Película
Histidina (His)	0,89	0,86
Isoleucina (Ile)	1,21	0,91
Leucina (Leu)	1,11	0,82
Lisina (Lys)	1,07	0,81
Fenilalanina + Tirosina (Phe + Tyr)	1,35	1,06
Treonina (Thr)	1,17	0,91
Valina (Val)	1,73	1,29

Os valores obtidos para o escore químico dos aminoácidos essenciais indicam que o pinhão com película pode ser considerado de alto valor nutricional, já que os valores são maiores que 1,0, exceto pela histidina, apontada como aminoácido limitante. As amêndoas de pinhão com película apresentaram maior escore químico dos aminoácidos lisina, treonina e valina quando comparados aos valores de trigo e milho apresentados por Pires et al. (2006).

4. CONCLUSÃO

As amêndoas de pinhão (com ou sem película) podem ser caracterizadas como fontes de cobre, fósforo, magnésio e manganês. A composição de aminoácidos nas amêndoas com película foi superior às despelculadas para os aminoácidos essenciais leucina, fenilalanina + tirosina e valina. Desta forma, foi possível concluir que a utilização de amêndoas de pinhão com película pode contribuir para aumentar o valor nutricional de alimentos produzidos com este ingrediente.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, À Embrapa Florestas, à Embrapa Agroindústria de Alimentos e à Escola de Química-UFRJ/TPQB.

6. REFERÊNCIAS

- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (2000). Official methods of analysis. 17.ed. Washington, D.C.: AOAC.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (2010). Official methods of analysis. 18. ed., rev. 3 Gaithersburg: AOAC.
- BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2003). *RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003*. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional.
- BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2005). *RDC no 269, de 22 de setembro de 2005*. Regulamento técnico sobre ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2015). *Proposta de preços mínimos*. Vol.2. Brasília: Conab.
- CORDENUNSI, B. R.; MENEZES, E. W.; GENOVESE, M. I.; COLLI, C.; SOUZA, A. G.; LAJOLO, F. M. (2004). Chemical composition and glycemic index of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) seed. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 52, 3412 – 3416.



- DAVID, A. A. R.; SILOCHI, R. M. H. Q. (2010). Avaliação de métodos para conservação de pinhão. *Revista Faz Ciência*, 12(15), 207-216.
- DANNER, M. A.; ZANETTE, F.; RIBEIRO, J. Z. (2012). O cultivo da araucária para produção de pinhões como ferramenta para a conservação. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, 32(72), 441-451.
- FERBERG, I.; CABRAL, L. C.; GONÇALVES, E. B.; DELIZA, R. (2002). Efeito das condições de extração no rendimento e qualidade do leite de castanha-do-Brasil despeliculada. *B. CEPPA*, Curitiba, 20(1), 75-88.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION. INFORME DE UNA REUNIÓN CONSULTIVA CONJUNTA FAO/WHO/UNU DE EXPERTOS. (1985). *Necessidades de energia y de proteínas*. Ginebra.
- GUIMARÃES, P. E. O.; RIBEIRO, P. E. A.; PAES, M. C. D.; SCHAFFERT, R. E.; ALVES, V. M. C.; COELHO, A. M.; NUTTI, M.; VIANA, J. L. C.; NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. (2005). Caracterização de linhagens de milho quanto aos teores de minerais nos grãos. *Circular Técnica*, 64.
- Institute of Medicine – IOM. (2004). *Food and Nutrition Board Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate*, Washington (DC).
- KOEHLIN, E. A.; CARVAJAL, A. E. S.; KOEHLIN, E. M.; COELHO-MOREIRA, J. S.; INÁCIO, F. D.; CASTOLDO, R.; BRACHT, A.; PERALTA, R. M. (2012). Antioxidant activities and phenolic compounds of raw and cooked Brazilian pinhão (*Araucaria angustifolia*) seeds. *African Journal of Food Science*, 6(21), 512-518.
- LEITE, D. M. C.; JONG, E. V.; NOREÑA, C. P. Z. BRANDELLI, A. (2008). Nutritional evaluation of *Araucaria angustifolia* seed flour as a protein complement for growing rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 1166-1171.
- LIU, H. J.; CHANG, B. Y.; YAN, H. W.; YU, F. H.; LIU, X. X. (1995). Determination of amino acids in food and feed by derivatization with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimide carbamate and reserved phase liquid chromatographic separation. *Journal of AOAC International*, 78(3), 736-744.
- PIO, R.; BUENO, S. C. S.; MARO, L. A. C.; BUENO, J. P. S.; ASSIS, C. N. (2014). Época de maturação, caracterização física e química de cultivares e seleções de castanheiro. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, 36(3), 525-531.
- PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B. (2006). Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 26(1), 179-187.
- QUEIROGA, V. P.; FREIRE, R. M. M.; FIRMINO, P. T.; MARINHO, D. R. F.; SILVA, A. C.; BARBOSA, W. T.; QUEIROGA, D. A. N. (2012). Avaliação da qualidade das sementes de gergelim submetidas aos processos de despliculação manual, físico e mecânico. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, 14(4), 307-215.
- SCHVEITZER, B.; DA ROSA, A. M.; GRANEMANN, P.; KLOCK, A. L. S.; RIZZATTI, I. M.; FOPPA, T. (2014). Caracterização química de pinhões – sementes de *araucária angustifolia* – em diferentes formas de preparo. *RIES*, Caçador, 3(1), 93-104.
- SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. (2004). Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 24(1), 120-128.
- VASCONCELOS, M. C. B. M.; NUNER, F.; VIGUERA, C. G.; BENNETT, R.; ROSA, E. A. S.; FERREIRA-CARDOSO, J. V. (2010). Industrial processing effects on chestnut fruit (*Castanea sativa Mill.*) 3. Minerals, free sugars, carotenoids and antioxidante vitamins. *International Journal of Food Science & Technology*, 45, 496-505.

Temperature effect on water diffusion during thin-layer drying of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) seeds and on the chemical, physical and microbiological quality of its flour

Temperature effect on water diffusion during thin-layer drying of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) seeds and on the chemical, physical and microbiological quality of its flour

Angela Gava Barreto^{a,e*}, Davy William Hidalgo Chávez^{a,b}, Regina Isabel Nogueira^c, Luzimar da Silva de Mattos do Nascimento^c, Rossana Catie Bueno de Godoy^d and Suely Pereira Freitas^e

^a*Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, Rua Voluntários da Pátria 30, Bairro Belo Horizonte, Valença, RJ, CEP: 27600-000, Brazil;*

^b*Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Rodovia Br 465, km 7, 23890-000, Seropédica, RJ, Brazil;* ^c*Embrapa*

Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas 29501, Guaratiba, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 23020-470, Brazil; ^d*Embrapa Florestas. Estrada de Ribeira Km 111 Guaraituba, CEP:*

83411-000 COLOMBO, Paraná, Brazil; ^e*Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, EPQB - Escola de Química, Av. Horácio Macedo 2030, Centro de Tecnologia, Bloco E, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21941-909, Brazil, Tel.: 55 21 3622-9611.*

* email: angelagava@gmail.com

ABSTRACT

The Brazilian pine seeds (*Araucaria angustifolia*) are rich in essential amino acids and minerals. At present, there is quite limited market for Brazilian pine products due to their low level of industrialization. This study aimed to evaluate the effect of temperature on drying kinetics of dehulled Brazilian pine seeds and amino acids, minerals and color preservation of Brazilian pine flour. Furthermore, the microbiological quality of all flour was evaluated and it was considered microbial contamination free. Effective diffusion coefficients from dehulled Brazilian pine seeds, drying under convective air, can be well fitted by Fick's second law model. The Verma drying model was found to satisfactorily describe the drying curve of dehulled Brazilian pine seeds at 40 °C, 50 °C and 60 °C with a R-squared of higher than 0.998 0.998. A better retention of amino acids, iron and a lighter color in the flour, as compared with the other treatments, was observed from seeds dried at 50 °C.

Keywords: drying kinetics, nutritional quality, amino acids, minerals

1. Introduction

Araucaria angustifolia is a traditional tree of socio-economic relevance in Brazil and it has an important ecological role in Araucaria moist rich forests. Since 2002, *A. angustifolia* has been considered vulnerable and is under high extinction risk in the medium term. In view of the ban on the use of araucaria wood and the development of araucarias, the collection and commercialization of seeds may be among the main forms of sustainable exploitation of non-timber products of the species. In addition, the Brazilian pine seeds economy could consolidate as an opportunity for extra income in rural property (CONAB, 2016; da Silveira et al., 2018; Paludo, Duarte, Bernardi, Mantovani, & Reis, 2016; Peralta et al., 2016; Zechini et al., 2018).

The last revenue generated by the rural producers that processed the Brazilian pine seeds on their properties was estimated to be 21% higher in 2014 when compared to the previous year (IFP, 2016). The Brazilian pine seeds economy in southeast Paraná can be consolidated as an opportunity for extra income in rural property, since it is a traditional activity for low-income families (Menegatti et al., 2014; Oliveira Júnior, Voigtel, Nicolau, & Aragaki, 2018; Ribeiro, dos Santos, & Bittencourt, 2015).

The Brazilian pine seeds are mainly harvested during the months of March, April, May and June, but production is limited during the spring and summer (Corteletti, Dickau, DeBlasis, & Iriarte, 2015). The *Araucaria angustifolia* seed has high water activity. Therefore, it presents difficulties of commercialization outside the harvest season. The Brazilian pine seeds packed in polyethylene packaging at room temperature exhibits loss of physiological viability at 60 days of storage (de Rosso David and Silochi, 2010). On the other hand, as chilled at 1°C it was able to conserve texture and flavor better and minimizes dehydration of Brazilian pine seeds after harvest for up to 210 days (Freccia et al., 2013). The dehulled Brazilian pine seeds is used in regional cuisine in bread and cake preparation which taste is much appreciated for its sensory characteristics. Besides that, Brazilian pine flour is gluten-free and is considered to be a

promising alternative for the development of products for celiac patients. However, the availability of this raw material is quite limited due to the low level of industrialization. The lack of products containing Brazilian pine seeds is one of the main challenges of the productive chain. In this way, the Brazilian pine flour production could be one of the alternatives for this food to be offered the whole year (Balbinot, Garzel, Weber, & Ribeiro, 2009; Polet, de Oliveira, de Oliveira Rios, & de Souza, 2017).

The particular composition of each Brazilian pine seeds may vary in the stages of development, due to temperature and irrigation technologies or by simply reflecting genetic characteristics. The main component of the Brazilian pine seeds is carbohydrate, (approximately 30%), and the starch is easily isolated. Besides having the advantage of being used in the development of new products using thermolabile ingredients because they present a low gelatinization temperature. The Brazilian pine seeds starch consist of slowly digestible starch and resistant starch, which is considered a promising ingredient for the health/nutraceutical food industry. In relation to amino acids it resembles cereals like wheat and corn because it is poor in lysine and histidine. On the other hand, the contents of phenylalanine, tryptophan and valine are similar to casein and contain more valine and methionine than soy. In addition, the Brazilian pine seeds have phenolic components and antioxidant activity. Its seed shell is rich in tannins and its use in the treatment of effluents is suggested for removing heavy metals (Peralta, et al., 2016; Zortéa-Guidolin et al., 2017).

Drying is a combined process of heat and mass transfer, in which part of the water is removed as vapor by air. Regarding foods, drying reduces microbial growth and prevents enzymatic and chemical reactions besides physical injuries. The main purpose of drying is to extend the shelf life of food, especially cereals, whose limit of moisture value is 14%. The weight reduction is done not only by the elimination of water, but also by the removal of inedible parts (seed coat, seeds, etc.). In this manner the volume of the final product is reduced

which will have importance in packaging, transportation and storage of this food. In order to preserve nutritional characteristics during drying, the design and operation of process equipment should be evaluated by selecting the most appropriate dehydration conditions for each particular food (Altanir, Bento, & Gava, 2009; Damodaran and Parkin, 2017). The Brazilian pine flour was realized by cooking in a pressure cooker followed by the grinding step and characterized. However, it is known that some nutrients are lost by leaching during the cooking process. This factor has led to the search for other steps to obtain this flour (Reineri, Sinsen, & Bernardi, 2017).

According to dos Santos, Corso, Martins, & Bittencourt (2002), Vieira Pires, de Almeida Oliveira, Rosa, & Brunoro Costa (2006) and Peralta, et al. (2016), the development and the provision of value-added products can contribute to the conservation of the remaining forest species. This study aimed to establish the effect of temperature on drying kinetics of the of dehulled Brazilian pine seeds and in the nutritional quality of its flour at 40, 50 and 60 °C.

Nomenclature

D_{eff}	diffusion coefficient, $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	n	number of terms for D_{eff} estimation
D_0	pre-exponential factor, $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	R	universal gas constant, kJ/kg mol K
E_a	activation energy, $\text{kJ} \cdot \text{kg mol}^{-1}$	R^2	correlation coefficient
M	moisture content at time t , kg moisture/kg dry matter	L	depth of thin-layer, cm
M_0	initial moisture content, kg moisture/kg dry matter	T_v	air temperature, K
M_S	equilibrium moisture content, kg moisture/kg dry matter	t	drying time, s
M_R	moisture ratio	k	empirical coefficients in the drying models
		a, b	empirical constants in the drying models

2. Material and method

2.1. Material

Brazilian pine seeds collected in the producing regions of the state of Paraná, by Embrapa Florestas, under the authorization number 30147-5 / 2016 of the Environment Ministry. The seeds were dehulled according to the procedure recommended by Cornejo et al. (2014) and presenting irregular cuts of 1 cm average thickness.

2.2. Drying

Dehulled Brazilian pine seeds was dehydrated in a forced convective dryer (Hauber, Macanuda, Joinville, Santa Caterina, Brazil) at 40°C, 50°C and 60°C and the physical properties of air were monitored by a Traceable®Hygrometer Thermometer Dew Point, mark Cole-Parmer until the equilibrium moisture content. The drying was carried out in triplicate.

Drying rate: The samples were weighed at 30-minute intervals until the mass of the samples remains unchanged over three successive weighing.

2.2.1. Obtaining the Brazilian pine flour

Dehulled Brazilian pine seeds dehydrated at 40°C, 50°C and 60°C was ground in a hammer mill (TREU, 95-018-B, Rio de Janeiro, Brazil, 1995) in sieve at 1mm resulting in a small size particle flours: F1, F2 and F3, respectively. The flours were packaged in metallized PET, vacuum sealed and stored in a low relative humidity at 25°C to provide the safe samples for analysis.

2.2.2. Mathematical modelling of drying rate

Mathematical models are useful equations for predicting heat and mass transfer characteristics of foods and consequently determine their drying mechanisms (Minaei, Motevali, Ahmadi, & AZIZI, 2012). In this work, the dimensionless moisture and time experimental data was fitted using two terms exponential equation, Midilli-Kucuk (MiKu) and Verma respectively are represented by Eq. 1, Eq. 2 and Eq. 3 (Crank, 1975). The models parameters were estimated by applying Gauss Newton non-linear regression method using STATISTICA 12.0. The goodness-of-fit for each model was assessed by comparing the chi-square (χ^2), adjusted determination coefficient (R^2), root-mean square error (RMSE), residual standart error (SE), Residual Sum of Squares (RSS), and Shapiro Wailk Normality Test (SNT).

The effect of temperature on drying rate was estimated using Arrhenius exponential model (Eq. 4).

$$(1) MR = a * \exp(-kt) + (1 - a)\exp(-kat)$$

$$(2) MR = a * \exp(-kt^n) + bt$$

$$(3) MR = a * \exp(-kt) + (1 - a)\exp(-gt)$$

$$(4) D = D_o \exp\left(\frac{-E_a}{R.T_v}\right)$$

2.2.3. Mass diffusion coefficient

For estimation of effective water diffusivity (D_{eff}) during dehulled Brazilian pine seeds drying, the dimensionless moisture (M_R) and time (t) data was fitted using Fick's second law of diffusion model (Eq. 5) in spherical coordinates, considering ten terms of the infinite series solution, as suggested by Nicolin, Rossoni, & Jorge (2016).

$$(5) M_R = \frac{M - M_s}{M_0 - M_s} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{10} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{eff} t}{L^2}\right)$$

2.3. Chemical composition

Brazilian pine seeds and flour obtained by drying the seeds at 50°C were characterized according to the chemical composition and the water activity, respectively. The amino acids and minerals of dehulled Brazilian pine seeds in natura, dried at 40°C, 50°C and 60°C and flour was evaluated.

2.3.1. Centesimal composition and water activity assessment

Nutritional composition was determined according to the official methods of analysis according (AOAC, 2010). Moisture content (Method 925.09), total nitrogen (Method 2001.11, a conversion factor of 5.75 was used to convert total nitrogen to protein content), ethereal extract

(Method 945.38), ash content (Method 923.03), dietary fiber (Method 985.29). Carbohydrate composition was calculated according with RDC No. 360 of December 23, 2003. Water activity (Aw) was measured on AquaLab 4TE (Decagon Devices, USA).

2.3.2. Essential amino acids determination

The amino acids composition was performed according to AOAC (2010), method 994.12/ 2000, and Liu (1995) and the results evaluated by variance analysis (ANOVA) using Fisher's test (LSD) ($p < 0.05$).

2.3.3. Mineral analysis

Calcium (Ca), copper (Cu), iron (Fe), phosphorus (Ph), magnesium (Mg), manganese (Mn), potassium (K), sodium (Na) and zinc (Zn) contents ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) were determined, in duplicate, according AOAC (2010). The sample was mineralized by cavity microwaves according to 999.10, methodology (item 9.1.08) and quantified using 999.10 methodology (item 9.1.08).

2.4. Physical composition

2.4.1. Color

The Hunter color parameters of Brazilian pine flours were measured using a Color Quest XE spectrophotometer (HunterLab, Reston, Virginia, USA) equipped with a D65 illuminant. Color values were expressed as L^* , a^* and b^* in CIELAB and CIELCh scale in which L^* , a^* and b^* values are the measure of luminosity perception (0 to 100), red-greenness (- 80 to zero: green; zero to +100: red) and yellow/blueness (-100 to zero: blue: to zero a +70: yellow) respectively (l'Eclairage, 1978). The white index (WI) was calculated according to the equation (Fu et al., 2014):

$$(6) \quad \text{WI} = 100 - [(100-L)^2 + a^2 + b^2]^{1/2}$$

2.5. Microbiological analysis

The microbiological evaluation was carried out according to specific methodology, recommended for flour, outlined in the Normative Ruling No. 12 (ANVISA, 2001), which involve *Salmonella sp* determination, total aerobic mesophilic bacteria, counts of coliform bacteria at 35°C, yeasts and molds. All analyses were performed in accordance with the Vanderzant (1992).

2.6. Statistical analysis

At minimum, all experimental measurements were conducted in triplicate. The statistical analyses were performed using R statistical-software (version 3.0.2) and the Fick diffusion coefficient was predicted using Statistic software (version 13.0). Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) at 95% confidence level ($p < 0.05$). Significantly different data sets were classified after post-hoc comparisons using Fisher's Least Significant Difference (LSD) test.

3. Results

3.1. Modeling the diffusional drying process of Brazilian pine seeds

The parameters of the kinetic models fitted to the drying data of dehulled Brazilian pine seeds at 40 °C, 50 °C and 60 °C and ANOVA data are presented in Table 1.

For all models (Table 1) the R-squared were higher than 0.998 and χ^2 and RMSE lower than 0.0001 and 0.0124, respectively. The Verma drying model provided the highest R-squared and lowest χ^2 and RMSE, thus, it was selected for predicting the moisture ratio of dehulled Brazilian pine seeds at 40 °C, 50 °C and 60 °C. The calculated statistical parameters, R-squared, χ^2 , RMSE and SNT, validate the selected models. Delgado, Pereira, Casal, & Ramalhosa (2016)

in general terms, observed that the quality of the fit was good when using two exponential terms model for drying chestnut slices in a tray dryer at 50°C.

Table 1. Drying parameters for kinetics models of dehulled Brazilian pine seeds at different temperatures.

Models	40 °C	50 °C	60 °C
Fick			
Deff/L ²	2.074E ⁻⁰⁵ s ⁻¹	2.885E ⁻⁰⁵ s ⁻¹	3.958E ⁻⁰⁵ s ⁻¹
R ²	0.989	0.922	0.988
Two term exponential (Ttex)			
a	1.49111	1.4419	1.6245
k	0.0059	0.0080	0.0118
χ ²	0.0001	0.0001	0.0001
RSS	0.0044	0.0043	0.0022
RMSE	0.0119	0.0124	0.0100
R ²	0.9980	0.9977	0.9986
SNT	0.9608	0.8667	0.9363
Midilli-Kucuk (MiKu)			
a	0.9953	0.9931	1.005
b	-5.382 e ⁻⁰⁶	7.042 e ⁻⁰⁶	1.856 e ⁻⁰⁵
n	1.057	1.064	1.1300
k	0.0036	0.0050	0.00507
χ ²	0.0001	0.0001	0.0000
RSS	0.0044	0.0042	0.0014
RMSE	0.0119	0.0123	0.0080
R ²	0.9980	0.9978	0.9991
SNT	0.9481	0.9096	0.9364

Verma

a	1.2901	1.1320	1.1151
g	0.0102	0.0169	0.0751
k	0.0057	0.0075	0.0103
χ^2	0.0001	0.0001	0.0001
RSS	0.0044	0.0042	0.0013
RMSE	0.0119	0.0123	0.0077
R ²	0.9980	0.9977	0.9992
SNT	0.9578	0.8795	0.9547

The effective moisture diffusivity at 40 °C, 50 °C and 60 °C, was computed using the Fick's second law is shown in Figure 1. The effective diffusion coefficient $Deff/L^2$ estimated for 3 and 6 terms at 40 °C were $2.074E^{-05} s^{-1}$. Additional terms do not promote a significant variation in the estimation of the effective diffusion coefficient.

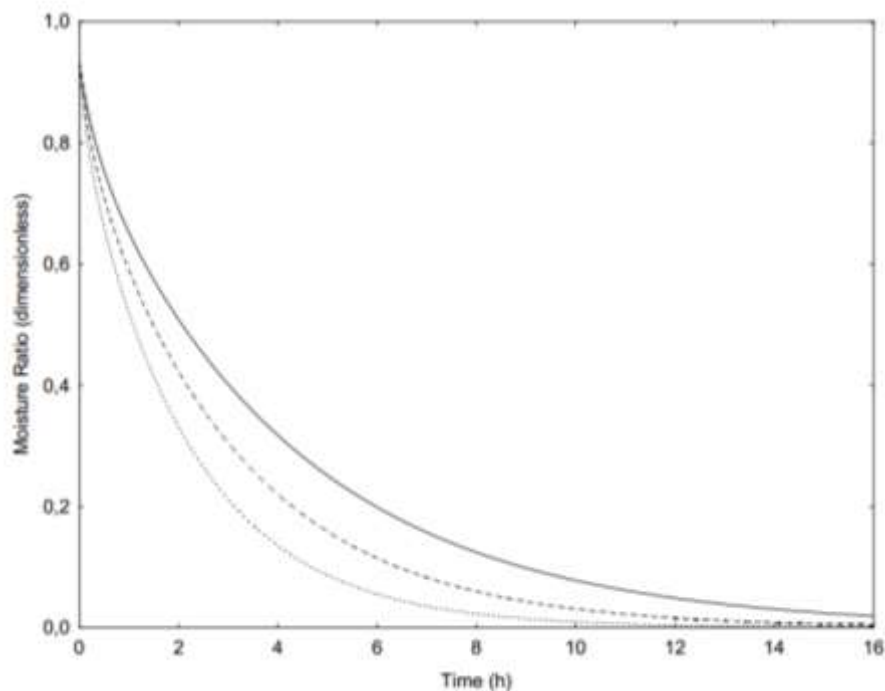


Figure 1. Mass diffusion coefficient for dehulled Brazilian pine seeds at different temperatures, using three terms, fitted by Gauss-Newton algorithm. Subtitle: 40°C (—), 50°C (.....) and 60°C (- -), fitted by Gauss-Newton algorithm.

As estimated by the Arrhenius Equation, the drying rate presented exponential correlation on temperature and the activation energy (E_a) was about $31 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Furthermore, Cladera-Olivera et al. (2008) reported from the same seed flour, the value of $20.93 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. This indicated a higher dependence on temperature for water diffusion from Brazilian pine flour as was used in the present work. This occurred probably due to the difference in particle size distribution between these samples. Additionally, corn and carrots flours reported data were 29.56 and $28.36 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, respectively (Doymaz, 2004; Doymaz and Pala, 2003).

3.2. Chemical composition of the flour and raw dehulled Brazilian pine seeds

Analyzes of the chemical composition of the Brazilian pine seeds presented results for moistures, ash content, ethereal extract, protein, carbohydrate and dietary fiber values in $\text{mg}/100\text{g}$ of 47.04 , 1.37 , 0.59 , 2.65 , 44.82 and 3.55 . The most values are in agreement with the data obtained for Brazilian pine seeds by Cordenunsi et al. (2004) and Schweitzer et al. (2014). The centesimal composition of the Brazilian pine seeds is similar to that of the Portuguese chestnut cultivar Taishowase due to the low lipid content and high percentage of carbohydrates (Pio, Bueno, Maro, Bueno, & Assis, 2014).

The amino acid content in the dehulled Brazilian pine seeds and in their flours at the three temperatures are shown in the Table 2.

The drying temperature at 40°C and 60°C presented a significant effect on the Brazilian pine flour amino acids contents, particularly for Arg, Gly, Tyr and Phe, and Thr, as compared with raw dehulled Brazilian pine seeds. The small loss of some amino acids during the heat treatment is probably associated to others degradation reactions like the interaction with reducing sugars and strecker degradation. It is widely known that the rate of Maillard browning reaction increases according to temperature and exposure time. It is markedly large for Lys, Tyr and His. These losses can be seen in table 3 comparing raw Brazilian pine seeds and flour obtained of dried at 40°C , 50°C and 60°C . Being that oxidation the most susceptible amino acid

is His and at 40°C losses were higher than other temperatures studied (Damodaran and Parkin, 2017; Korhonen, Pihlanto-Leppäla, Rantamäki & Tupasela, 1998). On the other hand, studies indicate that drying air temperatures below 80°C do not reduce the amino acid content in soybeans, corn and rice. Specifically, in the work on rice amino acid losses were associated with the grinding process. In this present work, the main amino acid losses may have occurred due to peel the Brazilian pine seeds (Tanaka, Tanaka, Tanaka, & Uchino, 2017; Varga-Visi, Pohn, Albert, Mándoki, & Csapó, 2009).

Table 2. Amino acids content in the flour and Brazilian pine seeds in natura *

Amino acids	Brazilian pine seeds in natura	40°C	50°C	60°C
Aspartic acid (Asp)	47.17 ^a	35.12 ^b	37.63 ^b	35.95 ^b
Glutamic acid (Glu)	67.92 ^a	56.02 ^a	57.69 ^a	56.02 ^a
Alanine (Ala)	22.64 ^a	15.89 ^b	18.39 ^b	15.89 ^b
Arginine (Arg)	45.28 ^a	33.44 ^b	37.63 ^{ab}	34.28 ^b
Phenylalanine (Phe)	28.30 ^a	25.08 ^a	25.92 ^a	25.08 ^a
Glycine (Gly)	26.42 ^a	20.90 ^b	23.41 ^{ab}	21.74 ^b
Histidine (His)	11.32 ^a	6.69 ^c	8.36 ^b	8.36 ^b
Isoleucine (Ile)	15.09 ^a	13.38 ^b	12.54 ^b	13.38 ^b
Leucine (Leu)	35.85 ^a	30.10 ^b	30.10 ^b	30.94 ^{ab}
Lysine (Lys)	32.08 ^a	13.38 ^b	20.07 ^b	13.38 ^b
Tyrosine and Phenylalanine (Tyr + Phe)	49.06 ^a	39.30 ^b	40.13 ^{ab}	38.46 ^b
Proline (Pro)	11.32 ^a	11.71 ^a	10.87 ^a	10.87 ^a
Serine (Ser)	26.42 ^a	20.07 ^b	21.74 ^b	20.90 ^b
Tyrosine (Tyr)	20.75 ^a	14.21 ^b	14.21 ^b	13.38 ^b
Threonine (Thr)	22.64 ^a	15.89 ^b	20.07 ^a	15.89 ^b
Valine (Val)	30.19 ^a	24.25 ^b	25.08 ^b	25.92 ^b

*values in mg amino acids.g⁻¹ protein; means in the same column with different superscript letters are significantly different at p < 0.05.

In the Figure 2 was compared the essential amino acid score for raw Brazilian pine seeds, Brazilian pine flour dried at 50°C and data reported by Vieira Pires, et al. (2006) for wheat and corn flour. This score was evaluated according to the recommendations of the

(Organization, 1985) for the needs of preschool children (2-5 years old), usually recommended values as a safe level for all age groups.

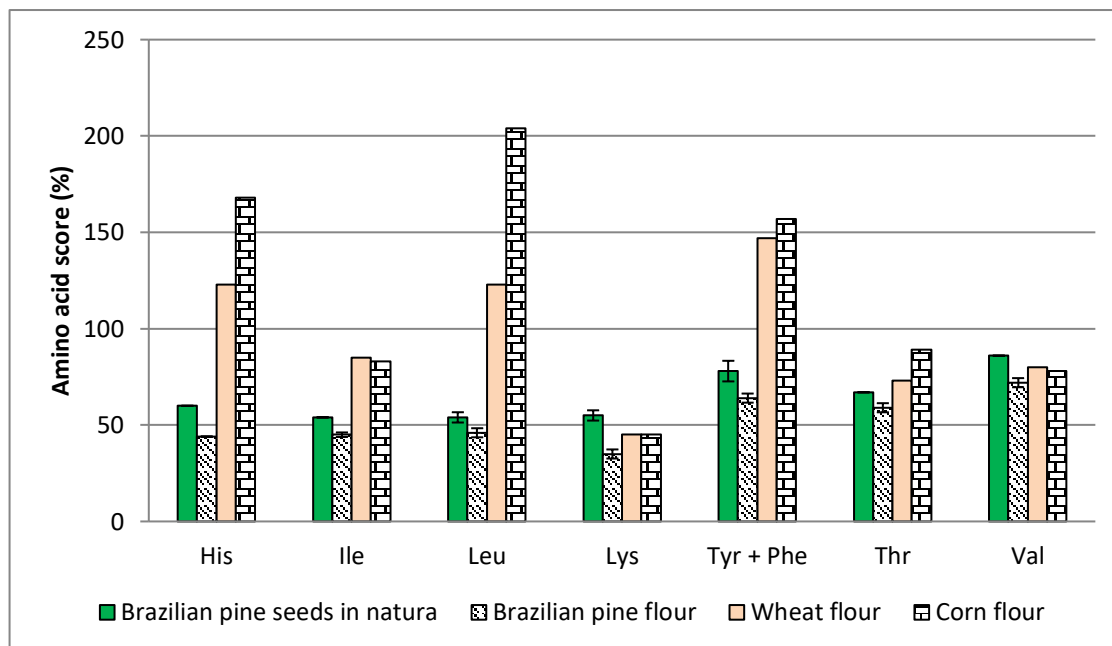


Figure 2. Essential amino acids score (%) of raw Brazilian pine, Brazilian pine flour (50 °C) compared with wheat and corn flours.

As can be observed in Figure 2, the limiting essential amino acid score of the Brazilian pine seeds (lysine) was similar to that observed by Leite, de Jong, Noreña, & Brandelli (2008) and for traditional cereals used in the food industry such as wheat and corn (Vieira Pires, et al., 2006). Despite the limitations, the nutritional quality of a protein deficiency in one or more essential amino acids can be improved by mixing it with another substrate rich in these amino acid (s).

As it can be observed in Table 3, the samples were submitted to drying for 18 and 24 hours, promoting losses in the K, Mg, Ph and Mn around 50%. Data reported by Cordenunsi, et al. (2004) indicate that the cooking of dehulled Brazilian pine seeds for 1 hour in hot water contributes to loss of Ph, Cu and Mg in about 53%, 69% and 74%, respectively. Although mineral elements are not destroyed by exposure to heat, light, oxidizing agents among other

factors, they can be removed by leaching or physical separation. The loss of some of the minerals in the preparation of rice and wheat flour, for example, occurs mainly in their removal by milling (Damodaran and Parkin, 2017; Reddy and Love, 1999). As previously mentioned, heat is not capable alone to destroy the minerals, however can modify solubility, or binding to other molecules. Another possibility in the reduction of some minerals in this study may be associated with the process to remove the Brazilian pine seed coat, in which mill and water were used, whose final product probably had different proportions of thinner seed coat, endosperm and embryo. In another study, the lower value observed only the mineral zinc of roasted *Canavalia cathartica* seeds at 180°C for 20 minutes (Seena, Sridhar, Arun, & Young, 2006).

Table 3. Average results of minerals (dry basis) in natural Brazilian pine and Brazilian pine flours dried at different temperatures.

Minerals*	Brazilian pine seeds in natura	Brazilian pine flours		
		40 °C	50 °C	60 °C
Calcium (Ca)	28,53 ^a	24,03 ^b	22,40 ^b	22,77 ^b
Copper (Cu)	0,37 ^b	0,49 ^a	0,47 ^a	0,34 ^c
Iron (Fe)	1,30 ^{bc}	1,07 ^c	1,70 ^a	1,42 ^b
Phoforous (Ph)	286,96 ^a	153,67 ^b	130,47 ^d	145,29 ^c
Magnesium (Mg)	95,66 ^a	45,30 ^b	39,91 ^b	40,97 ^b
Manganese (Mn)	1,09 ^a	0,55 ^c	0,58 ^{bc}	0,59 ^b
Potassium (K)	1298,06 ^a	563,48 ^b	-	527,20 ^c
Zinc (Zn)	1,26 ^a	0,83 ^b	0,83 ^b	1,27 ^a

*values in mg minerals.100g⁻¹ samples; means in the same column with different superscript letters are significantly different at p < 0.05.

It was possible to observe in Table 4, values on wet basis, the natural Brazilian pine seeds presented high levels of Cu, Mg, Mn and K as compared with Daily Recommended Allowance (DRA). According the DRA, the Brazilian pine flour obtained at 50 °C can be only considered as source of Cu, Ph, Mg and Mn. The Brazilian raw pine was reported by Cordenunsi, et al. (2004) as source of Cu and Mg.

Table 4. Values according Daily Recommended Allowance (%) for Brazilian pine seeds in natura and Brazilian pine flours.

Minerals*	Brazilian pine seeds in natura	Brazilian pine flours		
		40°C	50°C	60°C
Calcium (Ca)	1%	2%	2%	2%
Copper (Cu)	21%	50%	51%	37%
Iron (Fe)	5%	7%	12%	10%
Phosphorous (Ph)	14%	20%	18%	20%
Magnesium (Mg)	19%	16%	15%	15%
Manganese (Mn)	15%	22%	24%	25%
Potassium (K)	15%	11%	nd	11%
Zinc (Zn)	10%	11%	11%	18%

3.3. Physical composition of the Brazilian pine flour

The colors of the Brazilian pine flours were found for samples dried at 40 °C, 50 °C and 60 °C in Table 5. These values are comparable to the CIELAB color parameters reported by Gama, Masson, Haracemiv, Zanette, & Córdova (2010) from natural and cooked dehulled Brazilian pine seeds, but darker than the Brazilian pine flour obtained by Anjos (2013) whose L* and a* values was 92 and 0.5.

Table 5. Instrumental color analysis of the flours obtained from the drying of the almonds under different temperatures.

<i>Samples</i>	L*	a*	b*	White Index
F1	70.79 ^a	6.63 ^b	17.12 ^b	65.50 ^b
F2	71.76 ^a	6.68 ^b	16.26 ^c	66.74 ^a
F3	66.71 ^b	7.84 ^a	20.32 ^a	60.22 ^c

Different letters in the same column comparing average values indicate statistical difference ($p < 0.05$). F1; F2 and F3 indicate Brazilian pine flours obtained from raw Brazilian pine dried at 40 °C, 50 °C and 60 °C

The instrumental color parameters are significantly dependent on air temperature applied during dehulled Brazilian pine seeds drying. The samples dried at 60 °C presented the darkest flour as can be observed from the smaller L* value when compared to the samples dried

at 40 °C and 50 °C. White degree of the samples dried at 50 °C was significantly higher than others samples. In general, as the drying temperatures increase, the flours become darker probably due to a greater extent of caramelization, or Maillard reaction. In other cases the browning can be attributed to phenolic oxidations as reported by Correia, Leitão & Beirão-da-Costa (2009) and Arıcı, Yıldırım, Özülkü, Yaşar & Toker (2016) for chestnut flour dried between 40 °C and 70 °C, and for taro flour dried at 40 °C, 50 °C and 60 °C.

3.4. Microbiological analysis

In Table 6, the microbiological data from Brazilian pine raw and milled Brazilian pine seeds dried at different temperatures can be compared.

Table 6. Results of microbiological analyses from dehulled Brazilian pine seeds and its flour dried at 40°C, 50°C and 60°C

Samples	<i>Bacillus Cereus</i> /g (CFU.g ⁻¹)	<i>Salmonella sp.</i> (25 g ⁻¹)	Coliforms at 45 °C (NMP.g ⁻¹)
Dehulled pine seeds	-	absence	<3
F1	<1,0 x 10 ²	absence	<1,0 x 10 ¹
F2	<1,0 x 10 ²	absence	<3
F3	<1,0 x 10 ²	absence	<1,0 x 10 ¹

Standard from BRASIL (2001), RDC n°12; F1, F2 and F3 indicate Brazilian pine flours obtained from raw

Resolution RDC 12 of the ANVISA (2001) regulates the tolerance of 10² for coliforms at 45°C.g⁻¹ and absence of salmonella sp in 25 g⁻¹. In the category of "raw, salted, spicy or not" and for "starches, flours and meal, powdered or flocked" the tolerance is 3x10³ *Bacillus Cereus*.g⁻¹; 10² for coliforms at 45°C.g⁻¹ and absence of Salmonellas in 25 g⁻¹.

According to current legislation, it was possible to verify that both the dehulled Brazilian pine seeds and the Brazilian pine flour obtained after drying at 40°C, 50°C and 60°C are free of microbiological contaminations (Table 6). In addition, contamination of the seeds has reduced at all temperatures used in the drying step. Thus, it is concluded that according to the RDC 12, the natural Brazilian pine seeds and the Brazilian pine flour agrees with standards

of microbiological contaminants. Brazilian pine flour can be considered stable because it presents 0.41 of water activity.

4. Conclusion

It can be concluded that the best mathematical model to fitting the drying rate from dehulled Brazilian pine seeds at 40°C, 50°C and 60°C were Verma model. The diffusion coefficient ($2.08E-05 \text{ cm}^2/\text{s}$) increase as temperature increase according classical Arrhenius equation.

Better retention of amino acids in the flour, in comparison with the raw Brazilian pine seeds was observed at 50°C, considering the retention of arginine, glycine and essential amino acids threonine, and phenylalanine plus tyrosine. Dehulled Brazilian pine seeds dried at 50°C give rise to flour with lighter color. Iron retention was higher at 50°C when compared to the sample dried at 40°C and 60°C. The Brazilian pine flour can be eating without microbiological risk to consumers.

Acknowledgements

This work was supported by CAPES (Coordination of Higher Education Foundation); CNPq (National Council for Scientific and Technological Development); Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ (Campus Valença); Embrapa Florestas, Embrapa Agroindústria de Alimentos; Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/TPQB.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

References

- Altanir, J., Bento, C., & Gava, J. (2009). *Tecnologia de alimentos, princípios e aplicações*: São Paulo: Nobel.
- Anjos, G. R. d. (2013). *Obtenção e caracterização de farinha e amido de pinhão nativos e esterificados com ácido láctico* (Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

RESOLUÇÃO-RDC Nº 12, DE 02 DE JANEIRO DE 2001. REGULAMENTO TÉCNICO SOBRE PADRÕES MICROBIOLÓGICOS PARA ALIMENTOS. (2001).

AOAC. (2010). *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International* Gaithersburg, M.L.

Arıcı, M., Yıldırım, R. M., Özülkü, G., Yaşar, B., & Toker, O. S. (2016). Physicochemical and nutritional properties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour as affected by drying temperature and air velocity. *LWT-Food Science and Technology*, 74, pp. 434-440.

Balbinot, R., Garzel, J. C. L., Weber, K. S., & Ribeiro, A. B. (2009). Tendências de consumo e preço de comercialização do pinhão (semente da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.), no estado do Paraná Trends of consumption and commercialization price of the Brazilian-pine nut–seed of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., in the state of Parana. *Ambiência*, 4(3), pp. 463-472.

Cladera-Olivera, F., Pettermann, A. C., Bernstein, A., Wada, K., Noreña, C. P. Z., & Marczak, L. D. F. (2008). Drying kinetics of raw and cooked pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds). *Estudos tecnológicos e de engenharia para o armazenamento e processamento do pinhão*, p 82.

CONAB. (2016). Companhia Nacional de Abastecimento. Pinhão (Semente). Retrieved Date from <https://www.conab.gov.br/>.

Cordenunsi, B. R., Wenzel de Menezes, E., Genovese, M. I., Colli, C., Gonçalves de Souza, A., & Lajolo, F. M. (2004). Chemical composition and glycemic index of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), pp. 3412-3416.

Cornejo, F., Nogueira, R., de Carvalho, C., de Godoy, R., Oliveira, A., Santos, L., . . . Freitas, S. Descascamento e secagem de pinhão (*Araucaria angustifolia*) para a obtenção de farinha. *Embrapa Agroindústria de Alimentos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*

Correia, P., Leitão, A., & Beirão-da-Costa, M. L. (2009). The effect of drying temperatures on morphological and chemical properties of dried chestnuts flours. *Journal of Food Engineering*, 90(3), pp. 325-332.

Corteletti, R., Dickau, R., DeBlasis, P., & Iriarte, J. (2015). Revisiting the economy and mobility of southern proto-Jê (Taquara-Itararé) groups in the southern Brazilian highlands: starch grain and phytoliths analyses from the Bonin site, Urubici, Brazil. *Journal of Archaeological Science*, 58, pp. 46-61.

Crank, J. (1975). *The Mathematics of Diffusion: 2d Ed*: Clarendon Press.

da Silveira, A. C., dos Santos, D. V., Costa, E. A., Stepka, T. F., Borsoi, G. A., Hess, A. F., . . . Kemely Atanzio, A. A. (2018). Management of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*(Bertol) Kuntze) based on the Liocourt model in a mixed ombrophilous forest in Southern Brazil. *Australian Journal of Crop Science*, 12(2), p 311.

Damodaran, S., & Parkin, K. L. (2017). *Fennema's food chemistry*: CRC press.

de Rosso David, A. Â., & Silochi, R. M. H. Q. (2010). A AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA CONSERVAÇÃO DE PINHÃO. *Revista Faz Ciência*, 12(15), p 207.

- Delgado, T., Pereira, J. A., Casal, S., & Ramalhosa, E. (2016). Effect of drying on color, proximate composition and drying kinetics of sliced chestnuts. *Journal of Food Process Engineering*, 39(5), pp. 512-520.
- dos Santos, A. J., Corso, N. M., Martins, G., & Bittencourt, E. (2002). Aspectos produtivos e comerciais do pinhão no Estado do Paraná. *Floresta*, 32(2)
- Doymaz, I. (2004). Convective air drying characteristics of thin layer carrots. *Journal of Food Engineering*, 61(3), pp. 359-364.
- Doymaz, I., & Pala, M. (2003). The thin-layer drying characteristics of corn. *Journal of Food Engineering*, 60(2), pp. 125-130.
- Freccia, C. F., Peres, L. G., Ramos, Â., Carlos, Ê., Cerbaro, W., Rech, C. A., . . . Seibert, E. (2013). Conservação de Pinhões em diferentes tipos de Acondicionamento e seus efeitos sobre a qualidade pós-colheita. *Revista Técnico Científica do IFSC*, 1(5), p 717.
- FU, J. T.; SHIAU, S. Y.; CHANG, R. C. Effect of calamondin fiber on rheological, antioxidative and sensory properties of dough and steamed bread. *Journal of texture studies*, v. 45, n. 5, p. 367-376, 2014. ISSN 0022-4901.
- Gama, T. M. M. T. B., Masson, M. L., Haracemiv, S. M. C., Zanette, F., & Córdova, K. R. V. (2010). A INFLUÊNCIA DE TRATAMENTOS TÉRMICOS NO TEOR DE AMIDO, COLORIMETRIA E MICROSCOPIA DE PINHÃO NATIVO (*Araucaria angustifolia*) E PINHÃO PROVENIENTE DE POLINIZAÇÃO CONTROLADA. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 4(2)
- IFP. (2016). Instituto de Florestas do Paraná. Boletim do Pinhão. Retrieved from <http://www.florestasparana.pr.gov.br/>
- Korhonen, H., Pihlanto-Leppäla, A., Rantamäki, P., & Tupasela, T. (1998). Impact of processing on bioactive proteins and peptides. *Trends in Food Science & Technology*, 9(8-9), pp. 307-319.
- l'Eclairage, C. I. d. (1978). Recommendations on uniform color spaces-color difference equations, psychometric color terms. *Paris: CIE*
- Leite, D., de Jong, E. V., Noreña, C. P., & Brandelli, A. (2008). Nutritional evaluation of *Araucaria angustifolia* seed flour as a protein complement for growing rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(7), pp. 1166-1171.
- Liu, H. J. C., B. Y.; Yan, H. W.; Yu, F. H.; Lu, X. X. (1995). Determination of amino acids in food and feed by derivatization with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate and reversed-phase liquid chromatographic separation. *Journal of AOAC International*, 78(3), pp. 736-744.
- Menegatti, R. D., Higuchi, P., da Silva, A. C., Fert-Neto, J., Correia, J., Munaretti, A. M., & Berri, P. V. (2014). Relação etnobotânica dos proprietários rurais do município de Urupema, SC, com recursos florestais. *Floresta*, 44(4), pp. 725-734.
- Minaei, S., Motevali, A., Ahmadi, E., & AZIZI, H. (2012). Mathematical models of drying pomegranate arils in vacuum and microwave dryers.

- Nicolin, D. J., Rossoni, D. F., & Jorge, L. M. M. (2016). Study of uncertainty in the fitting of diffusivity of Fick's Second Law of Diffusion with the use of Bootstrap Method. *Journal of Food Engineering*, 184, pp. 63-68.
- Oliveira Júnior, C. J. F. d., Voigtel, S. D. S., Nicolau, S. A., & Aragaki, S. (2018). Biodiversity and family agriculture in Joanópolis, São Paulo State, Brazil: economic potential of the local flora. *Hoehnea*, 45(1), pp. 40-54.
- Organization, W. H. (1985). Energy and protein requirements: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation *Energy and protein requirements: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation*.
- Paludo, G. F., Duarte, R. I., Bernardi, A. P., Mantovani, A., & Reis, M. S. d. (2016). THE SIZE OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze ENTERING INTO REPRODUCTIVE STAGES AS A BASIS FOR SEED MANAGEMENT PROJECTS. *Revista Árvore*, 40(4), pp. 695-705.
- Peralta, R. M., Koehnlein, E. A., Oliveira, R. F., Correa, V. G., Corrêa, R. C., Bertonha, L., . . . Ferreira, I. C. (2016). Biological activities and chemical constituents of *Araucaria angustifolia*: An effort to recover a species threatened by extinction. *Trends in Food Science & Technology*, 54, pp. 85-93.
- Polet, J. P., de Oliveira, V. R., de Oliveira Rios, A., & de Souza, C. G. (2017). Physico-chemical and sensory characteristics of gluten-free breads made with pine nuts (*Araucaria angustifolia*) associated to other flours.
- Reddy, M. B., & Love, M. (1999). The impact of food processing on the nutritional quality of vitamins and minerals *Impact of processing on food safety* (pp. 99-106): Springer.
- Reineri, D., Sinsen, A. C., & Bernardi, N. C. (2017). Obtenção e caracterização da farinha de amêndoa da semente de *Araucaria angustifolia*. *Synergismus scyentifica UTFPR*, 12(1), pp. 81-87.
- Ribeiro, R. M., dos Santos, A. J., & Bittencourt, A. (2015). A política de garantia de preços mínimos para o pinhão. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 35(84), pp. 459-468.
- Schveitzer, B., da Rosa, A. M., Granemann, P., Klock, A. L. S., Rizzatti, I. M., & Foppa, T. (2014). Caracterização química de pinhões–sementes de araucária angustifólia–em diferentes formas de preparo. *Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde*, 3(2), pp. 93-104.
- Seenaa, S., Sridhar, K., Arun, A., & Young, C.-C. (2006). Effect of roasting and pressure-cooking on nutritional and protein quality of seeds of mangrove legume *Canavalia cathartica* from southwest coast of India. *Journal of Food Composition and analysis*, 19(4), pp. 284-293.
- Tanaka, F., Tanaka, F., Tanaka, A., & Uchino, T. (2017). Effect of high temperature drying on amino acid decomposition in feed rice. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 10(1), pp. 1-3.
- Vanderzant, C. (1992). Compendium of methods for the microbiological examination of foods. *Indicator Microorganisms and Pathogens*, pp. 337-338.

- Varga-Visi, É., Pohn, G., Albert, C., Mándoki, Z., & Csapó, J. (2009). The effect of thermic treatment conditions on the amino acid composition of soybean and maize. *Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme*, 51(3), pp. 139-144.
- Vieira Pires, C., de Almeida Oliveira, M. G., Rosa, J. C., & Brunoro Costa, N. M. (2006). Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(1)
- Zechini, A. A., Lauterjung, M. B., Candido-Ribeiro, R., Montagna, T., Bernardi, A. P., Hoeltgebaum, M. P., . . . dos Reis, M. S. (2018). Genetic Conservation of Brazilian Pine (*Araucaria angustifolia*) Through Traditional Land Use. [journal article]. *Economic Botany*doi:10.1007/s12231-018-9414-6 Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s12231-018-9414-6>
- Zortéa-Guidolin, M. E. B., Demiate, I. M., de Godoy, R. C. B., de Paula Scheer, A., Grewell, D., & Jane, J.-I. (2017). Structural and functional characterization of starches from Brazilian pine seeds (*Araucaria angustifolia*). *Food Hydrocolloids*, 63, pp. 19-26.

**MOISTURE SORPTION ISOTHERMS AND SHELF LIFE EVALUATION OF
PINHÃO (*Araucaria angustifolia*) FLOUR**

MOISTURE SORPTION ISOTHERMS AND SHELF LIFE EVALUATION OF *PINHÃO* (*Araucaria angustifolia*) FLOUR

Angela Gava Barreto¹, Louise de Aguiar Sobral², André Fioravante Guerra¹,
Regina Isabel Nogueira³, Rossana Catie Bueno de Godoy⁴ and Suely Pereira
Freitas⁵

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Valença-RJ, Brazil

²Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro-RJ, Brazil

^{2,5} Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, Brazil

⁴Embrapa Florestas, Colombo-PR, Brazil

E-mail of the corresponding author: angelagava@gmail.com

Abstract:

In this work moisture sorption isotherms and shelf life of pinhão flour were evaluated at 20 ±1 °C using static gravimetric methods in an aw range of 0.011 to 1.0. *Pinhão* endosperm, after convective drying at 40 °C, 50 °C and 60 °C, was milled to a finely ground powder (dp<1mm) and packed in metallized PET, vacuum sealed and stored in a low atmospheric relative humidity at 25 °C. The sorption data, fitted by GAB model, regardless of drying temperature showed the characteristics of type III isotherm. Furthermore, the shelf life of packaged flour carried out during four months was proved the pinhão flour stability.

Keywords: shelf life, GAB model, water activity

Introduction

Araucaria angustifolia (Parana pine) is a traditional tree of the *Aracariaceae* family, a native conifer which grows mainly in the south of Brazil. It has been of cultural and economic importance apart from its ecological role in *Araucaria* forests. These seeds have an endosperm, denominated *pinhão* that is traditionally used in a regional cuisine in the many craft foods preparation in which taste is much appreciated for sensory characteristics. The availability of this material is quite limited by the low level of industrialization [1] and the development of new products from *pinhão* is one of the main challenges of the productive chain of this material.

The relation between a food raw material and its moisture content, called sorption isotherms, is of great value in predicting the dehydration parameters, the packaging selection among other applications [2]. Furthermore, moisture contents below certain levels inhibit the growth of microorganisms and the lowest water activity at which microorganisms are able to grow depends somewhat on the nature of medium, but approximate minimum limits may be defined [3].

Pinhão is constituted by an aqueous phase (water, sugars and salts) and scattered solids phases (carbohydrate, protein and insoluble polysaccharides and presented physical characteristics defined for these major components. In the present work the effect of the drying temperature in the sorption isotherms and shelf life of *pinhão* endosperm flour was evaluated. The three parameter GAB model was applied for fitting the experimental data at equilibrium moisture. This model takes into account the modified properties of the sorbate in the multilayer region as compared with the monolayer one and was recommended by the European Project Groups Cost 90 [4]. In this work, chemical composition, sorption isotherms and shelf life of *pinhão* flour were evaluated.

Material and method

Material

Pinhão seeds were collected in the producing regions of the Paraná State, by Embrapa Forestry, according to the authorization number 30147-1/2014 of the Environment Ministry. The seeds were peeled according to the procedure recommended by Cornejo et al. [5] and presenting irregular cuts of 8 mm average thickness.

Chemical Analysis

The moisture content, ashes, total proteins and total lipids were quantified, respectively, by gravimetric method in a drying oven for 90 minutes at 100 °C, by incineration at 550 °C, using Kjeldahl method [6] and according standard method recommended by AOCS (*Am 5-04*) [7]. The total carbohydrate was calculated by difference and total fiber content was determined applying enzymatic-gravimetric method [6]. All experimental data were carried out in duplicate.

Drying

Pinhão endosperms were dehydrated in a convective dryer [8] at 40 °C, 50 °C and 60 °C and ground in a hammer mill (sieve 1 mm) resulting in a small size particles flours: F1, F2 e F3, respectively. The flours were packaged in metallized PET, vacuum sealed and stored in a low relative humidity at 25 °C to provide the safe samples for analysis.

Sorptions Isotherms

The isotherms were determined by the gravimetric method using saturated solutions of the salts LiCl, MgCl₂, K₂CO₃, NaCl, BaCl₂ and pure H₂O at 20 °C whose water activities ranging from 0.093 to 1.0. The flour samples were placed in the desiccators containing the saturated solutions and remained in these environments until reaching equilibrium. The process was followed by weighing the samples every 24 hours. The equilibrium moisture values (x) were calculated on a dry basis. The GAB model (eq. 1) was used to fit the water sorption isotherms data [9] applying STATISTICA 12.0 [10].

$$X_{eq} = \frac{X_m \cdot C k a_w}{(1 - k a_w) \cdot (1 - k a_w + C k a_w)} \dots\dots\dots [1]$$

where:

X_m is the moisture content in the molecular monolayer (kg water.kg⁻¹ dry solids)

C and k are the GAB parameters

Microbiological analysis

Pinhão flour samples (F1, F2 and F3) were microbiologically analyzed according to the Normative Instruction 62/2003 [11] and compared to the standards of RDC 12/2001 [12]. For this purpose, the flours are analyzed to total and fecal coliforms (NMP/g); *Bacillus cereus*, *Clostridium* sulphite reducer, positive and negative coagulase staphylococci, total count of mesophilic bacteria, yeast and molds and *Salmonella* sp.

Shelf life

Five packages of *pinhão* flour (F1) were maintained at 20 ± 1 °C and 35 ± 1 °C for 120 days and samples were collected at 0, 30, 60, 90 and 120 days, 25 g of flour was placed into 225 ml of sterile peptone water (0.1 w/v) and successive dilution was carried out up to 10^{-6} (w/v). Mesophilic total bacteria in Plate Count Agar (Himedia), yeast and molds in Potato Dextrose (Oxoid) agar acidified to pH 3.5 with sterile tartaric acid (Vetec) was analyzed by pour plate. The plates were incubated at 35 °C (Plate Count Agar) and at 30 °C (Potato Dextrose agar) for 48 h and 5 days, respectively. Plates containing between 25-250 and 15-150 cfu were selected to evaluate the results (cfu.mL⁻¹), using the software "Standard plate counting" [10].

Bacillus cereus (INCQS 3)

To study the kinetics of microbial growth was chose *Bacillus cereus* because it is the sporogenous pathogenic microorganism most likely to be present in the flour.

Bacillus cereus strain was activated by three successive transfers in Brain Heart Infusion broth (Himedia). The growth of the last activation was centrifuged and washed twice with buffer solution at pH 7.2. After, the inoculum was adjusted to ca 10^5 cfu.mL⁻¹. Exactly 10 g of flour sample (F1) was inoculated with 0.1 mL of the inoculum ready to get final concentration of ca 10^3 cfu.g⁻¹. The samples were incubated at 30 °C and analyzed at 0, 30, 60 and 90 days by spread plate on *Bacillus cereus* agar (Himedia) according to Mossel until dilution 10^{-3} . Plates were incubated at 30 °C for 24 to 48 hours [13]. The results were calculated and expressed using the "*Bacillus cereus* enumeration" software [10].

Results

Proximate composition

The chemical composition of *pinhão* flour were: moisture, 4.95%; starch, 80.99%; protein, 5.98%; lipids, 1.56; crude fiber, 4.77 % and ashes, 1.75%. This results showed that starch and protein are the major components in this raw-seed, respectively, 91,2% and 6.74% in dry basis.

Sorption isotherms

In the Figure 1, the predicted and experimental values of the equilibrium moisture content were plotted as a function of water activity (a_w) at 20 °C. Futhermore, the GAB parameters X_m (monolayer moisture), C and k (constant to correct the properties of multilayer molecules with respect to the bulk liquid) are compared for F1, F2 and F3 (Table 1).

The F-values and GAB model coefficients estimated by nonlinear regression, presented values above 690 and 0.999, respectively, indicating that GAB model fitted well the isotherms data. Regarding *pinhão* endosperm dried at 40 °C, the GAB models parameters X_m and k are similar to reported data by CLADERA-OLIVEIRA et al [14] respectively, 0.0604 and 0.8768. The X_m in the present work was found about 0.069 ± 0.001 and all k values was less than 1 (0.838 to 0.840) indicating that lower sorption data was predicted by GAB model as compared to ones fitted by two parameters BET models [15].

Table 1. Coefficients of GAB model for *pinhão* flours fitted by nonlinear regression.

Flour	X_m	C	k	R^2	F-value
F1 (40°C)	0.070	1.076	0.838	0.999	690
F2 (50°C)	0.068	1.076	0.838	0.999	690
F3 (60°C)	0.069	1.076	0.840	0.999	690

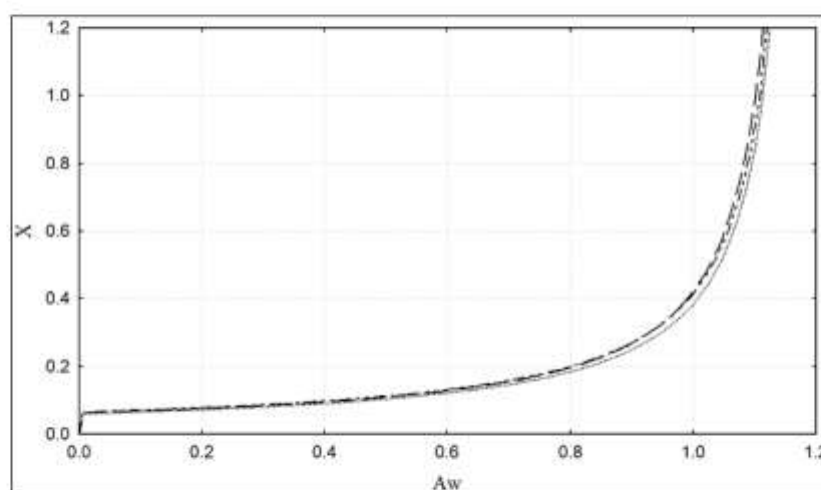


Fig.1. Sorption isotherms of the *pinhão* flour, F1 (---), F2 (.....) and F3 (—), fitted by three parameter GAB model.

Regarding the sorption isotherms of *pinhão* flour (Figure 1), at low water activity the plasticizing effect is very small and the mobility of the amorphous regions is restricted. However, as the water activity increases, the sorbed moisture promote a subsequent swelling of the flour and the degree of crystallinity decreases. These results are similar to reported data from starch powders by Al-Muhtaseb *et al.* [16]. This occur probably due to the proximate composition of *pinhão* in which the major component was starch (76.8% in dry basis).

Microbiological

The microbiological results from *pinhão* flour are shown in the Table 2.

Table 2 – Microbiological analysis

Microorganism	F1	F2	F3
Coliforms at 35°C - NMP.g ⁻¹	<3.0	<3.0	<3.0
Coliforms at 45°C - NMP.g⁻¹	<3.0	<3.0	<3.0
Positive coagulase staphylococci - cfu.g ⁻¹	<1.0 x 10 ²	<1.0 x 10 ²	<1.0 x 10 ²
Negative coagulase staphylococci - cfu.g ⁻¹	<1.0 x 10 ²	<1.0 x 10 ²	<1.0 x 10 ²
Salmonella sp.25g⁻¹	Ausência	Ausência	Ausência
<i>Clostridium</i> sulfite reducer - cfu.g ⁻¹	<1.0 x 10 ¹	<1.0 x 10 ¹	<1.0 x 10 ¹
Bacillus cereus - cfu.g⁻¹	<1.0 x 10²	<1.0 x 10²	<1.0 x 10²
total count of mesophilic bacteria - cfu.g ⁻¹	2.4 x 10 ⁵	3.6 x 10 ⁴	4.4 x 10 ³
Yeast and Molds - cfu.g ⁻¹	4.7 x 10 ⁵	5.2 x 10 ⁴	1.2 x 10 ⁴

Standard from RDC n° 12/2001 [12].

Maximum standards, specified by [12] for coliforms at 45 °C (NMP.g⁻¹), *Bacillus cereus* and *Salmonella* sp. are 1.0 x 10²; 1.0 x 10³ and absence, respectively. As the standards of Brazilian legislation guarantee the microbiological safety of foods, it is assumed that flours can be eaten without microbiological risk to consumers.

The counts of total mesophilic aerobic bacteria and yeast and molds were between 4 and 5 logs of microbial growth. According to Ennadir *et al.* [17] counts of mesophilic total bacteria in flours in the order of 4 logs are of satisfactory microbiological quality. Aydin *et al.* [18] studied the level of contamination by mesophilic bacteria in wheat flour. Most samples contained between 3 and 4 logs of bacterial growth, but samples of 7 logs of growth were found.

Shelf life

A gradual reduction in about 1 log of the total mesophilic bacteria and molds counts was observed when the samples were processed at 40, 50 and 60 °C. These processing temperatures do not have an effect on microbial spores, so even the contamination being the majority of sporulated microbial genera, the presence of vegetative cells is not ruled out. The Figure 2 shows that the flours were microbiological safety [12] according the commercial conditions recommended from *pinhão* flours at 20 ± 1 °C

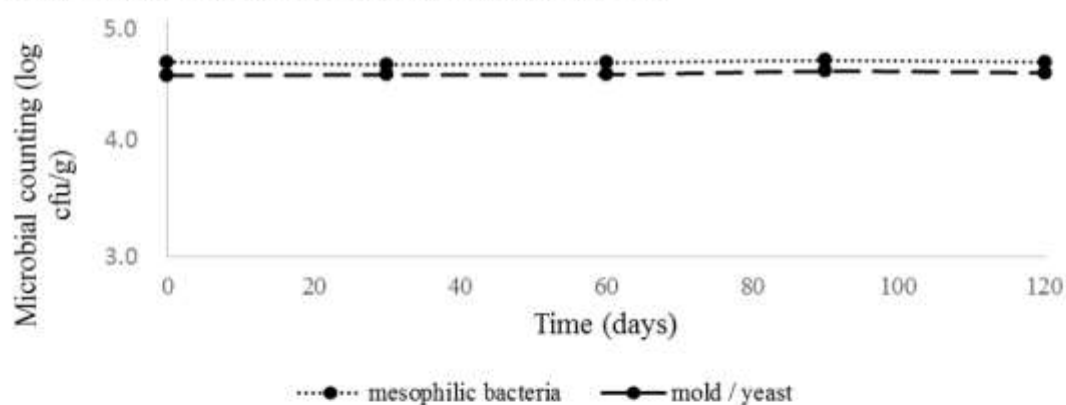


Figure 2. Growth (log cfu.g⁻¹) of total mesophilic bacteria and mold/yeast at room temperature (20 ± 1 °C).

There was no growth of total mesophilic bacteria and yeast and molds at the selected temperature. The first contaminant population remained constant throughout the 120 days of incubation. In the counting plates of mesophilic bacteria it was possible to see colonies with spreading behavior, typical of sporulated bacilli. A morphotintorial Gram test confirming the presence of this microorganism. The low water activity of the sample impairs microbial growth. The low water activity of the product impacts on microbial growth and when present, sporulated forms of microorganisms may remain in the product during storage.

Bacillus cereus

Bacillus cereus is a gram-positive, endemic, beta-hemolytic beta bacterium that lives in soil. Some strains are harmful to humans and cause food poisoning, while other strains may be beneficial, such as probiotics for animals. Therefore, the microorganisms from the raw material and/or processing can cause a reduction in the shelf life of food formulations from

the *pinhão* flour. This occurs due to the water activity increase in the bulk. In the Figure 3 was showed the growth kinetics of *Bacillus cereus* of this target microorganism.

There was no observed growth of *Bacillus cereus* in the flour samples during 90 days of incubation at 30 °C. In Figure 3 it can be seen that the number of inoculated microorganism remained constant throughout the entire period of incubation. These results confirm that the inherent barriers to flour processing guarantee that there is no development of pathogenic microorganisms. The safety of the food, in this case, is inherent to the initial contamination of the raw material and processing of pathogens. After packaging, the population of these microorganisms remains constant.

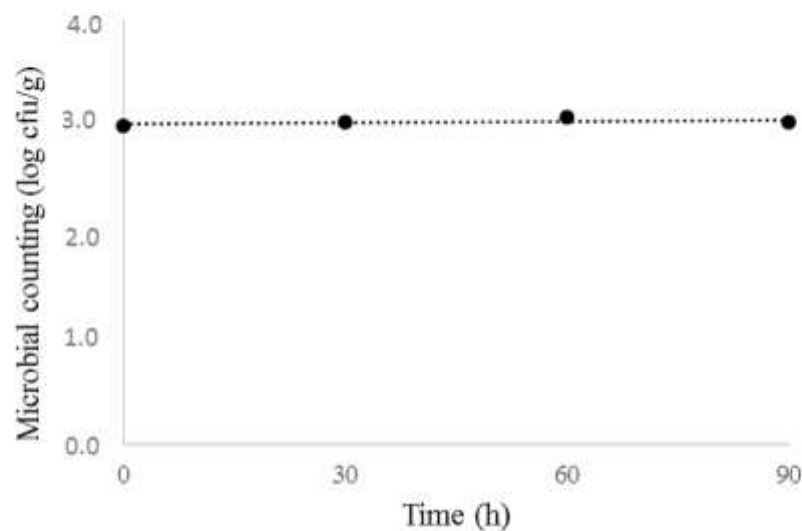


Figure 3. Growth of *Bacillus cereus* until 3 months.

Conclusion

GAB model was appropriate to predicted equilibrium moisture for *pinhão* flour in all range of water activity. All k estimated values indicating that lower sorption values were predicted by three parameters GAB equation as compared to ones fitted by two parameters BET models. Drying temperatures used to obtain *pinhão* endosperm flour did not change significantly the hygroscopic properties of this product. Furthermore, *pinhão* flours are safe for human consumption.

Acknowledgement

To the Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ (Campus Valença), Embrapa Florestas, Embrapa Agroindústria de Alimentos and Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/TPQB.

References

- [1] BALBINOT, R.; GARZEL, J. C. L.; WEBER, K. S.; RIBEIRO, A. B. Tendências do consumo e preço de comercialização do pinhão (semente de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.kzte.) no Estado do Paraná. *Ambiência*, 4, 3, (2008), 463-472.
- [2] IGLESIAS, H. A.; CHIRIFE, J. Handbook of food isotherms: water sorption parameters for food and food components. New York (1982), 347 p.
- [3] TAYLOR, A. A. Determination of moisture equilibria in dehydrated foods. *Food Technology*, 15, (1961), 536-540.

- [4] SPIESS, W., WOLF, W. The results of the COST 90 project on water activity. R. Jowitt (Ed.), et al., *Physical Properties of Foods*, Applied Science Publisher, London (1983).
- [5] CORNEJO, F. E. P., NOGUEIRA, R. I., DE CARVALHO, C. W. P., DE GODOY, R.C.B, OLIVEIRA, A. H., SANTOS, L. F. C., BARRETO, A. G., FREITAS, S. P. Descascamento e secagem de pinhão (*Araucária angustifolia*) para a obtenção de farinha. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Comunicado técnico, 206), 2014, 3p.
- [6] AOAC - Association Of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC International*. 18 th ed. Washington, DC, 2005. AOAC (2005) rev. 2010.
- [7] AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY - AOCS. *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*. Champaign 1200p. 2009.
- [8] NOGUEIRA, R. I.; CORNEJO, F. E. P.; WILBERG, V. C. Manual para Construção de um Desidratador de Produtos Agroindustriais. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2015, (21), 24 p. (Documentos / Embrapa Agroindústria de Alimentos).
- [9] VAN DEN BERG, C. Development of B.E.T like models for sorption of water of foods; theory and relevance. In D. Simatos and J. L. Multon (Eds), *Properties of Water in Foods*, (1985), 119-135
- [10] Softwares: available in www.microbiologia-de-alimentos.com. Access in 15th march (2017).
- [11] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n o 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de Agosto de 2003. Seção 1.
- [12] BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC n° 12 de 2 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 10 de Janeiro de 2001.
- [13] MOSSEL, D. A. A.; KOOPMAN, M. J.; JONGERIUS, E. Enumeration of *Bacillus cereus* in foods. *Applied Microbiology*, 15, (1967), 650-653.
- [14] CLADERA-OLIVEIRA, F. MARCZAK, L. D. F., NOREÑA, C. P. Z., PETTERMANN, A. C. Modeling water adsorption isotherms of pinhão (*araucaria angustifolia* seeds) flour and thermodynamic analysis of the adsorption process. *Journal of Food Process Engineering*, 34, (2011), 826-843.
- [15] CHIRIFE, J. E. O.; TIMMERMANN, H. A.; IGLESIAS; R. B. Some features of the parameter k of the GAB equation as applied to sorption isotherms of selected food materials. *Journal of Food Engineering*, 15, 1, (1992), 75-82.
- [16] AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Water sorption isotherms of starch powders. Part 1: mathematical description of experimental data. *J. Food Engineering*, 61, (2004), 297-307.
- [17] ENNADIR J.; HASSIKOU R.; OHMANI, F.; HAMMAMOUCHE J.; BOUAZZA F.; QASMAOUI A.; MENNANE Z.; TOUHAMI, A. O.; CHAROF, R.; KHEDID K. Qualité microbiologique des farines de blé consommées au Maroc. *Canadian Journal of Microbiology*, 58, 2 (2012), 145-150.
- [18] AYDIN, A; PAULSEN, P.; SMULDERS, J. M. The physico-chemical and microbiological properties of wheat flour in Thrace. *Turk J. Agric For.*, 33, (2009), 445-454.

**APLICAÇÃO DE ANÁLISES FÍSICAS E SENSORIAIS PARA
AVALIAÇÃO DE SNACKS DE ARROZ E PINHÃO (*Araucaria
angustifolia*) RECHEADOS COM PASTA DE AMENDOIM**

APLICAÇÃO DE ANÁLISES FÍSICAS E SENSORIAIS PARA AVALIAÇÃO DE SNACKS DE ARROZ E PINHÃO (*Araucaria angustifolia*) RECHEADOS COM PASTA DE AMENDOIM

Angela Gava Barreto^{1,5}, Davy William Hidalgo Chávez^{1,2}, Daniela De Grandi

*Castro Freitas de Sá³, Regina Isabel Nogueira³, Carlos Wanderlei Piler de Carvalho³, Rossana
Catie Bueno De Godoy⁴ and Suely Pereira Freitas⁵*

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, Rua Voluntários da Pátria 30, Bairro Belo Horizonte, Valença, RJ, CEP: 27600-000, Brazil.

²Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Rodovia Br 465, km 7, 23890-000, Seropédica, RJ, Brazil.

³Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas 29501, Guaratiba, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 23020-470, Brazil.

⁴Embrapa Florestas, Estrada de Ribeira Km 111 Guaraituba, CEP: 83411000 COLOMBO, Paraná, Brazil.

⁵Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Escola de Química, Av. Horácio Macedo 2030, Centro de Tecnologia, Bloco E, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21941-909, Brazil.

Tel.: 55 21 3622-9611

email: angelagava@gmail.com

Resumo: A *araucaria angustifolia* é uma árvore nativa da Mata Atlântica do sul do Brasil e sua semente, o pinhão, possui grande importância socioeconômica e na perpetuação da espécie, representando uma porção significativa de emprego e renda. O Brasil é o maior produtor de arroz (*Oryza sativa L.*) da América Latina. Tanto o pinhão quanto o arroz são ricos em amido e possuem baixo teor de lipídios, características importantes para produção de *snacks* expandidos por extrusão termoplástica. Além disso, podem fazer parte da dieta de celíacos. O objetivo deste estudo foi verificar a influência dos parâmetros da extrusora, da proporção de pinhão na expansão, textura instrumental e perfil sensorial dos *snacks*. Nos resultados, verificou-se que os menores valores estudados para temperatura e rotação de parafuso contribuíram para maiores índices de expansão dos *snacks*, porém o aumento da concentração de pinhão não interferiu neste índice. Entretanto, maior proporção de pinhão contribuiu para menor crocância instrumental apesar de não haver correlação com a opinião dos consumidores. A utilização de pinhão na formulação de *snacks* expandidos associado a farinha de arroz e recheio de amendoim apresentaram aceitação variando de 6,2 a 6,9 nas cidades do Rio de Janeiro como em Curitiba. Conclui-se que o *snack* à base de farinha de pinhão e de arroz recheados com pasta de amendoim possui elevado potencial para agregar valor à cadeia produtiva de pinhão da Araucária, incrementando uma nova forma de consumo de pinhão.
Palavras-chave: CATA, perguntas abertas, Curitiba, Rio de Janeiro.

1. Introdução

A *araucaria angustifolia* é uma árvore nativa da Mata Atlântica do sul do Brasil, sendo considerada uma espécie em extinção. A sementes da araucária, o pinhão, é comestível e possui grande importância socioeconômica e na perpetuação da espécie, representando uma porção significativa de emprego e renda. O pinhão é rico em amido e apresenta baixo teor de lipídios, característica adequada para obtenção de extrusados expandidos (ASCHERI, 1997; KOCH e CORRÊA, 2002; CORDENUNSI et al., 2004; BALBINOT et al., 2009; CAPELLA et al., 2009; DANNER et al., 2012; BOFF ZORTÉA-GUIDOLIN, CARVALHO, et al., 2017).

O Brasil é o maior produtor de arroz (*Oryza sativa* L.) da América Latina. Este cereal representa a principal fonte de carboidratos utilizada por famílias brasileiras, além de contribuir com proteínas, vitaminas, minerais, fibras e baixo teor de lipídios. É também considerado um alimento importante na dieta de celíacos já que se trata de um cereal isento de glúten assim como o pinhão. O teor de amido está em torno de 90% em base seca tornando-o um cereal com potencial para produção de snacks expandidos por extrusão termoplástica (MUTHAYYA et al., 2014; PATINDOL et al., 2015; CIACCIO et al., 2016; PORTAL e JOELE, 2016).

A produção de *snacks* a partir da combinação de farinha de pinhão e arroz por extrusão termoplástica possui grande potencial devido às características tecnológicas dessas matérias primas que contribuem para expansão do produto final. Misturas de farinhas de diferentes fontes podem garantir o teor de amido adequado para atingir a textura desejada do snack como também na adição de nutrientes como minerais e aminoácidos (SACCHETTI et al., 2004; DING et al., 2005; SINGLA, 2011; KLEIN et al., 2013; BOFF ZORTÉA-GUIDOLIN, PILER DE CARVALHO, et al., 2017).

No desenvolvimento de novos produtos testes afetivos são bastante utilizados. Geralmente um grande número de julgadores se faz necessário para a realização das avaliações. Os julgadores não são treinados, mas são selecionados para representar o público alvo com gostos próximos aos de consumidores de produtos similares. Os testes afetivos, também chamado de testes de consumidor, são uma importante ferramenta, pois acessam diretamente a opinião do consumidor já estabelecido ou potencial de um produto, sobre características específicas do produto ou ideias sobre o mesmo (BARBOZA et al., 2003).

No desenvolvimento e comercialização bem-sucedidos de novos produtos é fundamental o conhecimento de informações que vão além da percepção afetiva do produto. As características sensoriais de alimentos e bebidas têm sido tradicionalmente obtidas através da aplicação da análise descritiva quantitativa (ADQ) cujos provadores são treinados. Esta

metodologia é realizada em três etapas: geração de termos descritores, seleção e treinamento dos provadores, e, por fim, avaliação das amostras (MEILGAARD et al., 1999);. Devido a essas restrições, o interesse no desenvolvimento de métodos confiáveis e rápidos para a caracterização sensorial de produtos alimentícios está aumentando como *Check All That Apply* (CATA). Não é um método novo por si só, mas um formato versátil de pergunta de múltipla escolha que está sendo cada vez mais aplicado para uma variedade de propósitos diferentes na análise sensorial. As recentes aplicações do CATA para caracterização sensorial de produtos pelos consumidores incluem *snacks*, chocolate, água saborizada, biscoitos, sorvetes entre outros (DUTCOSKY, 2011; ARES, 2015).

Outro método também utilizado para explicar a aceitação de produtos é denominado perguntas abertas. É solicitado ao consumidor que responda o mais gostou e o que menos gostou em cada uma das amostras. Este estudo fornece uma visão interessante sobre a percepção dos consumidores. Essa técnica permite a identificação de atributos que direcionam suas preferências. A utilização desta análise é recomendada como complementar simples e confiável para mapear as preferências (ARES et al., 2010; SYMONEAUX et al., 2012).

O objetivo deste estudo foi verificar a influência dos parâmetros da extrusora, da proporção de pinhão na expansão e textura instrumental dos *snacks*. Além disso, determinar os atributos sensoriais e seus efeitos sobre a aceitação dos *snacks* recheados para melhor mapear sua importância na percepção do consumidor.

2. Materiais e Métodos

2.1. Material

2.1.1. Elaboração da farinha de pinhão e arroz

As sementes de pinhão foram adquiridas no estado do Paraná sobre autorização nº 30147-5 / 2016 do Ministério do Meio Ambiente. As sementes foram descascadas de acordo com CORNEJO et al. (2004), seco a 50°C e triturado (< 400 mesh) em moinho de martelos (TREU, 95-018-B, Rio de Janeiro, Brasil). O arroz parbolizado integral foi comprado em mercado local (Rio de Janeiro-RJ) e triturado também no moinho de martelos.

2.1.2. Elaboração do recheio

Amendoim foi assado em forno doméstico a 160°C por 40 minutos e moído em cortador de faca dupla por 8 minutos. Adicionou-se açúcar mascavo (10%) e gordura de palma (20%) e a pasta (70%) foi homogeneizada até obtenção de uma massa macia.

2.2. Extrusão termoplástica

A extrusão foi conduzida utilizando uma extrusora de duplo parafuso Clextral Evolum HT25 co-rotativa, entrelaçada (Clextral Inc., Firminy, França) com diâmetro de parafuso de 25 mm, relação comprimento: diâmetro de 40:1 e dez zonas de temperatura.

As misturas contendo farinhas de pinhão e de arroz integral, açúcar refinado (5%), extrato de proteína de soja (1,5%), cloreto de sódio (0,5%) e bicarbonato de sódio (0,5%), foram ajustadas a 14% de umidade no misturador (VAEMS 40-2, Venâncio, Brasil) por 30 minutos um dia antes da extrusão. Três fatores (parâmetros independentes) foram considerados: percentagem das farinhas, velocidade do parafuso e temperatura nas 3 últimas zonas de aquecimento (Tabela 1). O snack contendo 50% de pinhão foi elaborado sob as seguintes condições: 550 rpm e 130 ± 15 °C para avaliação sensorial em Curitiba. Posteriormente, os *snacks* foram recheados manualmente e armazenados em embalagens laminadas.

Tabela 1. Parâmetros utilizados na extrusão das misturas de pinhão e arroz integral.

Tratamentos	Variáveis Independentes		
	X ₁ % Pinhão	X ₂ Velocidade do parafuso (RPM)	X ₃ Temperatura (°C)
1	10,0	450	105
2	10,0	650	105
3	10,0	450	155
4	10,0	650	155
5	30,0	450	105
6	30,0	650	105
7	30,0	450	155
8	30,0	650	155

*Desvio padrão de 15°C entre processos iguais realizados em dias diferentes.

2.2.1. Análises físicas

2.2.1.1. Índice de expansão

Para a determinação do índice de expansão seccional 20 medidas dos diâmetros de cada extrusado foram realizadas em ambos os lados dos *snacks* e no comprimento, com auxílio de um paquímetro analógico metálico, marca Vonder, 150 mm - 6" e aplicada a seguinte equação (ALVAREZ-MARTINEZ et al., 1988).

$$IES = \frac{D}{D_0}$$

Onde, D = diâmetro médio do biscoito (cm); D₀ = diâmetro do orifício da matriz (cm).

2.2.1.2. Textura

A textura de 20 *snacks* de cada tratamento foi medida no equipamento TA-XT Plus (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra) equipado com uma carga de 50 kg, na qual foi acoplada uma sonda de 2mm de acordo com Samuel *et al.* (2007).

2.2.1.3. Atividade de água

A determinação da atividade de água do recheio e dos *snacks* recheados foi realizada em duplicata em equipamento AquaLab 4TE a 25 °C (Decagon Devices, USA).

2.2.2. Análise sensorial

A avaliação sensorial foi realizada para determinar a aceitação do produto (*snack* recheado) por prováveis consumidores. As amostras foram avaliadas quanto à avaliação global por 114 consumidores, de ambos os sexos e idade variando de 18 a 66 anos, no Laboratório de Análise Sensorial e Instrumental da Embrapa Agroindústria de Alimentos (Rio de Janeiro-RJ) e também por 122 provadores no mercado municipal na cidade de Curitiba (PR). A aceitação foi avaliada através de escala hedônica de nove pontos, variando de: 1 – desgostei muitíssimo a 9 – gostei muitíssimo, segundo método descrito por (MEILGAARD *et al.*, 1999). As amostras foram apresentadas de forma monádica, em copos descartáveis de 50 mL contendo dois *snacks* (aproximadamente 4 g), codificados com números de três algarismos e servidos à temperatura ambiente. A ordem de apresentação das amostras foi balanceada segundo (WAKELING e MACFIE, 1995). A análise sensorial foi conduzida somente após a liberação pelo Laboratório de Microbiologia quanto aos aspectos de segurança microbiológica do produto.

Os sujeitos interessados em participar do estudo responderam a um questionário indicando frequência de consumo deste tipo de alimento, se gostam do produto e em que grau. Este questionário continha também questões relacionadas à saúde em geral dos participantes como: doenças crônicas degenerativas, hipertensão, diabetes, asma, disfunção renal, além de questões relacionadas ao uso de medicamentos e alergias ou intolerâncias alimentares (lactose, glúten, proteínas de ovo ou leite de vaca). Foram selecionados para participar do teste aqueles que não eram gestantes ou nutrízes, não declararam os comprometimentos acima descritos, consumidores de produtos similares, que gostavam do produto em grau moderado ou maior (conforme descrito acima). Os provadores aptos aos testes sensoriais receberam uma carta explicativa sobre o estudo acompanhada de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes de iniciá-los.

Para a realização da análise sensorial foi informado que os dados pessoais dos participantes seriam mantidos em absoluto sigilo de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS) 196/96 que trata da Pesquisa envolvendo Seres Humanos, salientando ainda que tais dados seriam utilizados tão somente para realização deste estudo. O número do protocolo de aprovação do comitê de ética é 1.580.498.

A caracterização sensorial de 8 amostras foi obtida através da metodologia *Check All That Apply* (CATA) com 114 consumidores, aplicado no Rio de Janeiro. Foram selecionados 20 atributos previamente indicados por um grupo inicial de 15 avaliadores para formar a lista de atributos do questionário CATA. São eles: aerado, marrom claro, marrom escuro, enrugado, aparência desagradável, desmancha na boca, pouco doce, muito doce, amargo, gorduroso, sabor amendoim, pouco sabor amendoim, sabor estranho, sabor queimado, crocante, murcho, macio, grudento, aparência agradável e duro. A partir dos resultados dos testes realizados no Rio de Janeiro, foram selecionadas amostras contendo 10% e 30% de pinhão e adicionada a amostra de 50% de pinhão para os testes sensoriais em Curitiba. Os atributos avaliados, das 3 amostras oferecidas aos consumidores em Curitiba, foram gerados através de perguntas abertas sobre o que mais gostaram e menos gostaram e para análise dos resultados os termos similares foram englobados em uma única expressão ou palavra. Estes consumidores também indicaram a intenção de compra.

2.2.3. Análise estatística

A análise de variância (ANOVA) foi aplicada nas análises físicas e no teste de aceitação e para o cálculo de médias utilizou-se Fisher (LSD) e Tukey, respectivamente.

A análise de cluster hierárquico (ACH) foi utilizada para o estudo da similaridade entre os provadores no teste de aceitabilidade, mediante o cálculo de distância euclidiana entre os provadores e aplicação do método de Ward para a formação dos grupos utilizando-se o Statistica versão 10. A frequência de uso de cada atributo foi determinada pela contagem do número de consumidores que o utilizaram para descrever cada uma das amostras. A avaliação da significância destes atributos do CATA foi verificada através do teste Q de *Cochran* e para a geração do mapa sensorial utilizou-se a análise de correspondência, usando o software R 3.2.4 (2016) desenvolvido pela Core Team (2011) R, e os pacotes, FactorMineR 1.32. e SensorMineR 1.2. Utilizou-se a análise de correspondência e o diagrama de nuvem de palavras para realizar a análise qualitativa dos atributos positivos e negativos gerados pelas perguntas abertas aplicando o pacote wordcloud 2.6.

3. Resultados e discussão

3.1. Análises físicas

A atividade de água do recheio apresentou valor médio de 0,46 compatível a dos *snacks* dos tratamentos aferidos T2, T6 e da formulação com 50% de farinha de pinhão cujas médias foram 0,46, 0,53 e 0,51, respectivamente. Valores elevados de atividade de água no recheio podem diminuir a crocância do produto final devido a difusão da água do interior para a parte externa dos *snacks* (JAKUBCZYK et al., 2017).

Os valores de índice de expansão seccional e a crocância instrumental estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Valores índice de expansão seccional (I.E.S.) e crocância para cada tratamento.

Tratamentos	I.E.S.	Crocância
1	14,22 ^a	57,00 ^{ac}
2	11,25 ^b	58,90 ^{ab}
3	10,63 ^c	63,35 ^a
4	9,19 ^d	51,80 ^{cd}
5	11,52 ^b	56,65 ^{bc}
6	11,55 ^b	51,05 ^{ce}
7	11,20 ^b	46,35 ^{de}
8	8,80 ^d	36,25 ^f

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

As figuras 1 e 2 apresentam os efeitos da proporção de pinhão na mistura da elaboração dos *snacks*, temperatura nas últimas 3 zonas do canhão, a rotação de parafuso e a interação entre estas variáveis em relação ao índice de expansão dos *snacks*.

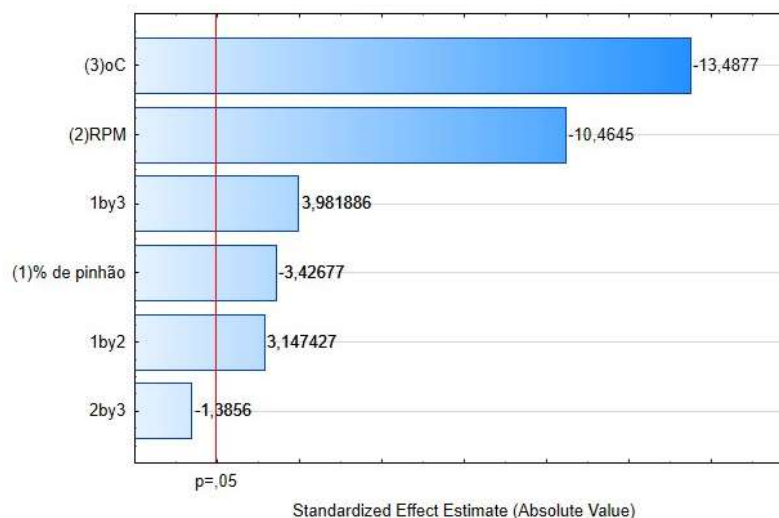


Figura 1. Gráfico de Pareto dos resultados de quantidade de pinhão, temperatura e velocidade de rotação de parafuso relacionado ao índice de expansão dos *snacks*.

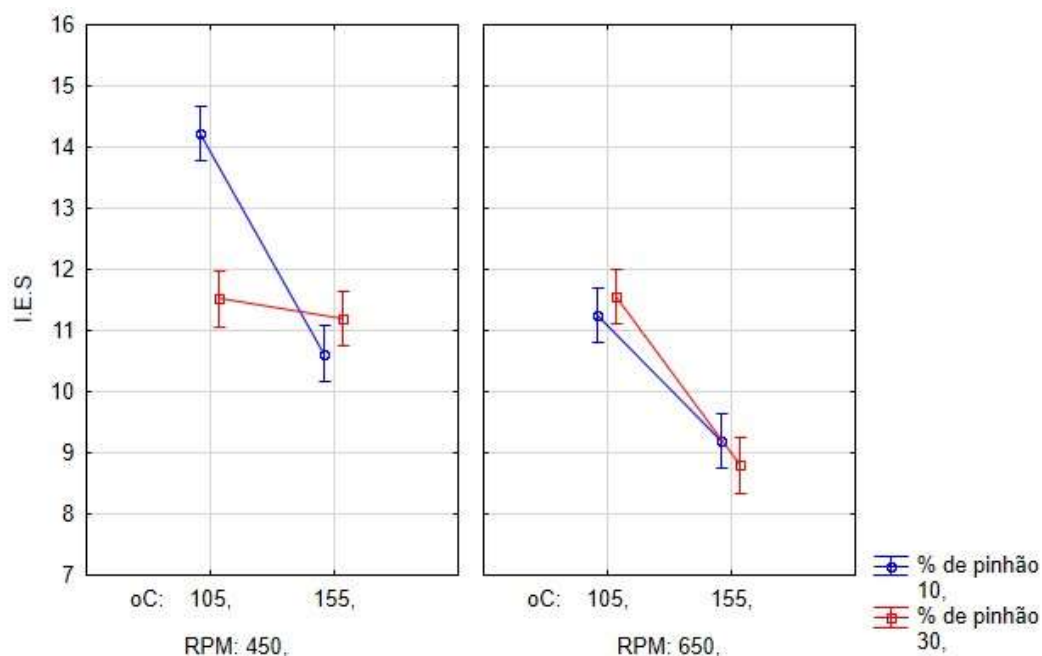


Figura 2. Efeitos das variáveis independentes em relação ao índice de expansão dos *snacks*.

De acordo com a Figura 1, é possível perceber que o aumento da temperatura na mistura com menor proporção de pinhão gerou *snacks* com menor índice de expansão quando submetidas a ambas velocidades de rotação do parafuso. Nos casos em que foi associada maior temperatura e maior velocidade da rosca houve menor tempo de residência dentro da extrusora levando ao menor grau de gelatinização da massa. Já o alto índice de expansão a 450 rpm na mistura de 10% de pinhão a 105°C deve-se a diminuição da viscosidade da massa e aumento da pressão de vapor na saída da extrusora. Entretanto, o aumento da temperatura nestas condições sugere o aumento da viscosidade e menor tempo de residência, diminuindo assim a diferença de pressão ocasionando em menor expansão. *Snacks* elaborados apenas com arroz por Ding et al. (2005) não apresentaram efeitos relacionados ao índice de expansão quando submetidos a velocidade do parafuso e temperatura variando de 132 a 367 rpm e 86 a 153°C, respectivamente. Isto sugere que a aplicação de velocidades entre 450 e 650 rpm diminuem o tempo de residência gerando menor degradação do amido e, conseqüentemente, menor expansão.

As figuras 3 e 4 apresentam os efeitos da proporção de pinhão na mistura da elaboração dos *snacks*, temperatura nas últimas 3 zonas do canhão, a rotação de parafuso e a interação entre estas variáveis em relação à crocância instrumental dos *snacks*. Como os revestimentos superior e inferior são compostos pelo mesmo material, as propriedades mecânicas relacionadas a parte superior do *snack* foi utilizada para quantificar com precisão a textura da camada externa total (SAMUEL et al., 2007).

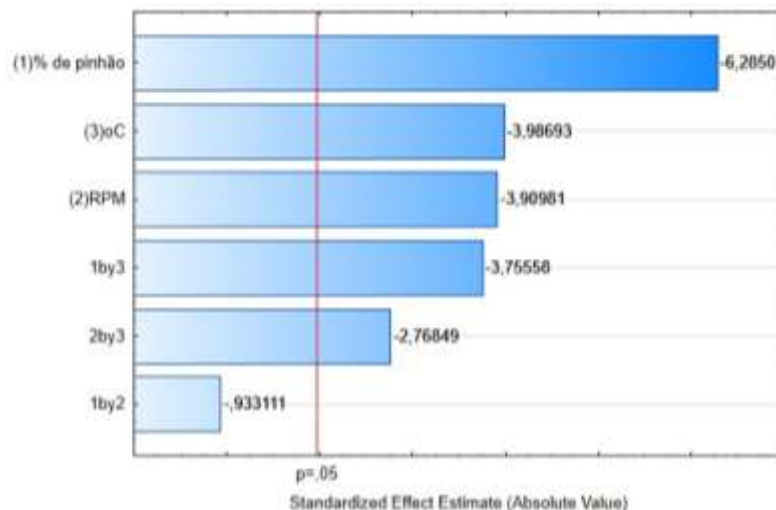


Figura 3. Gráfico de pareto dos resultados de quantidade de pinhão, temperatura e velocidade de rotação de parafuso relacionado a crocância dos *snacks*.

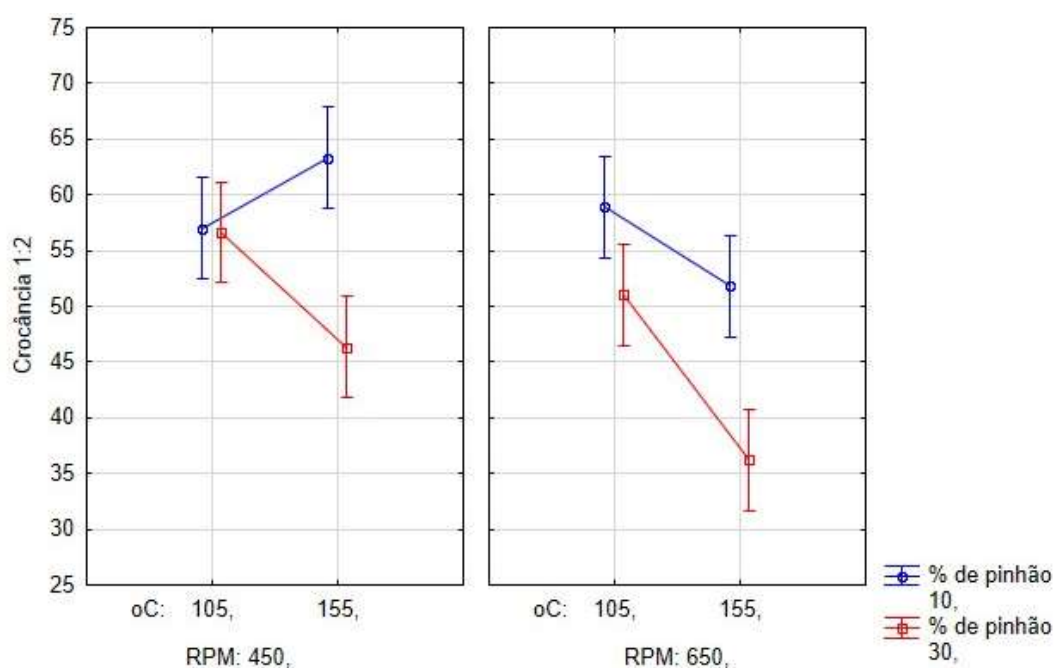


Figura 4. Efeitos das variáveis independentes em relação à crocância dos *snacks*.

O aumento na proporção de pinhão nos *snacks* apresentou efeito negativo na crocância, de acordo com análises realizadas no texturômetro, tanto com o aumento da temperatura quanto da rotação de parafuso a 155°C. *Snacks* elaborados com arroz apresentaram maior crocância com o aumento da temperatura devido a menor viscosidade da massa representada em maior parte pelo amido, maior crescimento das bolhas e menor densidade (DING et al., 2005). Este fato pode ser correlacionado com os *snacks* apresentando maior proporção de arroz cujo comportamento foi similar a 450 rpm.

3.2. Análise sensorial

3.2.1. Consumidores do Rio de Janeiro

Todos os tratamentos tiveram uma aceitação média superior a 6,0 dentro da escala hedônica de nove pontos (onde 1 é desgostei muitíssimo e 9 é gostei muitíssimo), o que indica que a aceitação em geral foi próxima a gostei moderadamente (tabela 3). Os tratamentos com maior aceitação ($p < 0,05$) foram os tratamentos T8, T7 e T6 com valores de aceitação de $6,7 \pm 1,4$, $6,81 \pm 1,4$ e $6,87 \pm 1,4$ respectivamente, em relação ao tratamento T4 ($6,14 \pm 1,7$). A farinha de arroz foi combinada com castanha portuguesa para elaboração de *snacks* por Sacchetti et al. (2004) cuja melhor nota na escala hedônica foi 6 para sabor e avaliação global.

Tabela 3. Aceitação dos 8 tratamentos de *snacks* de pinhão.

Tratamento	Aceitação
T1	6.59 ^{ab}
T2	6.55 ^{ab}
T3	6.46 ^{ab}
T4	6.17 ^b
T5	6.49 ^{ab}
T6	6.87 ^a
T7	6.81 ^a
T8	6.70 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

O comportamento do consumidor segundo a análise de segmentação por clusters pode ser observado na figura 5.

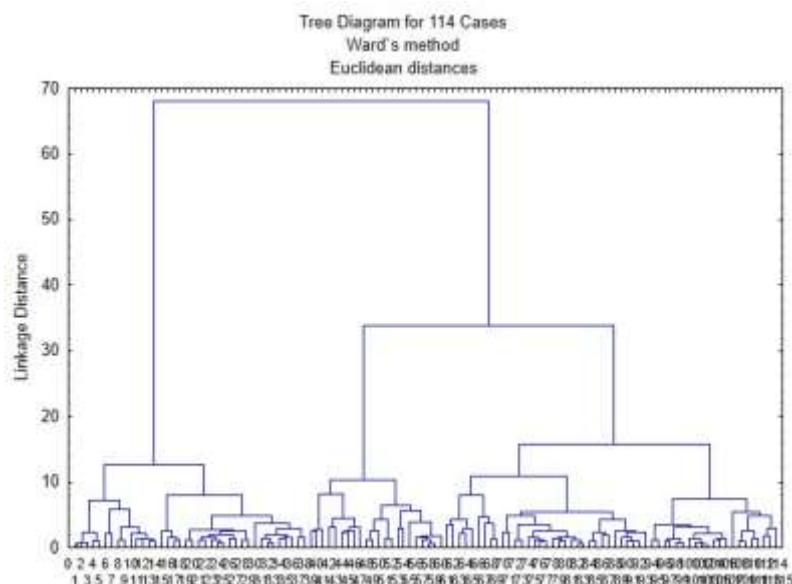


Figura 5. Agrupamento dos consumidores pelo método de Ward de acordo com a aceitabilidade dos *snacks* de pinhão.

Obtendo-se 53 e 61 membros nos grupos 1 e 2, respectivamente, pode-se observar que dois grupos formados se diferenciaram na faixa de escala hedônica utilizada (figura 6). As menores médias por parte do primeiro grupo poderiam ser explicadas pelos distintos hábitos alimentares e aspectos socioeconômicos entre os grupos apresentados na (figura 7).

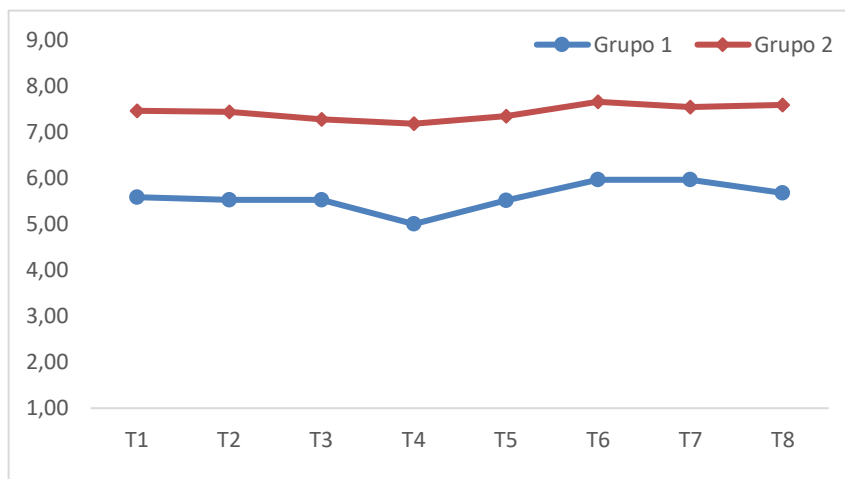
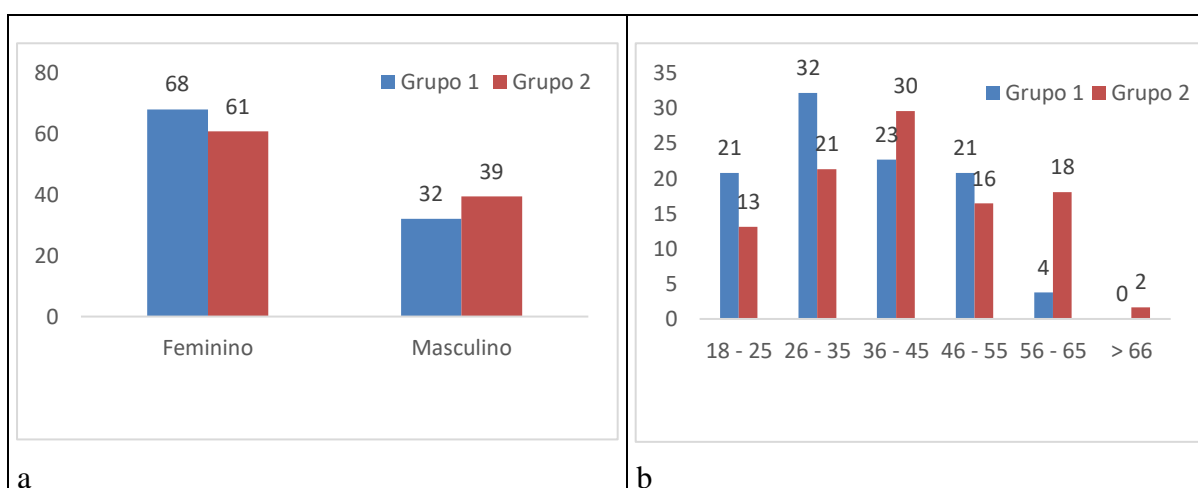


Figure 6. Aceitabilidade dos extrusados de pinhão.

Na análise socioeconômica, faixa etária e de consumo de produtos similares e de matérias primas dos *snacks* (figura 7) foi possível observar que o primeiro grupo é composto com indivíduos do sexo feminino, mais jovens e com menor renda quando comparado ao grupo 2. Entretanto, o grupo 2 tem o hábito de consumir mais *snacks* recheados, pinhão e amendoim torrado. Isto pode sugerir que a maior aceitação pelos *snacks* no grupo 2 pode estar associada ao maior consumo de produto similar e das matérias-primas envolvidas na elaboração dos *snacks*. Em relação ao total dos provadores participantes do teste, 3,5% apresenta intolerância à lactose, salientando a importância do desenvolvimento de novos produtos sem lactose.



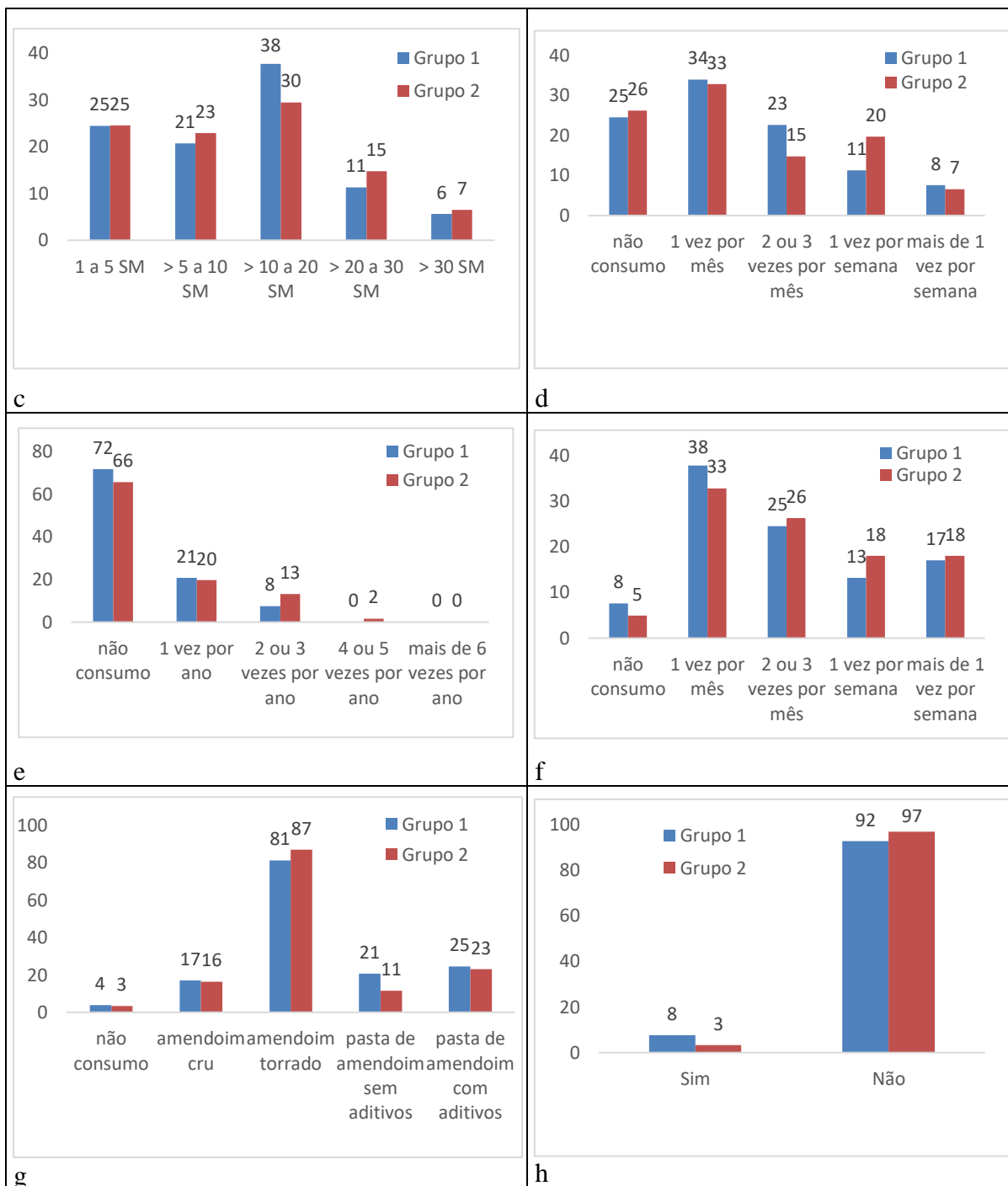


Figura 7. a) sexo, b) faixa etária, c) renda familiar, d) Qual a frequência que você consome biscoitos (*snacks*) recheados?, e) Qual a frequência que você consome pinhão (Araucária), f) Qual a frequência que você consome amendoim?, g) Qual o modo como você consome amendoim?, h) intolerância alimentar.

Os atributos da apontados pelos avaliadores estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Frequências acumuladas do questionário CATA e os valores de p calculados pelo teste de *Cochran's Q*, para um nível de significância de 0.05.

Atributo	Amostra							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Aerado	65 ^a	54 ^{ab}	50 ^b	49 ^b	66 ^a	65 ^a	63 ^{ab}	56 ^{ab}
Marrom claro	88 ^a	80 ^a	83 ^a	80 ^a	49 ^b	63 ^b	63 ^b	62 ^b
Marrom escuro	8 ^e	15 ^{de}	9 ^{de}	18 ^{cd}	47 ^a	39 ^{ab}	28 ^{bc}	30 ^{bc}
Enrugado	18 ^a	17 ^a	17 ^a	14 ^a	21 ^a	16 ^a	15 ^a	13 ^a
Aparência desagradável	20 ^{ab}	13 ^{bc}	12 ^{bc}	13 ^{bc}	31 ^a	16 ^{bc}	8 ^c	14 ^{bc}
Desmancha na boca	41 ^{bc}	47 ^{ab}	50 ^{ab}	53 ^{ab}	31 ^c	58 ^a	56 ^a	51 ^{ab}
Pouco doce	61 ^a	55 ^a	65 ^a	58 ^a	53 ^a	58 ^a	62 ^a	65 ^a
Muito doce	4 ^a	3 ^a	5 ^a	6 ^a	4 ^a	6 ^a	3 ^a	5 ^a
Amargo	6 ^a	9 ^a	6 ^a	11 ^a	7 ^a	4 ^a	4 ^a	11 ^a
Gorduroso	13 ^a	11 ^a	12 ^a	19 ^a	12 ^a	19 ^a	14 ^a	11 ^a
Sabor amendoim	70 ^{abc}	67 ^{abc}	56 ^c	61 ^{bc}	72 ^{ab}	78 ^a	70 ^{abc}	79 ^a
Pouco sabor amendoim	40 ^{ab}	39 ^{ab}	53 ^a	39 ^{ab}	37 ^{ab}	30 ^b	40 ^{ab}	29 ^b
Sabor estranho	6 ^b	7 ^b	6 ^b	18 ^a	5 ^b	5 ^b	8 ^b	8 ^b
Sabor queimado	10 ^b	7 ^b	12 ^b	22 ^a	9 ^b	7 ^b	6 ^b	13 ^{ab}
Crocante	91 ^{ab}	76 ^d	78 ^{cd}	56 ^e	97 ^a	95 ^a	90 ^{abc}	81 ^{bcd}
Murcho	0 ^c	6 ^b	5 ^b	16 ^a	0 ^c	1 ^{bc}	1 ^{bc}	8 ^{ab}
Macio	26 ^{cd}	54 ^a	50 ^{ab}	52 ^a	19 ^d	36 ^{bc}	46 ^{ab}	56 ^a
Grudento	42 ^{abc}	48 ^a	34 ^{abc}	47 ^{ab}	37 ^{abc}	35 ^{abc}	30 ^c	33 ^{bc}
Aparência agradável	44 ^{bc}	49 ^{ab}	51 ^{ab}	50 ^{ab}	34 ^c	52 ^{ab}	62 ^a	49 ^{ab}
Duro	11 ^a	2 ^b	3 ^b	0 ^b	19 ^a	3 ^b	0 ^b	0 ^b

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

Os atributos da lista CATA que não tiveram influência significativa ($p > 0,05$) na diferenciação das amostras mediante o teste de Cochran's Q (Tabela 4) foram: enrugado, pouco doce, muito doce, amargo e gorduroso. Também pode-se observar na tabela 3 as frequências acumuladas dos atributos do teste CATA para as diferentes amostras. Os atributos que tiveram menores frequências foram: muito doce, murcho, duro, amargo e sabor estranho com frequências totais de 36, 37, 38, 58 e 63, respectivamente. Já os de maiores frequências foram: desmancha na boca, aparência agradável, aerado, pouco doce, sabor amendoim, marrom claro e crocante com valores acumulados de: 387, 391, 468, 477, 553, 568 e 664, respectivamente. Verificou-se que as frequências do atributo marrom escuro indicam maior presença de pinhão na composição dos *snacks*.

O mapa sensorial gerado está apresentado na figura 8, e permite correlacionar os atributos e as amostras avaliadas no Rio de Janeiro.

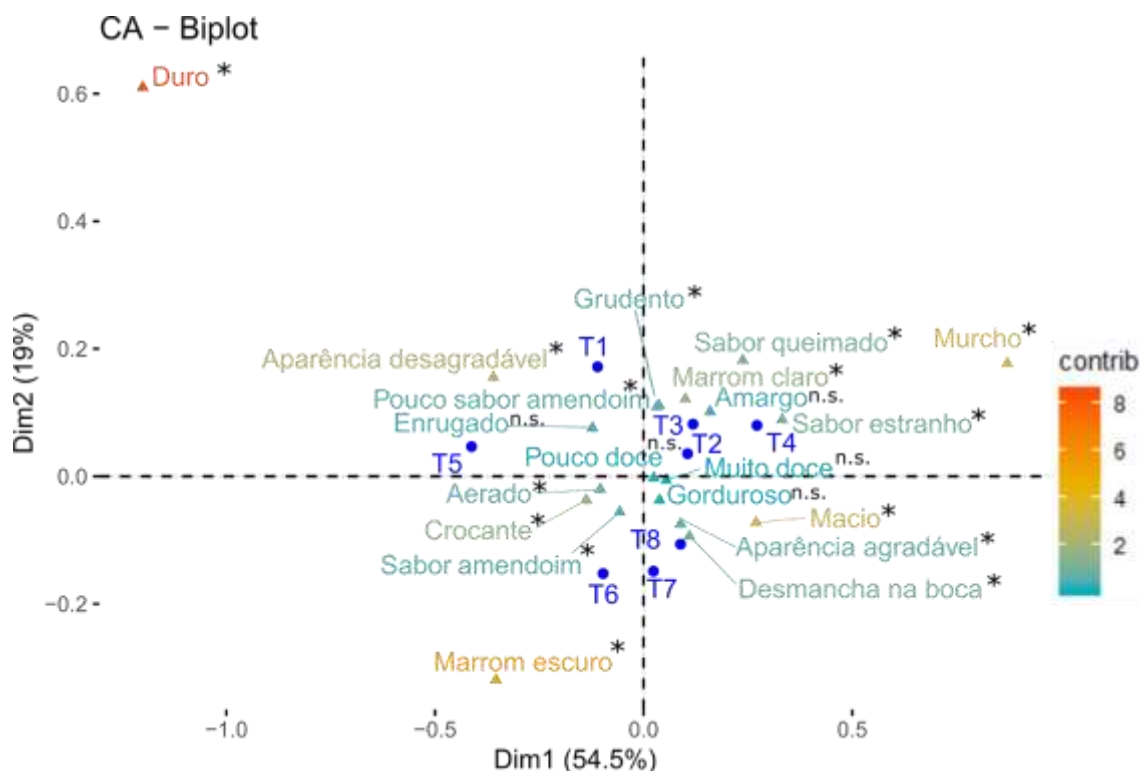


Figura 8. Configuração das amostras e os atributos na primeira e segunda dimensão do análises de correspondência realizado no questionário *Check All That Apply* (CATA); n.s. e * indicam que o atributo não teve significância ou que teve significância estatística a $p < 0.05$, respetivamente, na percepção dos provadores segundo o teste de Cochran's Q.

Segundo a Figura 8 as amostras T6, T7 e T8 foram caracterizadas pelo sabor de amendoim, vale ressaltar que também obtiveram maior média no teste de aceitação (tabela 3). Os atributos aparência agradável, crocante, aerado, desmancha na boca e macio também foram atributos que caracterizaram os tratamentos T6, T7 e T8, enquanto que os atributos muito doce, amargo, gorduroso, pouco doce e muito doce, mesmo estando próximos a alguns tratamentos, não tiveram maior influência na caracterização dos mesmos já que resultaram não significativos ($p > 0.05$) pelo teste Cochran's Q. Já a amostra T4 apresentou sabor estranho, sabor queimado, murcho e menor crocância, atributos que explicam a média de 6,17 na escala hedônica, inferior a T6, T7 e T8 ($p < 0,05$). Estas características podem estar associadas aos parâmetros utilizados na extrusão, cuja temperatura e rotação de parafuso elevados gera *snacks* de pinhão e arroz com sabor de queimado quando utilizada mistura com maior proporção de arroz (T4).

3.2.2. Consumidores de Curitiba

Na figura 9 é possível perceber a divisão dos grupos de acordo com a aceitabilidade das três amostras avaliadas. Foram elaborados *snacks* com diferentes teores de pinhão na massa:

10% de pinhão, correspondendo ao T2 do tratamento conduzido na avaliação sensorial realizada no Rio de Janeiro, 30% de pinhão, correspondendo ao T6 e 50% de pinhão. Estas amostras foram selecionadas devido ao teor diferente do pinhão e pelo fato de terem sido bem aceitas e com características sensoriais relevantes apontados pelos provadores como maciez, desmancha na boca, aerado, aparência agradável e menor dureza quando comparadas as demais. Já a amostra contendo 50% de pinhão foi acrescentada na análise sensorial em Curitiba devido ao consumo tradicional das sementes de pinhão.

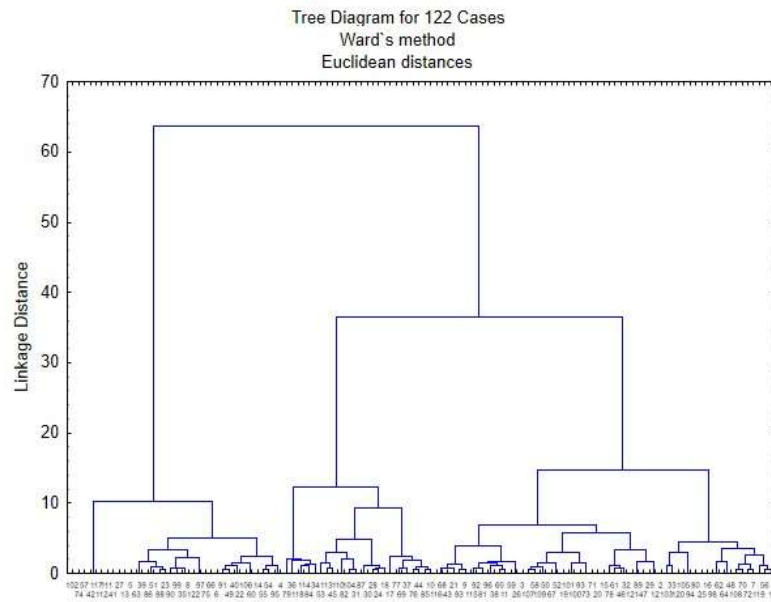


Figura 9. Análise de segmentação por Clusters da avaliação sensorial realizada em Curitiba.

Os resultados da aceitabilidade e intenção de compra das amostras oferecidas em Curitiba estão apresentados na figura 10 e os valores de faixa etária, renda, consumo das matérias primas e questões de saúde na figura 11.

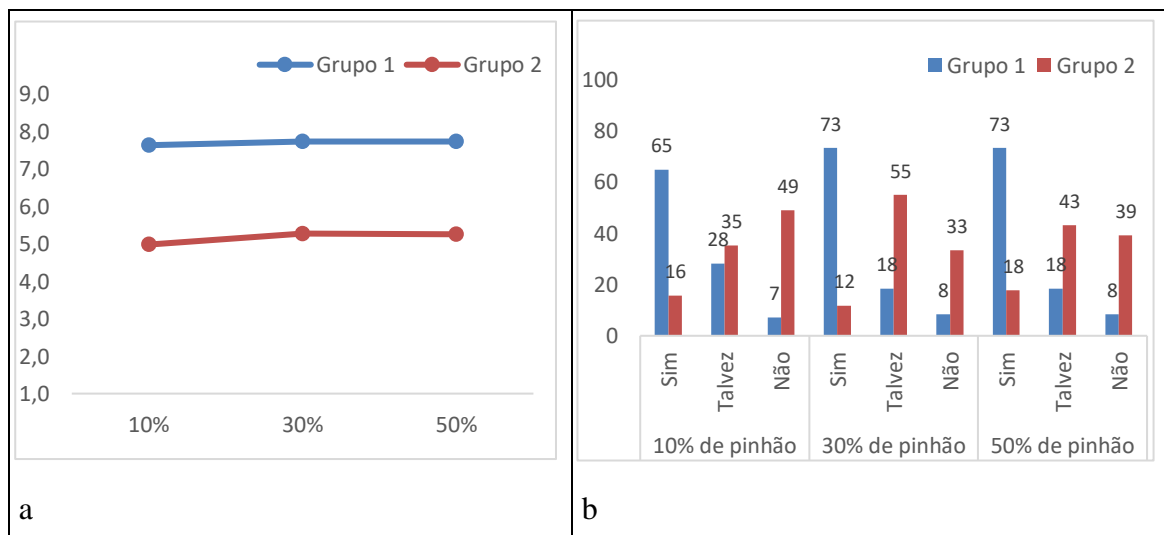
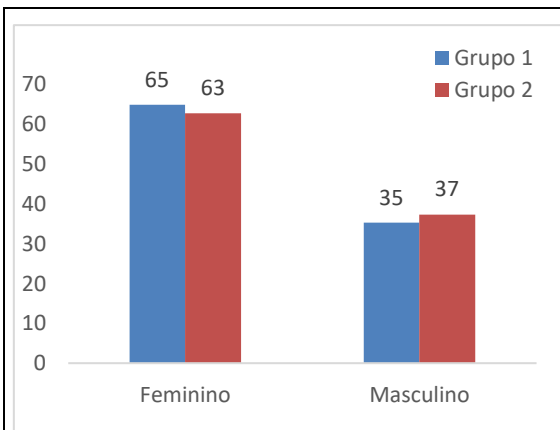
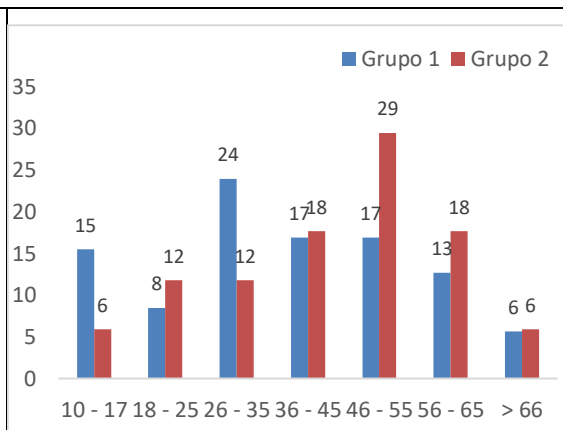


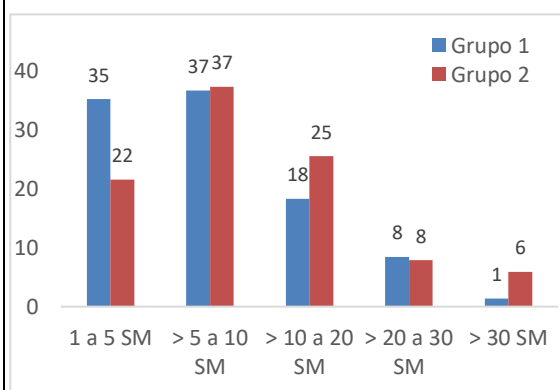
Figura 10. a) Aceitabilidade e b) intenção de compra dos snacks em Curitiba.



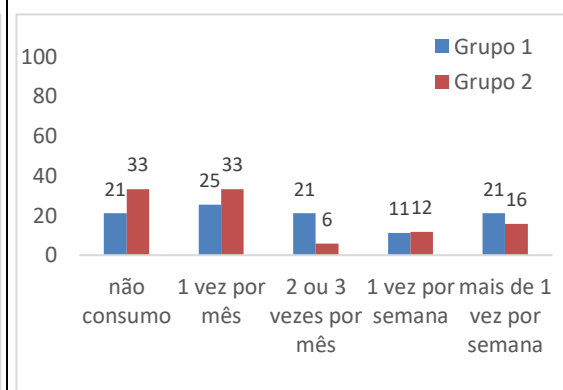
a



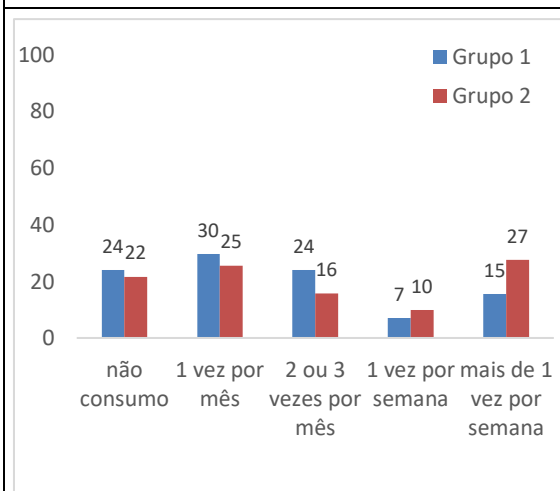
b



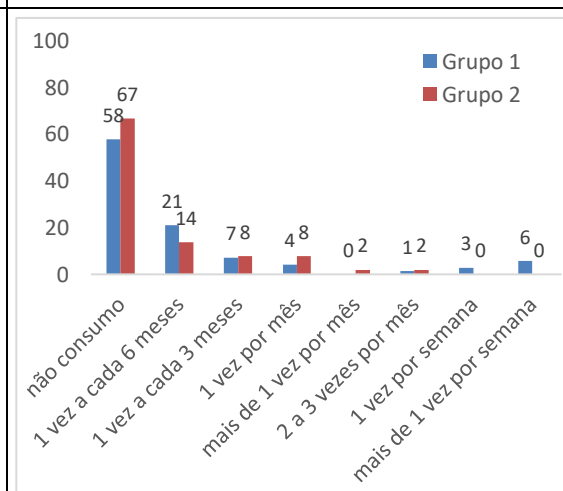
c



d



e



f

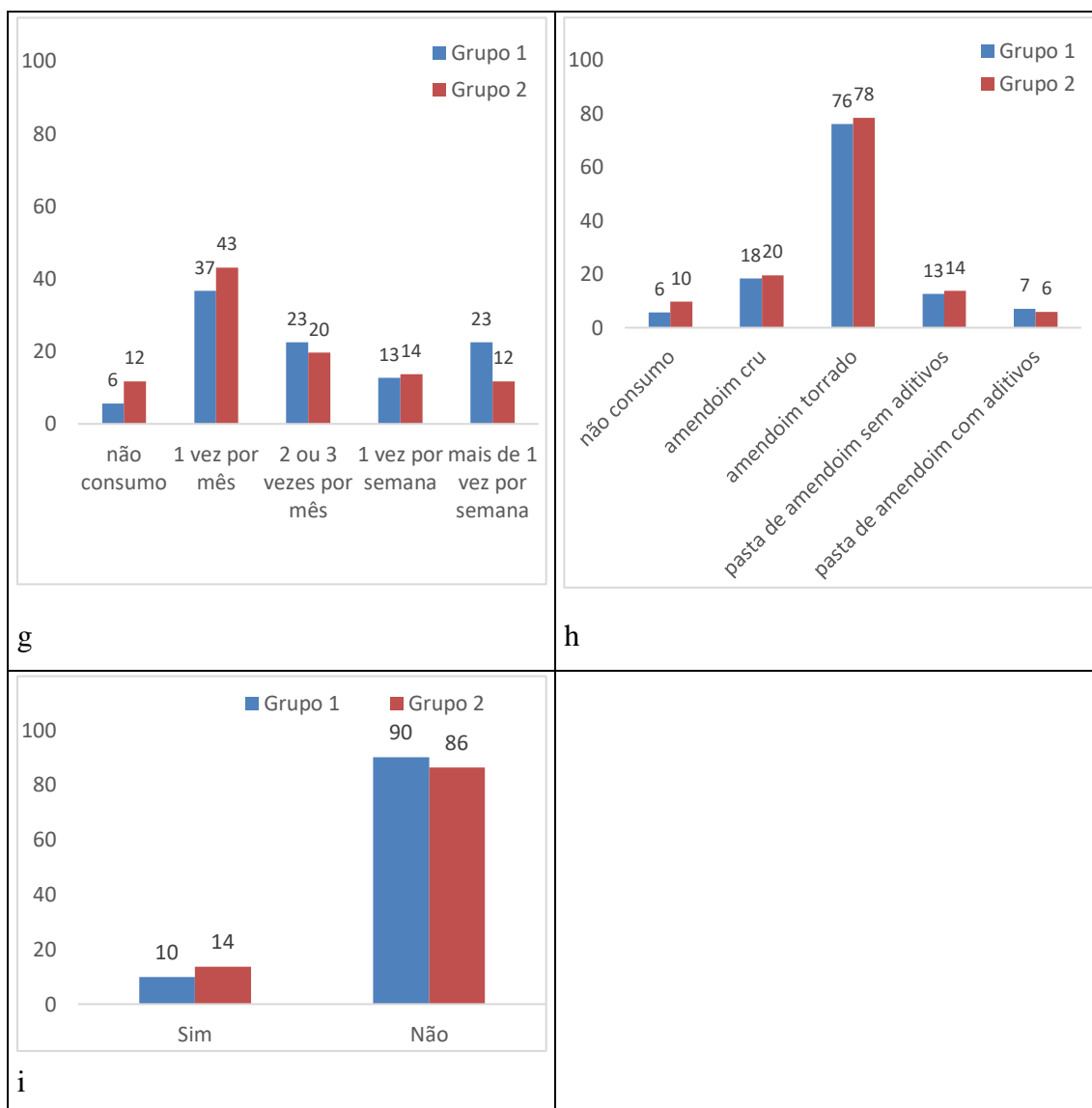


Figura 11. a) sexo, b) faixa etária, c) renda familiar, d) Qual a frequência que você consome snacks recheados?, e) Qual a frequência que você consome pinhão (*araucaria angustifolia*) no período de safra?, f) Qual a frequência que você consome pinhão (*araucaria angustifolia*) no período de entressafra?, g) Qual a frequência que você consome amendoim?, h) Qual o modo como você consome amendoim?, i) intolerância alimentar.

Comparando-se as figuras 10 e 11, verificou-se que o grupo 1 apresentou maior aceitabilidade em relação aos *snacks* e além disso foi representado por provadores mais jovens e com hábito de consumir pinhão na entressafra e amendoim. Os grupos 1 e 2 foram representados por 71 e 51 provadores, respectivamente. Em relação ao total dos provadores participantes do teste, 11% apresenta intolerância à lactose e 2% ao glúten. Este resultado aponta a importância do desenvolvimento de alimentos sem lactose e glúten.

Tabela 5. Aceitação em Curitiba em relação a *snacks* elaborados com 10, 30 e 50% de pinhão.

Porcentagem de pinhão	Aceitação
10%	6,52 ^a
30%	6,70 ^a
50%	6,70 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

Os consumidores avaliaram as amostras contendo 10%, 30% e 50% de pinhão e segundo a escala hedônica “gostaram ligeiramente” das mesmas, não havendo diferença significativa entre elas. Os valores apresentados por provadores de Curitiba foram próximos aos dos cariocas mesmo os curitibanos estarem habituados a consumir pinhão. Isto pode ser explicado pela ausência de sabor acentuado de pinhão nas amostras, prevalecendo o sabor de amendoim caracterizado pelo recheio. O aumento da proporção de pinhão na formulação não apresentou efeito negativo na aceitação dos *snacks*, ao contrário do estudo realizado por Sacchetti *et al.* (2004) cuja maior concentração de castanha portuguesa (40%) adicionada em *snacks* elaborados com arroz apresentou diminuição na média para 4,0 na escala hedônica para sabor. Já *snacks* de pinhão avaliados no Paraná por Boff, Zortéa-Guidolin, Carvalho *et al.* (2017) apresentaram médias variando de 5,26 a 6,46 em relação a avaliação global.

As figuras 12 apresentam os atributos positivos (P) e negativos (N) mencionados pelos provadores de Curitiba em relação as amostras contendo 10%, 30% e 50% de pinhão na formulação dos *snacks*. Foi possível verificar nas figuras 12 que os atributos que os provadores mais gostaram nas amostras 1, 2 e 3 foram a textura do biscoito, devido à crocância, aeração e leveza e o sabor global do biscoito expressão relacionada ao sabor associado da massa e do recheio. Já quanto aos aspectos negativos, se pronunciou o termo “sabor global”, porém em menor proporção quando comparado ao efeito positivo deste mesmo atributo. Os termos pouco doce, gorduroso e amargo também foram indicados, por menos consumidores, para as amostras analisadas. Estas características também foram avaliadas por provadores no Rio de Janeiro, apresentando similaridades entre as oito amostras analisadas ($p > 0,05$). Entretanto, na análise de perguntas abertas sobre o que os provadores mais gostaram e menos gostaram é possível fazer correlações apenas qualitativas em relação aos atributos mencionados.



Figura 12. Nuvem de palavras das amostras contendo 10%, 30% e 50% de pinhão representadas pelas letras A, B e C, respectivamente.

4. Conclusão

Snacks produzidos por extrusão termoplástica a partir de misturas com alto teor de amido e baixo teor de lipídios garante boa expansão e crocância aos produtos finais desde que sejam associados a parâmetros operacionais adequados. Valores menores de temperatura e rotação de parafuso contribui para obtenção de *snacks* de maior expansão, enquanto que o aumento da concentração de pinhão não apresenta interferência neste atributo.

A utilização de pinhão na formulação de *snacks* expandidos associado a farinha de arroz e recheio de amendoim apresentaram aceitação variando de 6,2 a 6,9 nas cidades do Rio de Janeiro como em Curitiba.

Conclui-se que o *snack* à base de farinha de pinhão e de arroz recheados com pasta de amendoim possui elevado potencial para agregar valor à cadeia produtiva de pinhão da Araucária, incrementando uma nova forma de consumo de pinhão.

5. Referências

ALVAREZ-MARTINEZ, L.; KONDURY, K.; HARPER, J. A general model for expansion of extruded products. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 2, p. 609-615, 1988. ISSN 0022-1147.

ARES, G. Methodological challenges in sensory characterization. **Current Opinion in Food Science**, v. 3, p. 1-5, 2015. ISSN 2214-7993.

ARES, G. et al. Use of an open-ended question to identify drivers of liking of milk desserts. Comparison with preference mapping techniques. **Food Quality and Preference**, v. 21, n. 3, p. 286-294, 2010/04/01/ 2010. ISSN 0950-3293. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095032930900069X> >.

ASCHERI, J. **Extrusão termoplástica de amidos e produtos amiláceos**. EMBRAPA-CTAA, 1997.

BALBINOT, R. et al. Tendências de consumo e preço de comercialização do pinhão (semente da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.), no estado do Paraná Trends of consumption and commercialization price of the Brazilian-pine nut-seed of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., in the state of Parana. **Ambiência**, v. 4, n. 3, p. 463-472, 2009. ISSN 2175-9405.

BARBOZA, L. M. V.; FREITAS, R. J.; WASZCZYNSKYJ, N. Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. **Brasil alimentos**, v. 18, p. 34-35, 2003.

BOFF ZORTÉA-GUIDOLIN, M. E. et al. Influence of Extrusion Cooking on In Vitro Digestibility, Physical and Sensory Properties of Brazilian Pine Seeds Flour (*Araucaria Angustifolia*). **Journal of food science**, v. 82, n. 4, p. 977-984, 2017. ISSN 1750-3841.

BOFF ZORTÉA-GUIDOLIN, M. E. et al. Influence of Extrusion Cooking on In Vitro Digestibility, Physical and Sensory Properties of Brazilian Pine Seeds Flour (*Araucaria Angustifolia*). **Journal of food science**, v. 82, n. 4, p. 977-984, 2017. ISSN 0022-1147.

CAPELLA, A. C. D. V.; PENTEADO, P.; BALBI, M. E. Semente de *Araucaria angustifolia*: aspectos morfológicos e composição química da farinha. **Boletim CEPPA--Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 135-142, 2009.

CIACCIO, E. J. et al. Trends in gluten research and its relationship to autoimmune and allergic diseases. **Informatics in Medicine Unlocked**, v. 3, p. 7-14, 2016. ISSN 2352-9148.

CORDENUNSI, B. R. et al. Chemical composition and glycemic index of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 11, p. 3412-3416, 2004. ISSN 0021-8561.

CORNEJO, F. et al. Descascamento e secagem de pinhão (*Araucaria angustifolia*) para a obtenção de farinha. **Embrapa Agroindústria de Alimentos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2004. ISSN 0103-5231.

DANNER, M. A.; ZANETTE, F.; RIBEIRO, J. Z. O cultivo da araucária para produção de pinhões como ferramenta para a conservação. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 441, 2012. ISSN 1983-2605.

DING, Q.-B. et al. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food engineering**, v. 66, n. 3, p. 283-289, 2005. ISSN 0260-8774.

DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. In: (Ed.). **Análise sensorial de alimentos**, 2011.

JAKUBCZYK, E.; GONDEK, E.; TRYZNO, E. Application of novel acoustic measurement techniques for texture analysis of co-extruded snacks. **LWT-Food Science and Technology**, v. 75, p. 582-589, 2017. ISSN 0023-6438.

KLEIN, B. et al. Effect of single and dual heat–moisture treatments on properties of rice, cassava, and pinhao starches. **Carbohydrate polymers**, v. 98, n. 2, p. 1578-1584, 2013. ISSN 0144-8617.

KOCH, Z.; CORRÊA, M. C. **Araucária: a floresta do Brasil meridional**. Olhar Brasileiro Editora, 2002. ISBN 8589166074.

MEILGAARD, M. C.; CARR, B. T.; CIVILLE, G. V. **Sensory evaluation techniques**. CRC press, 1999. ISBN 1439832277.

MUTHAYYA, S. et al. An overview of global rice production, supply, trade, and consumption. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1324, n. 1, p. 7-14, 2014. ISSN 1749-6632.

PATINDOL, J. A.; SIEBENMORGEN, T. J.; WANG, Y. J. Impact of environmental factors on rice starch structure: a review. **Starch-Stärke**, v. 67, n. 1-2, p. 42-54, 2015. ISSN 0038-9056.

PORTAL, R. D.; JOELE, M. R. S. P. Food access and consumption in a rural settlement in Castanhal, PA, Brazil. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 36, p. 19-22, 2016. ISSN 0101-2061.

SACCHETTI, G. et al. Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like products. **Food Research International**, v. 37, n. 5, p. 527-534, 2004. ISSN 0963-9969.

SAMUEL, L. et al. MEASUREMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COEXTRUDED DUAL-PHASE PRODUCTS. **Journal of texture studies**, v. 38, n. 6, p. 645-665, 2007. ISSN 1745-4603.

SINGLA, N. **Effect of processing on pinhão seeds and extrudability of pinhão flour**. 2011. Rutgers University-Graduate School-New Brunswick

SYMONEAUX, R.; GALMARINI, M.; MEHINAGIC, E. Comment analysis of consumer's likes and dislikes as an alternative tool to preference mapping. A case study on apples. **Food Quality and Preference**, v. 24, n. 1, p. 59-66, 2012. ISSN 0950-3293.

WAKELING, I. N.; MACFIE, H. J. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. **Food Quality and Preference**, v. 6, n. 4, p. 299-308, 1995. ISSN 0950-3293.

**FUNCTIONAL PEANUT BUTTER STUFFED SNACK DEVELOPMENT BASED ON
BRAZILIAN PINE (*Araucaria angustifolia*) AND RICE FLOURS**

Functional peanut butter stuffed snack development based on Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) and rice flours

Angela Gava Barreto^{1,4}, André Fioravante Guerra¹, Regina Isabel Nogueira², Carlos Wanderlei Piler de Carvalho², RossanaCatie Bueno de Godoy³ and Suely Pereira Freitas⁴

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, Rua Voluntários da Pátria 30, Bairro Belo Horizonte, Valença, RJ, CEP: 27600-000, Brazil

²Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas 29501, Guaratiba, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 23020-470, Brazil

³Embrapa Florestas, Estrada de Ribeira Km 111 Guaraituba, CEP: 83411-000 Colombo, Paraná, Brazil

⁴Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, EPQB - Escola de Química, Av. Horácio Macedo 2030, Centro de Tecnologia, Bloco E, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21941-909, Brazil
Corresponding Author:angelagava@gmail.com

Abstract: This study aimed to develop peanut butter stuffed snacks (PBSS) based on Brazilian pine and rice flours by extrusion cooking and evaluating its nutritional composition, shelf life and prebiotic potential. Base blend (Brazilian pine and whole rice flour, refined sugar, soy protein extract, sodium chloride and sodium bicarbonate) were adjusted to 14 % moisture and processed in a co-rotating twin-screw extruder. Afterwards, the snacks were hand-filled with peanut smooth. PBSS was assessed both by nutrition composition (moisture, protein, ash, lipids, fiber, carbohydrate, and sodium) and water activity. Food safety was assessed by count of coliforms group, *Bacillus cereus*, coagulase positive *Staphylococcus*, sulfite-reducing *Clostridium* and *Salmonella* sp. In vitro assessment of PBSS prebiotic potential was either by PBSS medium (sterile distilled water, ground PBSS, and methylene blue colour indicator) acidification or probiotic lactobacilli growth. PBSS were highlighted for low sodium and carbohydrate foodstuffs. Furthermore, PBSS had higher proportion of fiber, proteins and lipids than other gluten-free snacks available in the marketplace. In fact, PBSS is a potential food for celiac, vegan, vegetarian and low-carbohydrate diet. PBSS also show some prebiotic potential observed by PBSS medium acidification due to probiotic lactobacilli activity. Therefore, PBSS consumption can be associated to improving gut microbiome as well.

Keywords: gluten-free food, vegan food, extrusion cooking, prebiotic, nutritional composition.

Date of Submission: 24-06-2018 Date of acceptance: 07-07-2018

I. Introduction

Araucaria angustifolia is an endangered native plant from rainforest. Brazilian pine seeds are broadly used as basic food in human and animal diet and also have an important economic role, providing both job and income source of many families [1-3]. Rice is the seed of the grass species *Oryza sativa* (Asian rice) or *Oryza glaberrima* (African rice). Brazil is among the largest African rice producers and it takes an important part of the Brazilians' diet [4, 5].

Peanuts have been introduced into food products encouraging its production and providing protein content, unsaturated fatty acids, vitamins and minerals. Furthermore, peanut consumption is related to avoiding heart and cardiovascular disease, mortality and stroke [6].

Gluten-free diet is recommended for celiac people to avoid inflammatory responses to gluten proteins against the mucosa of the small bowel. In addition, this diet may also soften the gut damage devices the irritable bowel syndrome. However, most people who are adopting this lifestyle are healthy individuals because they believe in the benefits of this health diet. Therefore, the consumption of gluten-free foods has been increasing significantly in the last 30 years. A database of gluten-free product composition based on the ingredients listed was constructed based on sixty foods representative of different food categories. It was found that almost all products had high carbohydrate content, trans fat and deficient in several nutrients, including dietary [7-9].

Extrusion cooking is an innovative technology arisen in last 25 years and can stimulate the consumption of several flours by turning them into ready-to-eat foods. This technology can allow the production

of many differentiated food products and can be alternative to increasing the Brazilian pine seeds consumption. [10]. Moreover, extrusion cooking is a potential technology to obtain Brazilian pine snack and the combination of rice with starch-rich seeds, as in the case of chestnut, in the extrusion cooking is interesting in relation to the functional, nutritional and sensory properties [11, 12].

Nut and fiber products consumption is clearly related to human health outcomes, but information about prebiotic activity in Brazilian pine seed is scarce yet. Its beneficial effects have been mainly attributed to nut fatty acid profiles and content of vegetable protein, fiber, vitamins, minerals, phytosterols and phenolics [13]. Prebiotic, probiotic and symbiotic foods is related with healthy eating habits to disease and illness prevention [14, 15].

This study aimed to develop peanutbutterstuffed snack(PBSS) based on Brazilian pine and rice flours by extrusion cooking and evaluating its nutritional composition, shelf life and prebiotic potential.

II. MATERIAL AND METHODS

Material

Brazilian pine seeds were obtained from the southern Brazilian in the state of Paraná under the authorization No. 30147-5 / 2016 of the Environment Ministry. African rice was purchase in the local market (Rio de Janeiro, Brazil). Seeds were dehulled in accordance with [16], dried at 50 °C and ground (< 400 mesh) through a hammer mill (TREU, 95-018-B, Rio de Janeiro, Brazil).

Shelled raw peanuts were roasted using an oven at 160 °C for 40 minutes and grinding by a double-knife cutter for 8 minutes. After cooling at 70 °C, brown sugar and palm fat were added and quickly knead to a smooth dough.

Extrusion conditions

The extrusion was conducted using a ClextalEvolum HT25 co-rotating, intermeshing twin-screw extruder (Clextal Inc., Firminy, France) with screw diameter of 25 mm, length:diameter ratio of 40:1 and ten temperature zones. The front plate assembly (die) consisted of three parts: central manifold plate, distributor plate and holder-inserts plate.

Base blend (Brazilian pine and whole rice flours, refined sugar, soy protein extract, sodium chloride and sodium bicarbonate) were adjust to 14 % moisture in the mixer (VAEMS 40-2, Venâncio, Brazil) for 30 minutes one day before extrusion. Three factors (independent parameters) were considered: percentage of flour, screw speed and temperature in the last 3 heating zone (Table no 1). Afterwards, the snacks were handling stuffed to obtained PBSS.

Table no 1. Blend of flours and extrusion parameters to obtained Brazilian pine snacks.

Treatments	Independent variables		
	X ₁	X ₂	X ₃
1	10	650	105
2	30	650	120
3	50	550	120

X₁ - Brazilian pine flour (%), X₂ - speed (rpm) of the extruder screw, X₃ - temperature (°C) of the last 3 heating zone.

Nutrition composition and water activity assessment

Nutritional composition was determined according to the official methods of analysis [17], as following: moisture content (Method 925.09), total nitrogen (Method 2001.11, a conversion factor of 5.75 was used to convert total nitrogen to protein content), fat content (Method 945.38), ash content (Method 923.03), dietary fiber (Method 985.29). Carbohydrate composition and total energy were calculated according with RDC No. 360 of December 23, 2003. Sodium (Na) was determined by cavity microwave. Water activity (Aw) was measured on AquaLab 4TE (Decagon Devices, USA).

Food safety and shelf life determination

Microbiological safety was assessed by count of 35 and 45°C coliforms group (MPN/g), enumeration of *Bacillus cereus* (cfu/g), coagulase positive *Staphylococcus* (cfu/g) sulfite-reducing *Clostridium* (cfu/g) and *Salmonella* sp. (presence or absence/25 g).

Shelf life determination was performed by PBSS storing both at 23 and 35°C. Five snack packets were incubated at controlled temperature. On the 0, 30, 60, 90, and 120 days, the pour plate method was used to enumeration of heterotrophic bacteria and yeast/molds in Plate Agar Count (HiMedia, Mumbai, India) and Potato Dextrose Agar (Oxoid, United Kingdom) acidified to pH 3.5 with tartaric acid in accordance with ISO/TS 11133-1:2009.

Growth potential of sporogenous pathogenic microorganisms

Bacillus cereus (INCQS 3) was used as sporogenous pathogenic strain. Dilutions 1:10, 1:20, 1:50, and 1:100 (v/v) were prepared in phosphate buffer pH 7.2 (PB) and the absorbance was read in a spectrophotometer (BEL Photonics, model 1105 SP, USA) at 480 nm wavelength. Simultaneously, viable cells were enumerated by plating aliquots of decimal serial dilutions on *Bacillus cereus* agar in accordance with Mossel (HiMedia, Mumbai, India). XY graph was plotted with viable *Bacillus cereus* number (cfu/ml) and Optical Densities (OD) to get linear regression. Working inoculum were obtained by growth overnight of *Bacillus cereus* at 30 °C for 24 hours in Brain-Heart Infusion broth (HiMedia, Mumbai, India). Cell suspension were centrifuged (2K15, Sigma Laborzentrifugen, Germany) at 6000g for 6 minutes and washed twice with PB. Medium broth fraction was thrown out, and bacterial pellet was washed twice with PB, and finally it was added with enough PB to get 10⁵cfu/ml.

Exactly 10 g of PBSS was inoculated with *Bacillus cereus* inoculum (0.1 ml) to give a final concentration of ca 10³cfu/g. PBSS packets were incubated at 30°C and the *Bacillus cereus* survivability was enumerated by drop test on Mossel agar (HiMedia, Mumbai, India) on the 0, 30, 60 and 90 days. Plates were incubated at 30°C for 48 hours and the colonies (cfu/ml) were counted by a colony counter (Phoenix, EUA).

Prebiotic potential assessment

Lactobacillus rhamnosus DTA 79, *Lactobacillus paracasei* DTA 83, *Salmonella Typhimurium* DTA 41 and *Escherichia coli* ATCC 25922 were used as probiotics and pathogenic strains. PBSS prebiotic potential was assessed either by PBSS medium acidification or probiotic lactobacilli growth. Tubes were prepared with sterile distilled water and ground PBSS (1:10) and methylene blue colour indicator (1:1000). Each tube was inoculated with ca 10⁶cfu/ml of either probiotic or pathogenic strain. All tubes were incubated at 36°C for 72 hours. After incubation, microbial survivability was enumerated on specific agar as follows: *Lactobacillus* - MRS (HiMedia, Mumbai, India); *Salmonella Typhimurium* – Enteric Hecktoen (Merck, France), and *Escherichia coli* - Eosin Methylene Blue (Merck, France). In addition, the tubes were observed to appearance of blue colour indicating microbial activity.

Statistical analysis

At minimum, all experimental measurements were conducted in triplicate. The statistical analyses were performed using Statistic software (version 13.0). Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) at 95% confidence level (p < 0.05). Significantly different data sets were classified after post-hoc comparisons using Fisher's Least Significant Difference (LSD) and Dunnet's test.

III. RESULT

Nutrition composition

The Table no 2 shows the nutritional composition of PBSS and Brazilian pine seeds with different percentages of Brazilian pine flour.

Table no 2. Nutritional composition of Brazilian pine seeds and PBSS.

Nutritional composition in 100g*	Brazilian pine seeds	Percentages of Brazilian pine in snacks		
		10%	30%	50%
Moisture content (g)	47.53	0.19 ^b	1.37 ^a	1.87 ^a
Protein (g)	3.39	16.16 ^a	15.87 ^b	15.53 ^c
Ash (g)	1.46	1.59 ^b	1.62 ^{ab}	1.66 ^a
Lipids (g)	1.48	45.27 ^a	42.71 ^b	42.43 ^b
Fiber (g)	3.54	5.46	5.74	5.06
Carbohydrate (g)	42.60	31.33	32.69	33.46
Energy (kcal)	197.28	597.39	578.63	577.79
Na (mg)	-	60.21 ^c	74.28 ^b	81.65 ^a

*values in 100g⁻¹ samples; means in the same column with different superscript letters are significantly different at p < 0.05.

The Table no 3 shows the water activity values of the PBSS added with of Brazilian pine flour (10, 30, 50 %) on the 0, 30 and 60 days.

Table 3. Water activity (Aw) of the PBSS.

Brazilian pine flour	Water activity (days)		
	0	30	60
10%	0.458 ^{Ac}	0.451 ^{Ba}	0.446 ^{Ca}
30%	0.526 ^{Aa}	0.398 ^{Cb}	0.434 ^{Bb}
50%	0.508 ^{Ab}	0.432 ^{Bc}	0.419 ^{Cc}

* means in the same column and line with different superscript smalls and block letters, respectively, are significantly different at $p < 0.05$.

Food safety and shelf life determination

There were neither bacterial or yeast/molds growth inPBSS, the initial microorganism population keep in the same number during 120 days of storage either at 23 or 35 °C (Figure 1). In addition, there were no presence of pathogenic or food born pathogenic potential such as *Salmonella* sp, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* and positive coagulase *Staphylococcus*.

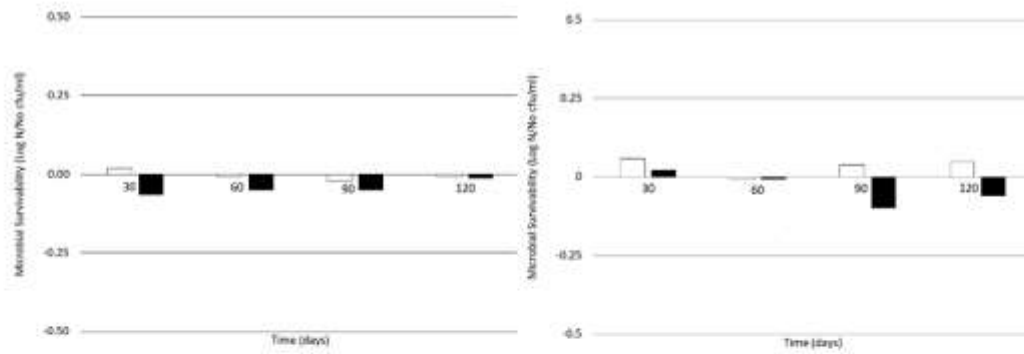


Figure 1 –Mesophilic aerobic bacteria total (□)and yeast and molds (■) survivability in peanutbutterstuffed snacks at 23 (left) and 35°C (right), respectively. Microbial enumeration (cfu/ml) cells were estimated subtracting the initial and final microbial in Plate Count Agar (HiMedia, Mambai, India) and Potato Dextrose Agar (Oxoid, United Kingdom) after 48 hours and 5 days of incubation, respectively. Initial population of mesophilic aerobic bacteria total and yeast/molds were $1,03 \times 10^4$ cfu/g and $2,45 \times 10^7$ cfu/g, respectively.

The Figure 2 shows the *Bacillus cereus* INCQS 3 survivability in PBSS during 90 days of storage at 30 °C.

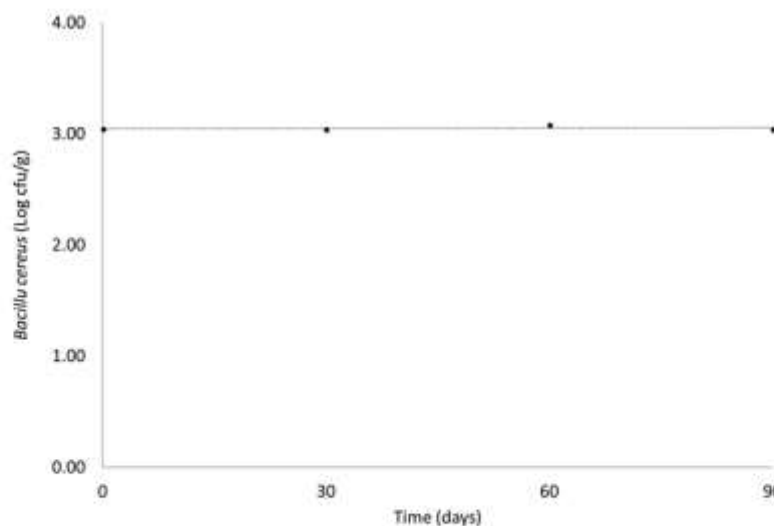


Figure 2 – Enumeration of *Bacillus cereus* INCQS 3 in peanutbutterstuffed snacks during 90 days of storage at 30°C.

Prebiotic potential of PBSS by *Lactobacillus rhamnosus* DTA 79, *Lactobacillus paracasei* DTA 83 growth. *Salmonella Typhimurium* DTA 41 and *Escherichia coli* ATCC 25922 were used as pathogenic and food born pathogenic strains to ensuring safety food (Figure 3).

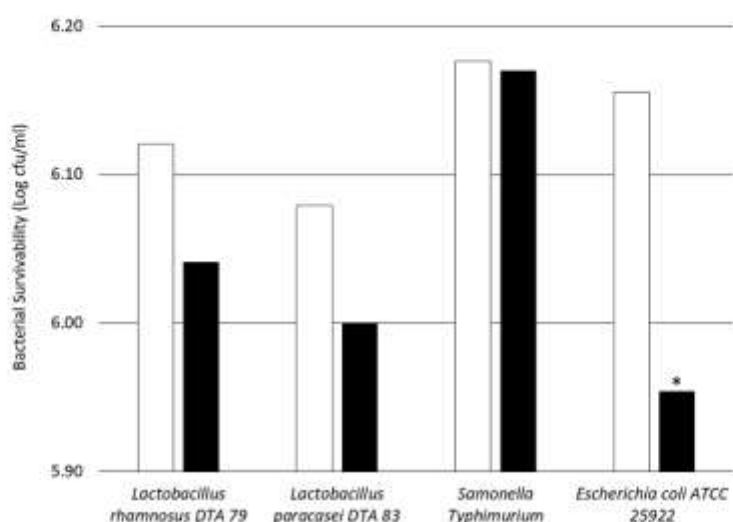


Figure 3 –Bacterial number (cfu/ml) was count before(□) and after(■) incubation of medium (sterile water, ground peanut butter stuffed snacks(1:10), and methylene blue colour indicator (1:1000)) at 36 °C for 72 hours. * indicates significant differences at a confidence level of 0.95 % by the Dunnet's test.

IV. DISCUSSION

Ratio between Brazilian pine and rice flour added in the base blend lead changes on nutritional composition of PBSS. Brazilian pine flour contributed to a higher content of ash and lipids, while rice and peanut directly affect the protein content. The overall nutritional composition of rice is: 12 % of moisture content, 7.2 % protein, 0.5 % ash, 0.6 % lipids, 0.6 % fiber, 79.7 % carbohydrate and 364 kcal [18]. Although there were no large variations, PBSS with 10% of Brazilian pine was the most attractive PBSS due low sodium. In fact, all PBSS had high proteins and fiber.

Feedingstuff intended for celiacs and healthy people should have the same content of energy, fat, protein, carbohydrates, including starch and sugars, fiber and cholesterol than ordinary foods. Brazilian pine snacks presented higher energy value when compared to the biscuits filled with chocolate. Whole-meal biscuits analyzed by [7], had highlighted by a higher protein content, due to the higher content of lipids, macromolecule representative of the peanut and palm fat of the filling. In fact, PBSS showed lower carbohydrate content than the biscuits mentioned by [7]. In addition, most of the products showed a very high Na content (> 400 mg Na / 100 g) and the PBSS were highlighted for low sodium foodstuffs (82 mg Na in 100 g).

Gluten-free and lactose-free snack, made with rice flour and filled with Brazil nut, peanut and cacao presents the following nutritional composition: energy value of 380kcal, 65.71 % carbohydrates, 3.43 % of proteins, 11.71 % of total fats, 2.0 % of dietary fiber and 68.57 mg/100 g of sodium. The PBSS based on 10% of Brazilian pine flour had a lower sodium and carbohydrate content and higher proportion of fiber, proteins and lipids than gluten-free commercial snack. In fact, PBSS is a potential food for celiac, vegan, vegetarian and low carbohydrate diet consumers.

Aw is an important intrinsic parameter for microbial growth [19]. PBSS have a low Aw avoid the microbial growth. Aw is a physic property of the solvent and is dependent upon the composition and temperature of the product. It is measured by determining the water vapor pressure compared to the vapor pressure of pure water [20].

There was no *Bacillus cereus* growth in the PBSS during 90 days of storage at 35°C. *Bacillus cereus* needs Aw greater than 0.95 to growth as vegetative cells. However, PBSS can serve as carry out *Bacillus cereus* sporous yet. Therefore, good manufacturing practices are still essential for the preparation of this type of food.

PBSS did not stimulates the *lactobacilli* growth (cfu/ml). However, both *Lactobacillus rhamnosus* DTA 79 and *Lactobacillus paracasei* DTA 83 acidified well the PBSS medium showing some prebiotic properties. In addition, *Salmonella Typhimurium* DTA 41 also had no growth and *Escherichia coli* ATCC 25922 was significantly reduced after incubation at 36 °C for 72 hours. Starch content in the Brazilian pine snack is greatly reduced after the extrusion process while the content of slowly digestible starch is increased. However, snacks were considered prebiotic, which may have an influence on dietary fiber content [12].

V. CONCLUSION

PBSS is highlighted for low sodium and high protein content foodstuffs being a potential food to celiac and healthy diet. Withal, important beneficial to gut microbiome can be related to its prebiotic potential.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by CAPES (Coordination of Higher Education Foundation); CNPq (National Council for Scientific and Technological Development).

REFERENCES

- [1]. Balbinot, R., et al., Trends of consumption and commercialization price of the Brazilian-pine nut-seed of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., in the state of Parana. *Ambiência*, 4(3),2009, 463-472.
- [2]. Capella, A.C.V., Farinha de pinhão (*Araucaria angustifolia*): composição e estabilidade do gel, 2008.
- [3]. Peralta, R.M., et al., Biological activities and chemical constituents of *Araucaria angustifolia*: An effort to recover a species threatened by extinction. *Trends in Food Science & Technology*, 54,2016, 85-93.
- [4]. Muthayya, S., et al., An overview of global rice production, supply, trade, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1324(1), 2014, 7-14.
- [5]. Portal, R.D. and M.R.S.P. JOELE, Food access and consumption in a rural settlement in Castanhal, PA, Brazil. *Food Science and Technology (Campinas)*, 36,2016, 19-22.
- [6]. Aune, D., et al., Nut consumption and risk of cardiovascular disease, total cancer, all-cause and cause-specific mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMC medicine*, 14(1), 2016, 207.
- [7]. Mazzeo, T., et al., The development of a composition database of gluten-free products. *Public health nutrition*, 18(8), 2015, 1353-1357.
- [8]. Niland, B. and B.D. Cash, *Health Benefits and Adverse Effects of a Gluten-Free Diet in Non-Celiac Disease Patients. Gastroenterology & hepatology*, 14(2), 2018, 82.
- [9]. Bathrellou, E., M.D. Kontogianni, and D.B. Panagiotakos, Celiac disease and non-celiac gluten or wheat sensitivity and health in later life: A review. *Maturitas*, 112,2018, 29-33.
- [10]. Marques, E.C., R.C. Marques, and S.R.R. da Costa, *Aspectos da tecnologia de extrusão termoplástica em alimentos sobre a saúde do consumidor. Revista Eletrônica Gestão & Saúde*, 6(2), 2015, 1935-1951.
- [11]. Sacchetti, G., et al., Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like products. *Food Research International*, 37(5), 2004, 527-534.
- [12]. Boff Zortéa- Guidolin, M.E., et al., Influence of Extrusion Cooking on In Vitro Digestibility, Physical and Sensory Properties of Brazilian Pine Seeds Flour (*Araucaria Angustifolia*). *Journal of food science*, 82(4) 2017, 977-984.
- [13]. Lamuel-Raventos, R.M. and M.-P.S. Onge, Prebiotic nut compounds and human microbiota. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(14), 2017, 3154-3163.
- [14]. Wilburn, J.R. and E.P. Ryan, *Fermented Foods in Health Promotion and Disease Prevention: An Overview A2 - Frias, Juana*, in *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*, C. Martinez-Villaluenga and E. Peñas, 1(Boston. Academic Press, 2017) 3-19.
- [15]. Sebastián Domingo, J.J., Review of the role of probiotics in gastrointestinal diseases in adults. *Gastroenterología y Hepatología*, 40(6),2017, 417-429.
- [16]. Cornejo, F., et al., Descascamento e secagem de pinhão (*Araucaria angustifolia*) para a obtenção de farinha. *Embrapa Agroindústria de Alimentos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.
- [17]. AOAC, *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International*, 17. 2010.
- [18]. Naves, M., Características químicas e nutricionais do arroz. *Bol CPPA*, 25(1), 2007, 51-60.
- [19]. Korem Kohanim, Y., et al., A Bacterial Growth Law out of Steady State. *Cell Reports*, 23(10), 2018, 2891-2900.
- [20]. Brooker, D.J., *Quality Assurance for Corn and Wheat Flour Tortilla Manufacturing A2 - Rooney, L.W*, in *Tortillas*, S.O. Serna-Saldivar, 4 (2015, AACC International Press.) 97-123.

Angela Gava Barreto "Functional peanut butter stuffed snack development based on Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) and rice flours." *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, vol. 08, no. 7, 2018, pp. 53-58.

CAPÍTULO 8

CONCLUSÕES

O processamento do pinhão em triturador de facas seguido da decantação em água para remoção das cascas resultou em um rendimento superior a 80% (apêndice I), sendo, portanto, recomendado para substituir o descascamento manual em agroindústrias de processamento. Além disso, foi possível preservar a película marrom, contribuindo com aminoácidos essenciais e manganês.

A secagem das amêndoas a 50 °C favoreceu a manutenção dos aminoácidos e a obtenção de um produto final com coloração característica de acordo com a matéria prima. Apesar das possíveis perdas de massa do embrião durante a retirada mecânica das cascas, as farinhas de pinhão caracterizaram-se, ainda, como uma fonte potencial de cobre, magnésio, fósforo e manganês. As farinhas apresentaram mesmo perfil de curvas de isotermas de sorção e teor de umidade em conformidade com a legislação vigente.

A farinha de pinhão manteve-se estável microbiologicamente durante 120 dias de validade comercial. Já o *snack* mostrou-se estável microbiologicamente pelo período mínimo de 3 meses.

Em todas as condições operacionais avaliadas, os *snacks* com 30 % de farinha de pinhão foram considerados pelos avaliadores como produto crocante, aerado, macio, desmancha na boca, dentre outros, ao ser aplicado o método *Check All That Apply*, inclusive aqueles que apresentaram os menores índices de expansão e menor crocância quando avaliados instrumentalmente. A média de aceitação variou de 6,2 a 6,9 em relação a todas as formulações de *snacks* testadas, apontando que o produto foi aceito pelos avaliadores.

Conclui-se que o beneficiamento do pinhão foi considerado tecnicamente viável, resultando na obtenção de um processo mecânico de remoção das cascas do pinhão, de uma farinha integral e de um produto de conveniência com propriedades prebióticas e aceitação sensorial no sul e sudeste do Brasil.

SUGESTÕES PARA PRÓXIMAS PESQUISAS

Sugere-se o estudo de métodos potenciais de descascamento mecânico como retirada das cascas por ar forçado, controlando a velocidade do ar, após a trituração.

O aprimoramento do processo de co-extrusão (apêndice II) em linha contínua e estudar vazão da inserção do recheio e da extrusora. Avaliar o comportamento do extrusado em relação a propriedades físicas como índice de expansão, porosidade e crocância.

Estudo da vida de prateleira dos extrusados utilizando análises físicas e químicas em texturômetro avaliando a crocância e no rancimat a oxidação do recheio. Realizar correlação com testes sensoriais para avaliar atributos como crocância e rancidez.

Definir porcentagem máxima de gordura de palma no recheio para, além de garantir a fluidez no momento da injeção por co-extrusão no snack, diminuir a interferência do atributo gorduroso, apontado pelos avaliadores sensoriais, no sabor.

APENDICE I

Rendimento do descascamento mecânico realizado no presente trabalho.

As sementes de pinhões foram submetidas ao descascamento para separação hidráulica de cascas e amêndoas após a trituração conforme descrito no Capítulo 2 da tese. A via úmida já é usualmente aplicada no beneficiamento do café para separação hidráulica por diferença de massa específica e processado (NOBRE et al., 2011).

Na Figura 1 estão ilustradas as cascas, sementes inteiras e semi-inteiras, respectivamente. Já na tabela 1 está apresentado o rendimento do descascamento mecânico das sementes de pinhão realizado nesta pesquisa.



Figura 1. Fotos dos produtos finais do descascamento mecânico dos pinhões: cascas, sementes inteiras e semi-inteiras, respectivamente.

Tabela 1. Rendimento do descascamento mecânico.

	Rendimento* (%)
Sementes inteiras após a trituração	2,8 ± 1,4
Sementes semi-inteiras após a trituração	9,6 ± 2,3
Amêndoas <i>in natura</i> separadas pela trituração	83,2 ± 4,7

*Médias ± desvio padrão realizado em três processamentos.

Referências

NOBRE, G. W. et al. Composição química de frutos imaturos de café arábica (*Coffea arabica* L.) processados por via seca e via úmida. 2011. ISSN 1984-3909.

APENDICE II



INFLUÊNCIA DO RECHEIO DE AMENDOIM SOBRE A TEXTURA E EXPANSÃO DE BISCOITOS DE ARROZ INTEGRAL OBTIDOS POR CO-EXTRUSÃO

Barreto, A. G. (1); Carvalho, C. W. P. (2); Nogueira, R. I. (2); Freitas, S. P. (3)

- 1) Docente do curso de Engenharia de Alimentos do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET, Valença, RJ, Brasil.
- 2) Pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos – RJ.
- 3) Docente do departamento de Engenharia Química da Escola de Química na Universidade Federal do Rio de Janeiro – EQ/UFRJ.

O Brasil é o maior produtor de arroz integral da América Latina, cereal considerado básico da dieta humana devido à alta concentração de amido, proteínas, vitaminas, minerais, fibras, baixo teor de lipídios e isento de glúten. O amendoim destaca-se pelo elevado teor de ácidos graxos insaturados e, sua pasta, por apresentar baixa atividade de água (Aa), pode ser utilizada em muitas aplicações alimentícias. Elaborou-se biscoitos de arroz integral produzido por co-extrusão termoplástica utilizando-se amendoim como recheio com objetivo de avaliar sua influência na textura e expansão do biscoito. A mistura contendo farinha de arroz integral, açúcar, extrato proteico de soja, sal, bicarbonato de sódio e umidade de 13 % foi processada em extrusora de dupla rosca na temperatura de 140 °C a 700 rpm. À pasta de amendoim foi adicionada gordura de palma para diminuir a viscosidade do recheio e viabilizar o seu bombeamento no interior do biscoito. Foram avaliados o índice de expansão radial (IER) e seccional (IES), imagem, dureza (2, 7 e 14 dias) e Aa. A IER foi de 2,8 e 2,3 e IES de 7,8 e 5,3 para biscoitos sem (BS) e com recheio (BC), respectivamente. Essa diferença pode ter ocorrido devido à permanência de parte do vapor d'água nos BC. Já os valores de dureza foram 0,35 e 0,61 N para BS e BC, respectivamente, demonstrando que a força de ruptura foi menor devido ao maior número de poros observados na análise de imagem. Verificou-se que não houve perda na resistência ao corte, entre a 1ª e 2ª semana, no BC, além disso, Aa de 0,437 indica boa estabilidade. Conclui-se que o biscoito de arroz integral recheado com pasta de amendoim apresenta baixa dureza, atributo importante do ponto de vista sensorial, aliada à baixa Aa, promovendo uma interação positiva entre o biscoito e o recheio.

Palavras chave: snack, atividade de água, dureza.

APENDICE III



EFEITO DO TEOR DE ÁGUA NA ELABORAÇÃO DE BISCOITOS DE PINHÃO (*ARAUCÁRIA ANGUSTIFÓLIA*) POR EXTRUSÃO

Barreto, A. G. (1); Carvalho, C. W. P. (2); Nogueira, R. I. (2); Freitas, S. P. (3)

- 1) Docente do curso de Engenharia de Alimentos do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET, Valença, RJ, Brasil
- 2) Pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos – RJ.
- 3) Docente do departamento de Engenharia Química da Escola de Química na Universidade Federal do Rio de Janeiro – EQ/UFRJ

O pinhão é a semente da *Araucária angustifolia*, árvore de destacada importância cultural, econômica e ambiental na região sul e sudeste do Brasil. Uma das estratégias de perpetuação da *Araucária* nas Florestas é a valorização do pinhão, alimento rico em amido, fibras, contendo baixo teor de lipídios e isento de glúten. Para este fim, biscoitos de pinhão foram produzidos por extrusão termoplástica em três condições de umidade de processamento, 15 (P15), 18 (P18) e 21% (P21). As misturas contendo farinha de pinhão, açúcar, extrato proteico de soja, sal, bicarbonato de sódio e foram processadas em extrusora de dupla rosca na temperatura de 110 °C a 400 rpm. Os biscoitos foram avaliados em relação à densidade aparente, índice de expansão radial (IER) e seccional (IES), imagem e dureza. A densidade, IER e IES variaram de 172 a 362 kg.m⁻³, 2,44 a 2,14 e 6,00 a 4,58, respectivamente. O aumento da quantidade da água, durante a extrusão, age como um plastificante para materiais amiláceos, tornando o produto mais denso pela redução do número de células de ar, bem como o aumento de sua espessura e, consequentemente, levando à menor expansão. Já a dureza apresentou valores de 1,18, 1,56 e 1,71 N, para P15, P18 e P21, respectivamente, demonstrando que a força de ruptura foi menor no biscoito com menor umidade devido à formação de maior quantidade de células de menor diâmetro e paredes mais finas de mais fácil rompimento. Dentre os produtos estudados, os biscoitos de pinhão, obtidos a partir da mistura P15, apresentaram elevada taxa de expansão e menor dureza, propriedades importantes do ponto de vista sensorial. Concluiu-se, a partir destes resultados, que a extrusão é uma alternativa potencial para conversão de sementes de *Araucária* em produtos para pronto consumo.

Palavras chave: pronto consumo, snack, textura.

APENDICE IV

Instrumento de coleta de dados utilizada para obtenção de informações antes da avaliação das amostras utilizando-se a escala hedônica e o CATA nas análises realizadas no Rio de Janeiro.

ANEXO I								
INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS								
Sexo: <input type="checkbox"/> feminino <input type="checkbox"/> masculino								
Idade: <input type="checkbox"/> 18-25 <input type="checkbox"/> 26-35 <input type="checkbox"/> 36-45 <input type="checkbox"/> 46-55 <input type="checkbox"/> 56-65 <input type="checkbox"/> > 66								
Renda familiar mensal: (SM: Salário mínimo = R\$ 880,00)								
<input type="checkbox"/> 1 a 5 SM <input type="checkbox"/> >5 a 10 SM <input type="checkbox"/> >10 a 20 SM <input type="checkbox"/> >20 a 30 SM <input type="checkbox"/> >30 SM								
Quanto você gosta de biscoitos (snacks) recheados?								
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgosto muitíssimo				nem gosto nem desgosto				gosto muitíssimo
Qual a frequência que você consome biscoitos (snacks) recheados?								
<input type="checkbox"/> não consumo <input type="checkbox"/> 1 vez por mês <input type="checkbox"/> 2 ou 3 vezes por mês								
<input type="checkbox"/> 1 vez por semana <input type="checkbox"/> mais de 1 vez por semana								
Qual a frequência que você consome pinhão (<i>Araucária</i>)?								
<input type="checkbox"/> não consumo <input type="checkbox"/> 1 vez por ano <input type="checkbox"/> 2 ou 3 vezes por ano								
<input type="checkbox"/> 4 ou 5 vezes por ano <input type="checkbox"/> mais de 6 vezes por ano								
Qual a frequência que você consome amendoim?								
<input type="checkbox"/> não consumo <input type="checkbox"/> 1 vez por mês <input type="checkbox"/> 2 ou 3 vezes por mês								
<input type="checkbox"/> 1 vez por semana <input type="checkbox"/> mais de 1 vez por semana								
Qual o modo como você consome amendoim?								
<input type="checkbox"/> não consumo <input type="checkbox"/> amendoim cru <input type="checkbox"/> amendoim torrado								
<input type="checkbox"/> pasta de amendoim sem aditivos <input type="checkbox"/> pasta de amendoim com aditivos								
Quais aditivos? (ex. açúcar, adoçante, avelã etc.): _____								
Por favor, responda SIM ou NÃO às questões relacionadas à sua saúde em geral. Você possui:								
Doenças crônico degenerativas? <input type="checkbox"/> Sim, Qual? _____ <input type="checkbox"/> Não								
Hipertensão? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não								
Diabetes? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não								
Asma? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não								
Disfunção renal? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não								
Alergias? <input type="checkbox"/> Sim, Qual? _____ <input type="checkbox"/> Não								
Intolerâncias alimentares (ex.: lactose, glúten, leite de vaca, proteínas da soja, amendoim ou adoçante)? <input type="checkbox"/> Sim, Qual? _____ <input type="checkbox"/> Não								
Usa medicamentos regularmente? <input type="checkbox"/> Sim, Qual? _____ <input type="checkbox"/> Não								
Gestante? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não								
Nutriz (em fase de amamentação)? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não								

APENDICE V

Instrumento de coleta de dados e ficha aplicada de acordo com a apresentação das amostras de forma monádica e balanceada na análise sensorial realizada em Curitiba.

Embrapa

Nome: _____ Sexo: F M

Idade: 10 - 17 18 - 25 26-35 36-45 46-55 56-65 >66

Renda familiar (SM: Salário mínimo = R\$ 937,00):
 1 a 5 SM >5 a 10 SM >10 a 20 SM 20 a 30 SM >30 SM

Quanto você gosta de biscoitos (snacks) recheados?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgosto multíssimo	desgosto muito	desgosto moderadamente	desgosto ligeiramente	nem gosto nem desgosto	gosto ligeiramente	gosto moderadamente	gosto muito	gosto multíssimo

Qual a frequência que você consome snacks recheados?

não consumo 1 vez por mês 2 ou 3 vezes por mês
 1 vez por semana mais de 1 vez por semana

Qual a frequência que você consome pinhão (Araucária angustifolia) no período de **safra**?

não consumo 1 vez por mês 2 ou 3 vezes por mês
 1 vez por semana mais de 1 vez por semana

Qual a frequência que você consome pinhão (Araucária angustifolia) no período de **entresafra**?

não consumo 1 vez a cada 6 meses 1 vez a cada 3 meses 1 vez por mês
 mais de 1 vez por mês 2 a 3 vezes por mês 1 vez por semana mais de 1 vez por semana

Qual a frequência que você consome amendoim?

não consumo 1 vez por mês 2 ou 3 vezes por mês
 1 vez por semana mais de 1 vez por semana

Qual o modo como você consome amendoim?

não consumo amendoim cru amendoim torrado pasta de amendoim sem aditivos
 pasta de amendoim com aditivos. Quais aditivos? (ex. açúcar, adoçante, avelã, sal etc) _____

Possui doenças degenerativas? não sim. Qual? _____

Hipertensão? não sim

Diabetes? não sim

Asma? não sim

Disfunção renal? não sim

Alergia? não sim. Qual? _____

Intolerância alimentar? não sim. Qual? (ex.: lactose, glúten, soja, amendoim) _____

Usa medicamentos regularmente? não sim. Qual? _____

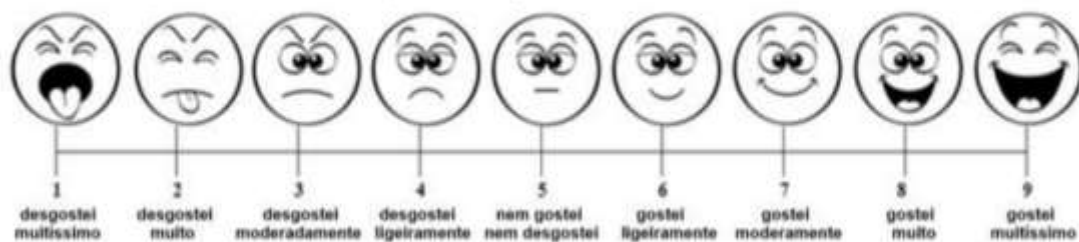
Gestante? não sim

Nutriz (em fase de amamentação)? não sim

Amostra 819

Você está recebendo uma amostra de um snack feito de arroz integral, pinhão, amendoim e levemente adoçado com açúcar.

Por favor, marque na escala abaixo o quanto você gostou deste snack:



O que você mais gostou? _____

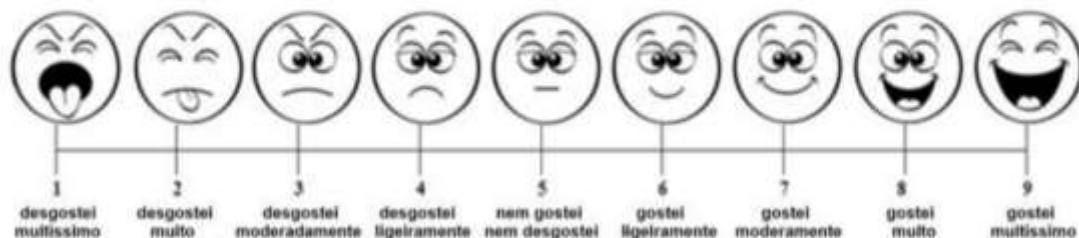
O que você menos gostou? _____

Você compraria este produto? Sim Talvez Não

Amostra 234

Você está recebendo uma amostra de um snack feito de arroz integral, pinhão, amendoim e levemente adoçado com açúcar.

Por favor, marque na escala abaixo o quanto você gostou deste snack:



O que você mais gostou? _____

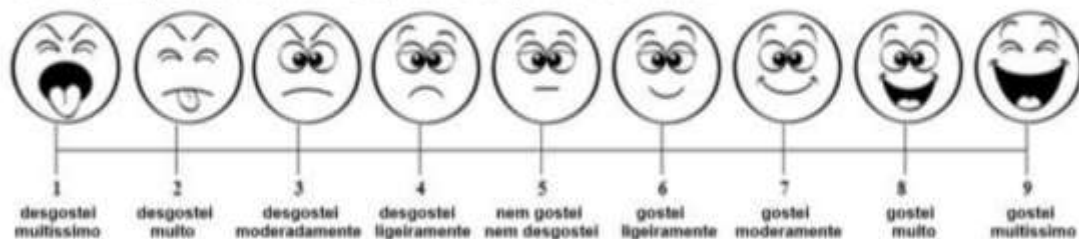
O que você menos gostou? _____

Você compraria este produto? Sim Talvez Não

Amostra 502

Você está recebendo uma amostra de um snack feito de arroz integral, pinhão, amendoim e levemente adoçado com açúcar.

Por favor, marque na escala abaixo o quanto você gostou deste snack:



O que você mais gostou? _____

O que você menos gostou? _____

Você compraria este produto? Sim Talvez Não