

TRANSFORMANDO DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS EM INDULGÊNCIA COM O USO DE NOVAS TECNOLOGIASP. L. S. Bergo^{1,*}, M. Caetano², J. D. C. Pessoa³, P.E. Cruvinel³¹ Av. Bruno Ruggiero Filho, 101, 13562-420, São Carlos, SP² Rua Brás Cubas, 136, 13564-120, São Carlos, SP³ Embrapa, Rua XV de novembro, 1452, 13.560-970, São Carlos, SP* Autor correspondente, e-mail: patriciabergo@gmail.com

Resumo: Muitos alimentos com bom valor nutricional são desperdiçados por não possuírem as características estéticas que agradem o consumidor. Esse cenário começa timidamente a mudar com a introdução da manufatura aditiva para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios, com potencial aplicação em alimentos indulgentes. O presente trabalho aborda o desenvolvimento de uma formulação para um produto comestível enriquecido com vegetais e aplicável à tecnologia de impressão tridimensional (3D). A formulação comestível utiliza chocolate, um alimento indulgente muito consumido globalmente. A matriz de chocolate foi modificada com a introdução de farinhas de alimentos desidratados de origem vegetal (obtidas de produtos fora dos padrões comerciais de cor, tamanho ou forma), aumentando o seu valor nutricional. Até o momento conseguiu-se obter matrizes comestíveis com boas características sensoriais visuais e de sabor, fisicamente estáveis e sem *blooming*. Atualmente ajustes têm sido realizados para melhorar a textura do produto. A impressão 3D tem apresentado resultados satisfatórios, levando a produtos fisicamente estáveis. No entanto, ajustes no controle da temperatura durante a extrusão ainda são necessários para manter a viscosidade constante durante toda a aplicação. Nesse cenário a manufatura aditiva tem-se mostrado adequada para o aproveitamento de desperdícios de origem vegetal por meio de alimentos indulgentes.

Palavras-chave: aproveitamento máximo de alimentos, valor nutricional, alimentos indulgentes, chocolate, manufatura aditiva

TRANSFORMING FOOD WASTE INTO INDULGENCE BY USING NEW TECHNOLOGIES.

Abstract: Many nutrient-rich foods are wasted simply due to lack of beauty. This scenario is slowly changing with the introduction of additive manufacture for new food products, especially the indulgent ones. Here, Three-Dimensional (3D) printing technology has been applied to develop a chocolate-based edible prototype. Chocolate is by far one of the most consumed indulgent foods. Its composition has been modified by adding some powdered dehydrated vegetable/fruit that had no commercial value to boost the nutritional content. The products under development are showing good sensory properties, especially look and taste. They are physically stable, and minor blooming is occasionally detected. Efforts are being made to adjust the formulation to improve textural quality. Satisfactory results were obtained regarding the 3D printing technology, with good stability of the samples printed so far. The maintenance of temperature control is now under scrutiny to stabilize the viscosity throughout the process. Overall, additive manufacture has exhibited potential application in indulgent food development like chocolate.

Keywords: foodsaving, nutritional value, indulgent food, chocolate, additive manufacture

1. Introdução

Atualmente, aproximadamente 1,3 bilhões de alimentos são perdidos ou desperdiçados, no mundo o que equivale a 30% de toda a produção global do gênero. No Brasil, dos alimentos que vão parar no lixo 28% nem chegam à mesa do consumidor por apresentarem algum tipo de defeito

ou por deterioração durante o processo de transporte ou armazenagem (PORPINO et al., 2018).

De modo geral, o consumidor utiliza os cinco sentidos sensoriais na tomada de decisão para aquisição de gêneros alimentícios *in natura*, sendo a visão o primeiro a ser empregado. A estética ainda é um critério bastante influente no processo de compra de alimentos. O consumidor frequentemente descarta produtos que não “agradam aos olhos”, embora eles possam ter qualidades nutricionais tão boas ou até maiores que equivalentes ou superiores. Para ilustrar o impacto do desperdício de alimentos considerados “feios” na economia de um país 20% a 30% da produção anual de hortifruti não é comercializada em Portugal devido a defeitos na cor, formato ou tamanho do alimento, de acordo com a Confederação Nacional de Agricultores daquele país (CAPUCHO, 2016).

Felizmente esse cenário começou a mudar nos últimos anos. Os alimentos fora dos padrões estéticos, além de contribuírem para reduzir as taxas de desperdício, vêm impulsionando novos negócios ao redor do mundo. Uma das novas tendências, ainda bastante tímida, é o uso da manufatura aditiva para transformar alimentos saudáveis, mas que teriam o lixo como destino, em novos produtos alimentícios esteticamente aceitáveis (LUPTON, TURNER, 2017). Uma das pioneiras na área é a *startup* holandesa Upprinting Food, que transforma alimentos que iriam para o lixo em *snacks* (BANIS, 2018).

A tendência de aplicação da impressão de alimentos pode ser avaliada em pelo menos três níveis de produção: 1) A produção direta pelo indivíduo em seu domicílio; 2) A produção em pequena escala, em bares, restaurantes, padarias e instituições de assistência; 3) A produção industrial em larga escala.

A expansão desse setor, em cada um dos três níveis de produção, requer o desenvolvimento de novos métodos e materiais, cujas patentes podem proteger os novos negócios por pelo menos 20 anos da competição de mercado, tempo suficiente para consolidar novo padrão de consumo e cultivar a lealdade do consumidor à marca. Considerando a diversidade gastronômica do Brasil, as oportunidades de negócio são ainda maiores.

Um segmento que já vem sendo destacado como tendência de mercado para os próximos anos busca associar indulgência e saudabilidade (ITAL, 2010). Alimentos indulgentes são todos aqueles que, ao serem consumidos, proporcionam sensações de prazer, conforto e/ou bem-estar. Na grande maioria das vezes são alimentos de valor calórico elevado e baixo valor nutricional, como doces e chocolates. Como estão bastante associados à memória afetiva, são produtos que dificilmente deixarão de ser consumidos. Por outro lado, o perfil comportamental do consumidor está mudando, com uma busca constante por alimentos de maior qualidade nutricional.

Atualmente, as principais tecnologias para impressão tridimensional (3D) de alimentos são: Fused Deposition Modeling (FDM); Robocasting; Selective Laser Sintering or Melting (SLS/SLM); Stereo-Lithography (SLA); e Powder Bed Printing; os quais são aplicados em líquidos, pós ou pastas. Percebe-se assim a oportunidade disponível para o desenvolvimento de novas tecnologias de impressão e de novos materiais. Pode-se ter uma ideia da velocidade e importância dessa tendência por meio de Wegrzyn et al. (2012) que compilaram os principais protótipos, patentes e conceito de produtos até 2012. Naquele ano já apareciam “players” importantes, tais como o centro tecnológico holandês TNO, Cornell University (USA), MIT (USA), University of Exeter (UK), e Riddet Institute (NZ).

Diferentes conceitos estão sendo experimentados por empresas nascentes como a espanhola Natural Machines (www.naturalmachines.com) e a Chocedge (<http://chocedge.com>), ou empresas estabelecidas que têm iniciado a exploração da aplicação das tecnologias em seus nichos específicos, tais como a Piq Chocolates (<https://piqchocolates.com>), 3D Systems (ChefJet pro/3D System - www.3dsystems.com/es/culinary) e a Schaal (<http://schaal-chocolatier.com>).

Portanto, a aplicação de tecnologias assistivas na produção de alimentos é uma tendência promissora onde os atores se movimentam rapidamente para estabelecer uma posição competitiva por meio de patentes em seus nichos de mercado. Com isso em mente, o trabalho estruturado visando ao desenvolvimento de uma formulação à base de aproveitamento de alimentos de origem

vegetal, na forma de farinhas, utilizando como suporte uma matriz de um alimento indulgente bastante apreciado: o chocolate. A formulação foi adaptada para uso em manufatura aditiva. Para tornar o produto final mais atraente, e personalizável foi desenvolvido um protótipo que permite a impressão da matriz alimentícia no formato desejado pelo consumidor.

2. Materiais e Métodos

O trabalho foi dividido em duas etapas. No desenvolvimento inicial da matriz alimentícia, foram utilizados manteiga de cacau e cacau em pó de boa qualidade, açúcares naturais e leite em pó. Para emular a redução do desperdício de vegetais, foram utilizadas farinhas de legumes/frutas desidratados. Todos os produtos foram adquiridos em estabelecimentos de comércio varejista da cidade de São Carlos – SP.

Os materiais foram combinados em diferentes proporções, tendo como referência formulações baseadas de chocolate amargo, ao leite ou branco. As temperaturas de fusão e temperagem (cristalização da manteiga de cacau) foram controladas durante todo o processo.

Os produtos foram avaliados em relação à aceitabilidade, com base em algumas características sensoriais: aparência, sabor e textura. O produto também foi avaliado em relação à estabilidade física e à capacidade de *blooming* (separação da fração oleosa na superfície do produto).

No desenvolvimento da manufatura aditiva, foi construído um protótipo de impressora 3D orientada em eixos cartesianos (X, Y e Z). A manufatura aditiva para chocolate segue os mesmos princípios das impressoras de filamentos, onde o tradicional extrusor foi substituído por um aplicador com avanços controlados, conforme a textura/viscosidade do chocolate. A placa de controle é baseada em Arduino ATmega e firmware (Marlin) *open source*. A programação específica para impressão da receita seguiu algumas especificações, como: (i) aquecimento/resfriamento da mesa; (ii) aquecimento do extrusor; (iii) resfriamento da impressão.

3. Resultados e Discussão

Dentre os alimentos indulgentes, o chocolate é, sem dúvida, um dos mais consumidos. Um chocolate de boa qualidade é constituído basicamente por licor de cacau (manteiga de cacau e cacau em pó), açúcar, leite (nos produtos da linha “ao leite”) e lecitina (em baixo teor). Os produtos com elevado teor de cacau (70% ou superior) são benéficos para a saúde, pois o cacau é uma matriz bastante complexa, rico em gordura poli-insaturada e compostos antioxidantes. No entanto, sensorialmente apresentam sabor muito forte, fazendo com que sejam preteridos pelas versões mais palatáveis, como as denominadas ao leite ou branco, sobretudo pelo público infantil. Essas últimas versões, por sua vez, apresentam teores elevados de açúcar e, conseqüentemente, altos valores calóricos e baixos valores nutricionais.

No sentido de tornar o produto mais saudável, vários estudos têm sido realizados para proporcionar a substituição do açúcar por sucedâneos naturais menos processados (AIDOO et. al., 2013). Na formulação aqui apresentada, além da substituição do açúcar, também foram inseridos na matriz (de chocolate) outros ingredientes provenientes de legumes e frutas, agregando mais saudabilidade e nutrientes, sem que o sabor do chocolate sofresse alteração. O uso de alimentos desidratados na forma de farinhas permite maximizar o aproveitamento dos alimentos, pois no seu processamento são utilizados os alimentos de baixo (ou sem) valor comercial (fora dos padrões de cor, formato ou tamanho), incluindo cascas e talos, partes que seriam descartadas se o alimento *in natura* fosse utilizado.

Diferentes formulações de chocolate estão sendo avaliadas sensorialmente em relação às características visuais, ao sabor e à textura. As preparações obtidas até o momento apresentaram boa aceitabilidade visual e de sabor, com produtos de brilho característico e sabor agradável. A matriz de chocolate branco tem se mostrado bastante versátil para se explorar cores pouco usuais com a adição dos novos materiais, mantendo o sabor tradicional, o que desperta muito interesse e a curiosidade do público consumidor de forma geral. O mesmo pode-se dizer de novos sabores que estão sendo testados.

Em relação aos aspectos sensoriais, um parâmetro que ainda não está satisfatório é a textura. As preparações têm apresentado uma textura “arenosa”, de “açúcar cristalizado” como descreveram alguns testadores. Essa sensação está diretamente relacionada ao tamanho das partículas na matriz, pois a língua humana tem um limiar de percepção de 20 μm . Novos testes estão sendo feitos no sentido de se obter matérias-primas com granulometria inferior a esse limite, de forma a se obter melhor palatabilidade nos testes. As formulações estão sendo avaliadas também quanto à estabilidade de prateleira. Até o momento os resultados têm sido bastante satisfatórios, inclusive em relação ao fenômeno de *blooming*, o qual foi registrado em poucas amostras.

Em relação ao processo de manufatura aditiva, o binômio da velocidade de impressão vs. diâmetro do bico aplicador é peça fundamental no desenvolvimento do produto. Se a velocidade é alta, perde-se definição quando se utiliza um bico de diâmetro maior. Se a velocidade é baixa, para se obter um produto com boa resolução, o processo fica muito lento. Quando essa tecnologia é aplicada a matrizes como o chocolate, uma terceira variável adquire um grau de importância ainda maior no processo: o controle de temperatura. Isso ocorre devido às características reológicas do chocolate, uma substância polimorfa que apresenta 6 estágios de cristalização. Se as temperaturas de temperagem e moldagem não estiverem, respectivamente, a 26–28°C e 32°C, a cristalização interfere significativamente na estrutura física do produto final, que pode até ficar liquefeito. Em caso de solidificação, pode haver ainda o *blooming* e a percepção da textura granulosa, comprometendo a aceitação pelo consumidor.

Os resultados obtidos indicam a importância do controle da temperatura. Embora as temperaturas no processo de temperagem e no momento de aplicação estejam ajustadas, há ainda uma grande dificuldade para a manutenção da temperatura ideal durante todo o processo de aplicação. Sem o controle refinado da temperatura, os resultados mostram que o chocolate torna-se gradualmente mais viscoso dentro do recipiente de aplicação, o que dificulta a sua saída, inclusive com entupimento do bico, além da perda de resolução da peça final.

4. Conclusões

É possível aumentar o valor nutricional de alimentos indulgentes com a inserção de alimentos que seriam descartados por não terem o padrão estético aceito pelo ser humano.

A associação com a manufatura aditiva tem se mostrado uma boa solução tecnológica na minimização do desperdício de alimentos por viabilizar snacks com maior aceitabilidade e grande potencial de mercado.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP e à IBM-Brasil - Indústria, Máquinas e Serviços Ltda pelo apoio fornecido a este trabalho por meio do processo 17/19350-2.

Referências

- AIDOO, R. P.; DEPYPERE, F.; AFOAKWA, E. O.; DEWETTINCK, K. Industrial manufacture of sugar-free chocolates – Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science and Technology*, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 84-96, 2013
- BANIS, D. These Two Dutch Students Create 3D-Printed Snacks From Food Waste. *Forbes*. 2018. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/davidebanis/2018/12/24/these-two-dutch-students-create-3d-printed-snacks-from-food-waste>. Acesso em outubro/2019.
- CAPUCHO, J. Toneladas de frutos e legumes vão para o lixo porque são feios. *Diário de Notícias*. Lisboa, 2016. Disponível em: <https://www.dn.pt/sociedade/toneladas-de-frutos-e-legumes-vao-para-o-lixo-porque-sao-feios-5290493.html>. Acesso em outubro/2019.
- ITAL – INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. *Brasil Food Trends 2020*. FIESP/ITAL. São Paulo, 173 p., 2010.
- LIPTON, J.I.; CUTLER, M.; TIGL, F.; COHEN, D.; LIPSON, H. Additive manufacturing for the

- food industry. *Trends in food Science & Technology*, v. 43, p.114-123. 2015
- LUPTON, D.; TURNER, B. Both fascinating and disturbing. Consumer responses to 3D food printing and implications for food activism. In: *Digital Food Activism*, SCHNEIDER, T.; ELI, K.; DOLAN, C.; ULJASZEK, S. (Ed.) 1st. Ed. Taylor & Francis Group, Londres, 17 p., 2017
- PORPINO, G.; LOURENÇO, C. E.; ARAÚJO, C.M.; BASTOS, A. Intercâmbio Brasil – União Europeia sobre desperdício de alimentos. Relatório final de pesquisa. Brasília: Diálogos Setoriais União Europeia – Brasil, 77 p., 2018.
- WEGRZYN, T.F.; GOLDING M.; ARCHER, R.H. Food Layered manufacture: a new process for constructing solid foods. *Trends in Food Science & Technology*, v.27, p.66-72. 2012.