

CARACTERIZAÇÃO DE BIOTINTAS PARA IMPRESSÃO 3D DE ALIMENTOS

DAVI ALMEIDA LIANDRO^{1,2*}, VÂNIA ZANELLA PINTO^{2,3}, YASMINE MIGUEL
SERAFINI MICHELETTO^{2,4}

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia de impressão 3D por extrusão de pasta, também conhecida como manufatura aditiva de alimentos (Food Layered Manufacture - FLM), tem emergido como uma das inovações mais disruptivas e promissoras na indústria de alimentos (NACHAL et al., 2019). Esta tecnologia permite a fabricação de alimentos através da deposição precisa, camada por camada, de uma pasta alimentícia, com base em modelos tridimensionais gerados digitalmente por softwares de desenho assistido por computador (CAD) (SEVERINI; DEROSI; AZZOLLINI, 2016). Além da capacidade de produzir formas geométricas complexas, que seriam inviáveis pelos métodos tradicionais de moldagem e processamento, a tecnologia oferece a personalização nutricional de dietas, formulando alimentos para públicos com necessidades específicas (como idosos e disfágicos), design da textura e palatabilidade de novos alimentos (PEREIRA; BARROSO; GIL, 2021). A textura e a sensação na boca são determinantes para aceitação do consumidor e na preferência de compra de alimentos processados (PEREIRA; BARROSO; GIL, 2021). Tradicionalmente, as modificações de textura em matrizes alimentícias são obtidas através de alterações na formulação química, como a adição de agentes gelificantes, ou via processos térmicos (PEREIRA; BARROSO; GIL, 2021). Na tecnologia de impressão 3D, pode-se modular a textura com o tipo de design interno, controlado pelo nível e padrão de preenchimento (infill) (LIU et al., 2020). O presente trabalho fundamenta-se na hipótese de que a variação controlada do nível de preenchimento interno e a escolha de diferentes padrões geométricos em snacks de batata impressos em 3D e fritos a ar atuam de forma coordenada para modular as propriedades físicas e mecânicas do snack final, permitindo a obtenção de alimentos com crocância personalizada e reduzido teor lipídico.

1 Acadêmico de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul, contato: davi.almeida@estudante.uffs.edu.br

2 Grupo de Pesquisa: Biomateriais e Inovações aplicados em alimentos

3 Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Chapecó

4 Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul, **Orientador(a)**.

2 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho consiste na caracterização físico-química e mecânica de snacks de batata produzidos por impressão 3D e submetidos à fritura a ar quente (air-frying). Avaliando a printabilidade e a fidelidade dimensional do snack de batata com diferentes níveis (30%, 50% e 70%) e padrões de preenchimento interno (retilíneo, cúbico e Hilbert)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. PREPARAÇÃO DA PASTA

A pasta de batata para impressão foi preparada homogeneizando-se inicialmente os ingredientes secos, compostos por flocos de batata desidratados, farinha de trigo, goma xantana (espessante), lecitina de soja (emulsificante) e sal refinado comercial. Após a mistura mecânica dos ingredientes secos, foi adicionado óleo de soja e água fervente ($\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$), agitando-se a mistura vigorosamente com um bastão de vidro por 5 minutos até a formação de um purê homogêneo. A pasta é deixada em repouso até alcançar a temperatura ambiente para impressão.

3.2. PROCESSO DE IMPRESSÃO E FRITURA

Uma impressora 3D comercial (3DBS Gênese™, 3DBS Solutions, Campinas, Brasil) foi utilizada no estudo. A pasta de batata foi carregada em uma seringa plástica de 10 mL acoplada a um sistema de pistão a 4 bar para promover a extrusão. Para a modelagem, um bloco quadrado de dimensões 30x30x6 mm foi desenvolvido no software Fusion 360 (Autodesk, Inc.) e salvo no formato (.stl). O fatiamento foi realizado no software livre Slic3r, onde foram parametrizadas as seguintes condições: velocidade de impressão 30 mm/s, velocidade de deslocamento 50 mm/s, altura de camada de 0,7 mm e bico de 0,8 mm de diâmetro. O plano experimental consistiu na variação do nível de preenchimento interno (infill: 30%, 50% e 70%) combinado com três padrões geométricos de infill: retilíneo, cúbico e curva de Hilbert (estrutura tridimensional). Três réplicas foram impressas para cada uma das nove condições. Imediatamente após a impressão, as amostras foram congeladas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h. Após, as amostras são assadas na air fryer (Wap Co. Ltd., Alemanha) utilizando a temperatura de $145\text{ }^{\circ}\text{C}$, variando o tempo para cada preenchimento, sendo definido em 24 min, 17 min e 12 min para 70%, 50% e 30% de preenchimento, respectivamente.

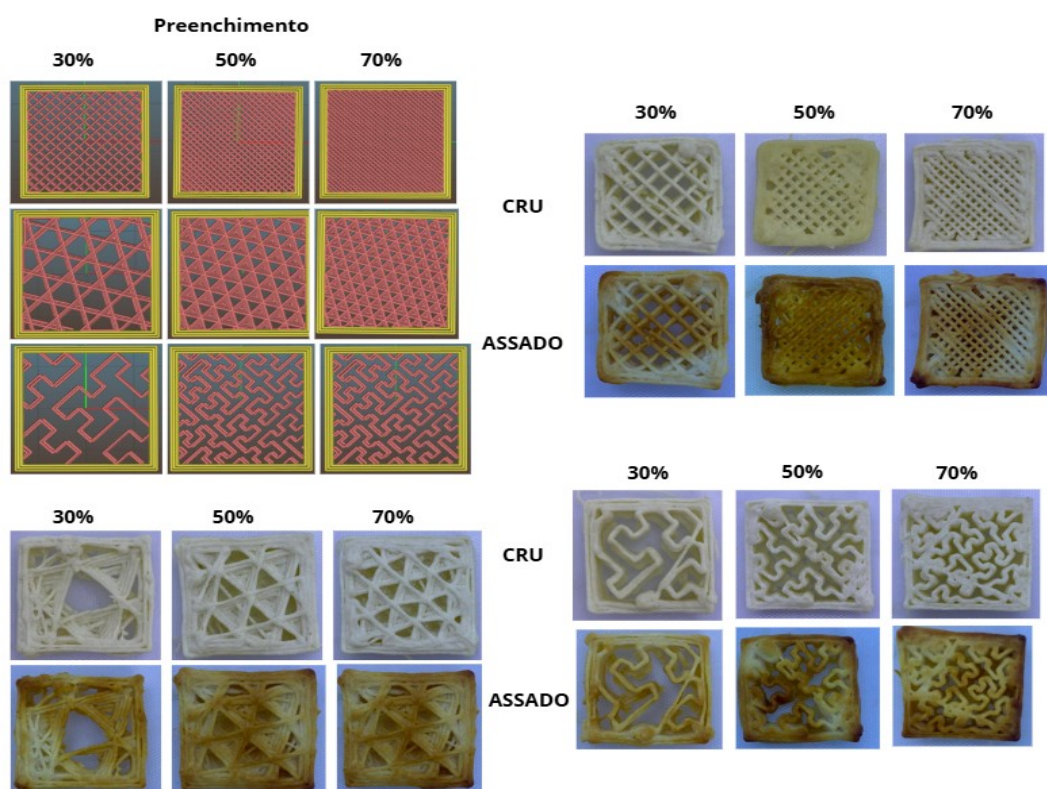
3.3. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A avaliação dos snacks foi realizada em triplicata, expressa em média $\pm$ desvio padrão. Os teores de lipídios, proteínas, umidade, cinzas e carboidratos foram quantificados de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras impressas em estado cru apresentaram bastante semelhança em relação ao modelo digital, o que comprova a precisão e fidelidade geométrica da impressora.

Figura 1. Snacks impressos 3D com diferentes níveis de preenchimento antes e depois de assar.



Fonte: o autor.

A pasta de batata preparada apresentou excelente comportamento viscoelástico, permitindo a extrusão contínua sem ocorrência de entupimentos no bico de 0,8 mm ou colapso estrutural após a deposição das camadas. Após o processamento térmico na air fryer a 145 °C, observou-se um encolhimento em todas as amostras, decorrente da perda de água (SEVERINI et al., 2018).

Tabela 1. Dimensões (largura, comprimento e altura) e massa (g) dos snacks crus e assados.

Condição	SNACK CRU				SNACK ASSADO			
	L (mm)	C (mm)	A (mm)	Massa (g)	L (mm)	C (mm)	A (mm)	Massa (g)
Retilíneo 30%	28,00±0,21	28,41±0,36	6,61±0,12	2,29±0,12	26,64±0,25	26,64±0,25	6,11±0,17	1,42±0,04
Retilíneo 50%	28,25±0,11	28,57±1,11	6,97±0,23	2,82±0,09	25,95±0,32	25,91±0,12	5,82±0,35	1,76±0,06
Retilíneo 70%	29,56±0,77	29,90±0,58	7,18±0,17	4,18±0,10	27,44±0,42	27,25±0,63	6,14±0,15	2,00±0,02
Cúbico 30%	29,97±0,58	30,02±0,59	5,93±0,39	2,32±0,04	27,65±0,34	26,67±0,76	5,35±0,07	1,33±0,05
Cúbico 50%	27,97±1,12	30,02±0,59	7,42±0,18	3,01±0,43	26,29±0,34	26,64±1,01	6,26±0,17	1,81±0,15
Cúbico 70%	29,36±0,12	29,31±0,13	7,02±0,29	4,07±0,10	27,29±0,49	27,09±0,10	6,39±0,25	2,07±0,13
Hilbert 30%	28,46±0,06	28,31±0,69	5,82±0,22	2,03±0,02	27,17±,21	27,50±1,17	5,50±0,21	1,49±0,10
Hilbert 50%	29,36±0,09	28,83±0,56	6,37±0,43	2,91±0,28	27,39±0,44	27,18±0,41	5,22±0,50	1,49±0,10
Hilbert 70%	29,40±0,95	29,05±0,72	6,87±0,61	4,24±0,18	25,77±0,43	25,95±1,11	5,74±0,28	1,94±0,09

Fonte: o autor.

O teor de lipídios do *snack* assado (9,22%) mostrou-se substancialmente inferior dos valores típicos de *chips* de batata fritos por imersão em óleo, que podem atingir até 39% de lipídios (LIU et al., 2020). Essa diferença mostra que a utilização da impressão 3D e a fritura a ar constitui uma estratégia tecnológica eficaz para a redução do teor de gordura em *snacks* à base de batata (LIU et al., 2020).

Tabela 2. Composição centesimal do snack de batata impresso 3D (g/100g base seca).

Componente	Snack Cru (%)	Snack assado (%)
Umidade	58,51±0,54	2,29±0,10
Proteínas	-	6,70±0,08
Lipídios	-	9,22±0,24
Cinzas	-	5,46±0,08
Carboidratos	-	76,36

Fonte: o autor.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que a impressão 3D por extrusão constitui uma tecnologia viável para a produção de *snacks* de batata submetidos à fritura a ar, sendo o nível e o padrão de preenchimento interno (retilíneo, cúbico e curva de Hilbert) fatores determinantes tanto das propriedades mecânicas quanto do comportamento dimensional e mássico das amostras.

REFERÊNCIAS

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. 4.ed. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008. 1020 p.

LIU, Zhenbin; DICK, Arianna; PRAKASH, Sangeeta; BHANDARI, Bhesh; ZHANG, Min. Texture Modification of 3D Printed Air-Fried Potato Snack by Varying Its Internal Structure with the Potential to Reduce Oil Content. **Food and Bioprocess Technology**, v. 13, n. 3, p. 564-576, 2020. DOI: 10.1007/s11947-020-02408-x.

LIU, Zhenbin; ZHANG, Min. Texture properties of microwave post-processed 3D printed potato snack with different ingredients and infill structure. **Future Foods**, v. 3, p. 100017, 2021. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100017.

MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; CÁRDENAS, J.; GARCÍA-SEGOVIA, P. Effect of Temperature on 3D Printing of Commercial Potato Puree. **Food Biophysics**, v. 14, n. 2, p. 225-234, 2019. DOI: 10.1007/s11483-019-09576-0.

PEREIRA, Tatiana; BARROSO, Sônia; GIL, Maria M. Food Texture Design by 3D Printing: A Review. **Foods**, v. 10, n. 2, p. 320, 2021. DOI: 10.3390/foods10020320.

SEVERINI, C.; DEROSI, A.; AZZOLLINI, D. Variables affecting the printability of foods: Preliminary tests on cereal-based products. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 38, p. 281-291, 2016. DOI: 10.1016/j.ifset.2016.10.001.

SEVERINI, C.; AZZOLLINI, D.; ALBENZIO, M.; DEROSI, A. On printability, quality and nutritional properties of 3D printed cereal based snacks enriched with edible insects. **Food Research International**, v. 106, p. 666-676, 2018. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.01.034.

Palavras-chave: Impressão 3D; Printabilidade; Textura.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2025-0349

Financiamento