

IMPRESSÃO 3D DE ALIMENTOS: PROSPECÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIOTINTAS PROTEICAS

ANA LUIZA FAUST LUNARDI^{1,2}, DAVI ALMEIDA LIANDRO^{2,3}, VANIA ZANELLA PINTO^{2,4}, GUSTAVO HENRIQUE FIDELIS DOS SANTOS^{2,5}

Introdução

A crescente demanda por fontes de proteínas alternativas e sustentáveis para alimentar uma população mundial em expansão tem impulsionado a busca por métodos inovadores de produção de alimentos. Uma das principais preocupações é de como criar alimentos que sejam nutricionalmente ricos, ambientalmente sustentáveis e atraentes para o consumidor em termos de textura e sabor. Contudo, a transformação dessa, proteínas alternativas em alimentos com características sensoriais desejáveis, como textura e aparência, continua sendo um desafio (Wen-tian *et al.*, 2012).

Desafio no qual a bioimpressão 3D vem enfrentando no quesito de conseguir produzir alimentos com atributos aceitáveis para os consumidores, além de serem passíveis de processamento via impressão (He *et al.*, 2016). A proteína de soja é um dos ingredientes primários para a produção de carnes análogas, por ser uma fonte rica, acessível e bem balanceada de aminoácidos com alta solubilidade, o que a torna versátil e com perfil de sabor neutro (Brenner *et al.*, 2019). Por outro lado, O glúten de trigo é uma proteína econômica com propriedades viscoelásticas que permitem imitar a textura da carne. Por meio de tratamento e extrusão, ele é usado para criar análogos de carne, tornando-o um ingrediente chave em produtos que simulam a textura da carne (Kyriakopoulo *et al.*, 2019). Além disso, a impressão 3D é um processo rápido, relativamente de baixo custo e com capacidade de produção desde pequena até grande escala.

Além disso, os hidrocoloides têm sido explorados como aditivos essenciais na bioimpressão 3D, e em especial a goma xantana é bastante promissora. A xantana possui capacidade de melhorar a viscosidade e a estabilidade de misturas proteicas, contribuindo

1 Discente, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Laranjeiras do Sul*, contato:analufalu@gmail.com

2 Grupo de pesquisa: Produção, transformação e armazenamento de alimentos

3 Discente, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Laranjeiras do Sul*, contato: liandro.davi@gmail.com

4 Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Laranjeiras do Sul*, PR, contato: vania.pinto@uffs.edu.br

5 Doutor, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Laranjeiras do Sul*, PR, contato: gustavo.santos@uffs.edu.br

melhor printabilidade e manutenção da estrutura dos alimentos impressos em 3D (Jungst *et al.*, 2016).

A maioria das pesquisas utiliza formulações à base de hidrocolóides, devido ao avanço da química e das ciências dos materiais (Jungst *et al.*, 2016). E o desenvolvimento de carnes análogas (*nuggets*) com formulação contendo goma xantana comparada a outros hidrocolóides (como a carragena) mostrou-se a mais eficaz na manutenção da integridade das amostras impressas, mantendo a viscosidade e o formato antes do produto ser exposto a fritura (Chen *et al.*, 2021).

Assim, objetivou-se produzir carnes análogas, via impressão 3D, de proteína de soja e glúten contendo goma xantana.

Materiais e Métodos

Materiais

A proteína de soja texturizada (PTS), o glúten (GT) e a goma xantana (GX) foram adquiridos no comércio local ou em websites de produtos de panificação.

Produção dos análogos cárneos

Primeiramente PTS, GT e GX em pó foram misturados, em proporção de massa mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 Formulações das biotintas à base de proteína de soja e glúten com diferentes proporções de goma xantana para a produção de análogos cárneos

Formulação	Proteína de soja (PTS)	Glúten de trigo (GT)	Goma Xantana (GX)
GX 0%	1	1	0,0
GX 0,5%	1	1	0,005
GX 1,0%	1	1	0,010
GX 1,5%	1	1	0,015
GX 2,0%	1	1	0,020

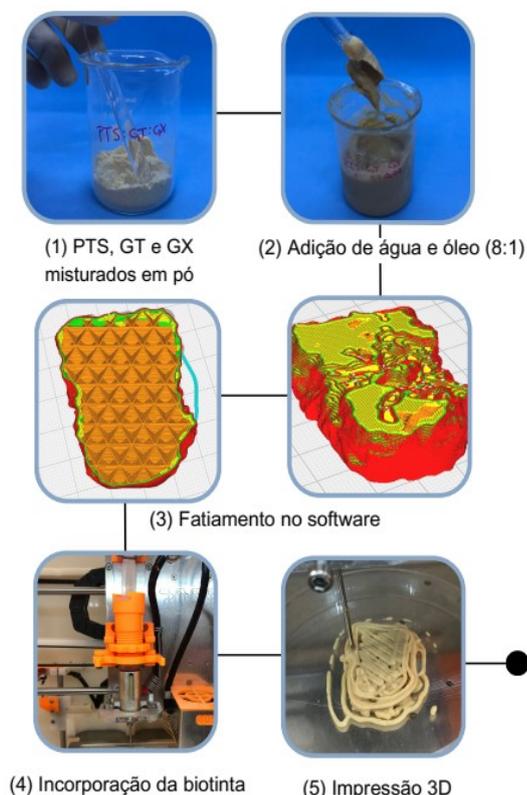
Em seguida, acrescentou-se água e óleo (8:1) aos pós misturados, e homogeneizou-se manualmente por 5 minutos e assim obteve-se as biotintas. As proporções de proteína, óleo e água foram selecionadas para obter um produto com teor de proteína médio das carnes bovinas. O modelo 3D no formato de um nugget foi impresso utilizando uma bioimpressora 3D do tipo FDM - *Fused Deposition Modeling* (3DBS, São Paulo, Brasil) e o diagrama do processo está representado na Figura 1. O bico de saída da impressora consistiu em uma agulha com ponta reta de 16 gauge (1,63 mm) de abertura. A velocidade de impressão foi 35 mm/s, a altura das camadas foi de 0,7mm e o preenchimento do modelo 3D foi de 20%.

A printabilidade foi observada visualmente pela facilidade das biotintas serem expulsas de uma seringa com a mesma agulha de ponta reta de 16 gauge. A capacidade estrutural é avaliada pela capacidade da biotinta de manter as dimensões e a forma do modelo 3D impresso em comparação com o modelo digital/virtual original. Visualmente, isso é observado pelo quão bem a estrutura impressa mantém os ângulos e bordas, bem como a sua integridade, sem colapsar ou deformar, durante e após o processo de impressão. Utilizou-se documentação fotográfica para verificar e comparar a precisão e a estabilidade da estrutura impressa em relação ao modelo digital.

Após a impressão, os modelos 3D foram congelados em freezer doméstico (-12°C) por 24h. As amostras foram então submetidas à fritura por imersão em óleo de soja 170°C por 5

minutos e novamente avaliadas visualmente para verificação da manutenção da estrutura, com o registro fotográfico.

Figura 1 Diagrama do processo de bioimpressão 3D de nugget análogo à carne



Resultados e Discussão

As amostras obtidas com as menores concentrações de goma xantana (GX (0.0), GX (0.5) e GX (1.0) não se apresentaram adequadas para a impressão, obtendo uma fraca capacidade estrutural e viscosidade insuficiente para a impressão 3D. Entretanto, a formulação GX (1.5) suportou a textura do modelo 3D com ampla facilidade e a apresentou manutenção do mesmo após a impressão. Por outro lado, a formulação GX (2.0), resistiu a complexidade do modelo impresso, porém demonstrou-se muito viscosa, entupindo o bico da impressora em algumas repetições analíticas, o que está relacionado com sua baixa capacidade de impressão (printabilidade) e possivelmente pela maior viscosidade consequente da maior concentração de goma xantana (Figura 2).

A viscosidade insuficiente das formulações com menos de 1% de goma xantana (GX) se deve à baixa concentração desse agente espessante, o que resulta em uma estrutura instável. A goma xantana desempenha papel fundamental na formação de uma matriz coesa ao interagir com outros componentes, especialmente com água e com proteínas, aumentando a viscosidade e a capacidade de retenção de forma (Dick, et al., 2021). Nas formulações com menos de 1% de GX, a baixa viscosidade afetou a integridade estrutural da biotinta, dificultando a manutenção da forma durante e após a impressão 3D (Figura 2).

Por outro lado, a viscosidade excessiva observada na formulação com 2% de GX se deve à alta concentração de goma xantana, o que gera uma resistência maior ao fluxo da

biotinta. De acordo com Lorenz *et al.* (2022), concentrações elevadas de agentes espessantes, como a goma xantana, aumentam a espessura das camadas e dificultam a extrusão suave durante a impressão, causando entupimentos. Embora a formulação consiga suportar a complexidade do modelo impresso, essa viscosidade excessiva compromete a capacidade de impressão de forma consistente e eficiente.

As amostras GX 0.0 e GX 0.5 reduziram consideravelmente de tamanho após a fritura. A formulação de GX 1.5 apresentou melhor desempenho, mantendo o formato original impresso (Figura 2).

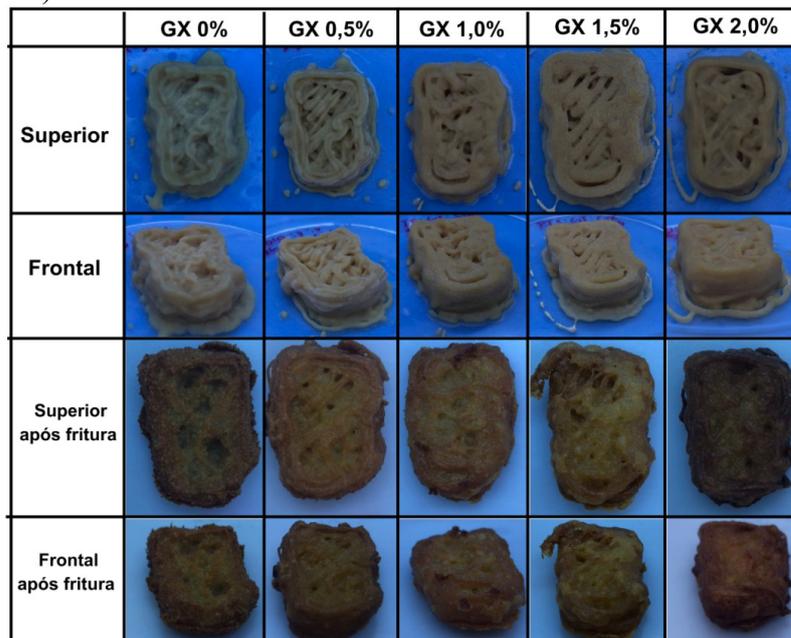


Figura 2 Vista superior o frontal antes e após a fritura dos modelos 3D impressos utilizando diferentes concentrações de goma xantana (GX) para o desenvolvimento de carnes análogas.

Conclusão

A demanda por proteínas alternativas sustentáveis impulsiona a pesquisa em bioimpressão 3D de alimentos. Este estudo testou misturas de proteína de soja, glúten de trigo e goma xantana (GX) para imprimir nuggets. A formulação com 1.5% de goma xantana (GX (1.5)) apresentou boa printabilidade em relação às demais concentrações testadas, além de suportar a estrutura impressa, antes e após a fritura. A formulação GX (2.0) não apresentou boa printabilidade, pois causou entupimento do bico de impressão. O estudo ressalta a importância de ajustar a formulação para obter alimentos impressos com boa textura e estabilidade.

Referências

Brenner, T. et al. Rheology of highly elastic iota-carrageenan/kappa carrageenan/xanthan/konjac glucomannan gels. **Food Hydrocolloids**, (2015), 44, 136–144

Dick, A, et al. Feasibility study of hydrocolloid incorporated 3D printed pork as dysphagia food. **Food Hydrocolloids**, (2020), 107, 105940

He, Y., Yang, F., Zhao, H. et al. Pesquisa sobre a capacidade de impressão de hidrogéis em

bioimpressão 3D. **Scientific Reports**, (2016), 6, 29977

Jungst et al. Strategies and molecular design criteria for 3D printable hydrogels, **Chemical Reviews**, (2016), 116, pp. 1496-1539

Kyriakopoulou et al., **Plant-based meat analogues: Sustainable Meat Production and Processing**, 9780128148747, **Elsevier**, Amsterdam, Holanda (2019), pp. 103-126

Rahman, et al. Rheological and mechanical properties of edible gel materials for 3D food printing technology. **Heliyon**, (2020), 6, e05859.

Wen-tian, S. Development of Emulate Smoking Ham Using Drawing Soy Protein. **Food Research and Development**, (2012), 12, 98-1000.

Palavras-chave: Bioimpressão 3D, printabilidade, carnes análogas.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2023-0255

Financiamento: PIBIT – CNPq