

Aplicações da tecnologia ultrassônica na indústria de produtos cárneos: processamento, controle de qualidade e garantia da segurança de alimentos

Maria Fernanda Neto Campos¹, Ana Carolina Nascimento¹, Júlia da Costa Carneiro Cruz¹, Julio Ribeiro Lopes¹, Lara Beatriz de Oliveira Mateus¹, Vívyan Alice Clemente Vieira¹, Emília Maricato Pedro dos Santos¹

¹ Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Medicina, Departamento de Medicina Veterinária, Grupo de Pesquisa em Inspeção, Tecnologia e Controle de Qualidade de Produtos de Origem Animal – GPPoa UFJF, Curso de Medicina Veterinária (maria.fernanda@estudante.ufjf.br; anacarolinanascimento12@outlook.com; julia9carneiro@hotmail.com; julio.lopes@estudante.ufjf.br; lara.beatriz@estudante.ufjf.br; vivyan.clemente@estudante.ufjf.br; emilia.maricato@ufjf.br)

1. INTRODUÇÃO

O ultrassom surgiu como uma tecnologia de processamento aplicável em várias áreas de processamento dos alimentos, incluindo etapas de descongelamento, limpeza, corte e congelamento assistido. Portanto, este se aplica no pré-tratamento e no processamento auxiliar de matérias-primas e produtos finais em vários elos da cadeia produtiva de alimentos. Este recurso tecnológico demonstra ser extremamente promissor na elaboração de produtos cárneos, visto a sua capacidade de modificar a estrutura proteica por meio do efeito de cavitação, resultando em uma melhora da qualidade das características sensoriais destes alimentos (Luo *et al.*, 2021).

Nesse contexto, as ondas ultrassônicas oferecem, ainda, benefícios ao processamento de alimentos, sobretudo por se tratarem de uma tecnologia de “processamento de alimentos verdes”, ou seja, de natureza não invasiva e não destrutiva. Tais características tornam essa ferramenta uma aliada na garantia de alimentos seguros e de qualidade, sobretudo na rastreabilidade de mudanças físico-químicas dos alimentos durante seu processamento. Ademais, a partir dos bons resultados em pesquisas já realizadas, a utilização do ultrassom na indústria alimentícia aplica-se, principalmente, na extração seletiva, redução de tempo e temperatura de processamento, maior rendimento e melhor transferência de massa e calor (Fioruz *et al.*, 2022).

O funcionamento do ultrassom ocorre a partir de ondas sonoras com frequência superior a 20 kHz (quilohertz), por outro lado a frequência de aparelhos ultrassônicos típicos, variam de 20 a 100 MHz (megahertz). Na indústria de alimentos, sua utilização sofrerá variações de acordo com a potência sonora utilizada (W), intensidade sonora (W/m² (watts por metro quadrado)) e densidade de energia sonora (W/m³ (watts por metro cúbico)). Existe, portanto, o ultrassom de alta frequência e baixa intensidade, o

qual tem impacto mínimo nas propriedades físico-químicas dos alimentos e fornece informações sobre estas bem como da estrutura e composição dos alimentos. Este fato dificulta a aplicação deste tipo de ultrassom na elaboração de produtos alimentícios. Em contrapartida, o ultrassom de baixa frequência e alta intensidade é bastante utilizado no processamento de alimentos, ao qual são atribuídos três mecanismos de ação, essenciais, das ondas ultrassônicas: efeito de cavitação, mecânico e térmico (Li *et al.*, 2024).

Frente ao exposto, e perante a sua alta relevância no processamento de alimentos, o objetivo do presente estudo é explorar as aplicações específicas da tecnologia ultrassônica na indústria de produtos cárneos, bem como analisar seus benefícios sob o controle de qualidade e segurança dos alimentos produzidos.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho configura-se como uma revisão de literatura que versa sobre a tecnologia ultrassônica e suas vantagens na elaboração de produtos cárneos. Para tanto, foi realizada uma busca sistematizada das informações na base de dados *ScienceDirect*, utilizando-se os descritores “*industry*”, “*meat products*”, “*tecnology*”, “*ultrasound*”. Na procura das publicações foi utilizado o operador lógico “*and*”, de modo a combinar os descritores utilizados e o cruzamento de dados.

As informações foram coletadas em setembro de 2024 e priorizou-se a seleção de estudos publicados em língua inglesa no período de 2019 a 2024. Os trabalhos passaram por uma análise, na qual foram selecionados aqueles que continham os descritores no título, bem como em suas palavras-chave, excluindo-se, os trabalhos com data de publicação anterior ao período de busca estipulado assim como os duplicados e, ainda, cartas ao editor, monografias, teses e dissertações. Obteve-se, aproximadamente, 7400 publicações, elegendo-se 07 referências para leitura e discussão do tema. As informações obtidas foram organizadas e sintetizadas na forma deste resumo expandido.

3. DISCUSSÃO

Em nível experimental, a tecnologia ultrassônica no processamento de alimentos geralmente é empregada por banhos de água ultrassônicos e equipamentos de sonda ultrassônica. Essas ferramentas possuem diferentes propósitos e características: o “banho maria” ultrassônico diz respeito a um tanque de água projetado para manuseio de amostras e operações experimentais, enquanto a sonda é conectada a um gerador ultrassônico, de modo a oferecer maior personalização, baseada nas propriedades da amostra, a fim de atender às demandas específicas de processamento. Portanto, esses dispositivos unem princípios de geração e propagação ultrassônica, os quais suas estruturas dependem, além do gerador, de um transdutor e de um sistema de controle. Isso ocorre porque o transdutor facilita a transmissão de energia ultrassônica para o alimento e o sistema de controle gerencia a operação do dispositivo (Li *et al.*, 2024).

É importante ressaltar que, quando comparado com outras técnicas de cura, além de mais rápido, a tecnologia ultrassônica melhora, significativamente, a estrutura da carne curada e induz a ocorrência de reações químicas que estimulam a cor e maciez do produto cárneo. Ademais, é comprovado que o pré-tratamento utilizando o ultrassom pode promover o aumento de proteólise muscular, o que evidencia a interferência positiva na atividade das enzimas protease e lipase, uma vez que proteólise moderada, juntamente a mudanças na estrutura da miofibrila, resultam na maior qualidade da textura e sabor da carne (Jin *et al.*, 2023).

Um estudo realizado por Guilhermic *et al.* (2023) avaliou a viabilidade da aplicação da técnica ultrassônica, de baixa intensidade, sem contato, para monitoramento da qualidade de análogos de carne, de alta umidade, durante a sua produção. Os dados ultrassônicos obtidos foram de alta qualidade, indicando que a técnica é confiável e aplicável em ambientes industriais reais. Este método detectou mudanças no teor de umidade e mediu, com precisão, a espessura, sem comprimir a amostra durante a medição, o que auxiliou no controle de qualidade e verificação da estabilidade do produto de forma sanitária.

O super resfriamento, por sua vez, é um processo utilizado com intuito de reduzir a temperatura da superfície, abaixo do seu ponto de congelamento, com a formação de uma fina camada de gelo sobre esta e, posteriormente, gelo, de fato. Embora seja um fenômeno natural, o excesso de gelo provoca mudanças estruturais e físico-químicas no alimento e, por esse motivo, faz-se necessário o monitoramento da cristalização de gelo na carne por meios não destrutivos e mais rápidos. Isso proporciona aumento na vida útil de alimentos perecíveis e redução do consumo de energia, sendo essencial para as indústrias que visam a sustentabilidade e redução de desperdício. Assim sendo, os ensaios ultrassônicos não destrutivos são a melhor alternativa para caracterização da acústica de amostras dos alimentos, uma vez que estes auxiliam no controle de qualidade, durante a técnica de super resfriamento, além de minimizar os efeitos deletérios da formação de cristais de gelo na carne (Grassi *et al.*, 2024).

Em contrapartida, embora muitos estudos acerca do congelamento utilizando-se a tecnologia ultrassônica tenham obtido resultados bastante positivos, há fatores relevantes a serem considerados para maiores aplicações desta tecnologia, objetivando-se atingir a qualidade ideal da carne. Dentre estes, é importante mencionar a importância de se distinguir os diferentes níveis de potência do ultrassom, uma vez que, esta não sendo bem definida, pode resultar em diferença energética ofertada à carne, o que afeta a qualidade da mesma. Nesse contexto, a diferença entre o processo de descongelamento da carne congelada e da propagação das ondas de ultrassom ocorre acerca do descongelamento de partes mais finas, que ocorre mais rapidamente quando desfrutada a tecnologia ultrassônica de maior potência, afetando o produto final como um todo. A utilização de ultrassom de alta potência, por sua vez, visa promover a rapidez do processo de descongelamento. Contudo, rápidas mudanças no volume celular podem resultar em danos às fibras

musculares e, por consequência, em uma carne de qualidade inferior (Sun *et al.*, 2023).

Além disso, encontrar condições ideais para os processos de cozimento assistidos por ultrassom de alta intensidade também se faz necessário. Diante disso, existem algumas preocupações, neste caso, na aplicação desta tecnologia, sendo o alto custo do investimento e falta de compreensão das satisfações do consumidor, os principais obstáculos, bem como a limitação de temperatura operacional, o que dificulta as atividades em escala industrial. Portanto, ainda se faz necessária a realização de mais estudos cuja finalidade seja encontrar essas condições ideais e, também, avaliar o impacto do cozimento assistido por ultrassom de alta intensidade, no que diz respeito a qualidade do alimento (Fioruz *et al.*, 2022).

4. CONCLUSÃO

O emprego da tecnologia ultrassônica na indústria de produtos cárneos é bastante favorável no que diz respeito ao processamento, controle de qualidade e garantia de segurança do alimento, visto que tem uma aplicação ampla e resultados positivos e precisos, quando bem aplicada. Entretanto, é importante ressaltar que ainda há desafios na aplicação e utilização dessa ferramenta sobretudo a fim de compreender as condições ideais para a sua utilização de acordo com a finalidade desejada.

Palavras-chave: métodos de conservação; produtos de origem animal; ultrassom.

5. REFERÊNCIAS

FIROUZ, M. S.; SARDARI, H.; CHAMGORDANI, P. A.; BEHJATI, M. Power ultrasound in the meat industry (freezing, cooking and fermentation): Mechanisms, advances and challenges. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 86, n. 1, p. 106027, 2022. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2022.106027.

GRASSI, S.; JIMÉNEZ, A.; RUIZ, J; GONZÁLEZ-MOHINO, A. Use of ultrasound and NIRs as tools for monitoring ice formation in superchilled meat. **Journal of Food Engineering**, v. 369, n. 1, p. 111957, 2024. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2024.111957.

GUILHERMIC, R.-M.; FRANCZYK, A. J.; KERHERVÉ, S. O.; HOUSE, J. D.; PAGE, J. H.; KOKSEL, F. Characterization of the mechanical properties of high-moisture meat analogues using low-intensity ultrasound: linking mechanical properties to textural and nutritional quality attributes. **Food Research International**, v. 173, n. 1, p. 113193, 2023. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.113193.

JIN, G.; LIU, Y.; LI, C.; ZHANG, Y.; HE, L.; HE, L.; ZHANG, Y.; WANG, Y.; CAO, J. Underlying formation mechanisms of ultrasound-assisted brined porcine meat: The role of physicochemical modification, myofiber fragmentation and histological organization **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 94, n. 1, p. 106318, 2023. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2023.106318.

LI, B.; ZHONG, M.; SUN, Y.; LIANG Q.; SHEN, L.; QAYUM, A.; RASHID, A.; REHMAN, A.; MA, H.; REN, X. Recent advancements in the utilization of ultrasonic technology for the curing of processed meat products: a comprehensive review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 103, n. 1, p. 106796, 2024. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2024.106796.

LUO, M.; SHAN, K.; ZHANG, M.; KE, W.; ZHAO, D.; NIAN, Y.; WU, J.; LI, C. Application of ultrasound treatment for improving the quality of infant meat puree. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 80, n.1, p 105831, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105831.

SUN, H.; ZHAO, Y.; ZHAO, J.; SUN, J. Ultrasound thawing for improving the eating quality and off-flavor of frozen duck meat and its possible mechanisms. **LWT**, v. 187, n. 1, p. 1115314, 2023. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.1115314.