

TECNOLOGIA ULTRASSÔNICA NO PROCESSAMENTO E CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS: APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS

Anders Teixeira Gomes¹, Vanessa Caroline de Oliveira², Mirielle Teixeira Lourenço²,
Érica Nascif Rufino Vieira², Bruno Ricardo de Castro Leite Júnior², Eduardo Basílio de
Oliveira²

¹Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil (anders.gomes@ufv.br)

²Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil

Resumo: Este trabalho apresenta uma revisão sobre o uso do ultrassom no processamento de alimentos. A tecnologia tem se destacado por sua eficácia na inativação microbiana, conservação de frutas, carnes e líquidos, além de otimizar processos como secagem e extração. Os estudos indicam seu potencial como técnica não-térmica eficiente, sustentável e promissora na preservação da qualidade e segurança dos alimentos.

Palavras-chave: Ultrassom; Inativação; Conservação; Secagem; Extração.

INTRODUÇÃO

O uso de tecnologias emergentes na indústria de alimentos tem se intensificado como alternativa para melhorar a eficiência dos processos, garantir a segurança microbiológica e preservar a qualidade dos produtos. Entre essas tecnologias, o ultrassom tem ganhado destaque por sua versatilidade, baixo impacto térmico e capacidade de aplicação em diferentes etapas do processamento de alimentos. Seu mecanismo de ação baseia-se na cavitação acústica, fenômeno que promove intensas micro turbulências e ruptura de estruturas celulares, resultando em diversos efeitos tecnológicos e funcionais. Este trabalho aborda cinco principais aplicações do ultrassom. Na inativação microbiana, a tecnologia tem se mostrado eficaz contra microrganismos como *Escherichia coli* (*E. coli*), *Salmonella enterica* (*S. enterica*) e *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*), especialmente quando combinada com tratamentos térmicos (Cruz-Cansino et al., 2016; Türken & Erge, 2017; Nunes et al., 2022). Em frutas e hortaliças, contribui para a descontaminação superficial e prolongamento da vida útil (Cruz-Cansino et al., 2016; Garud, Pitre & Datt, 2017). Sua utilização em carnes e pescados, promove melhorias na maciez, acelera a marinação e reduz a carga microbiana (Bevilacqua et al., 2019). Em alimentos líquidos, como sucos e leite, destaca-se como alternativa à pasteurização convencional, mantendo atributos sensoriais e nutricionais (Nunes et al., 2022; Deshpande & Walsh, 2020). Além disso, seu uso em processos de secagem e extração tem sido associado à maior eficiência, preservação de compostos bioativos e economia de energia (Zhu et al., 2021; Chemat et al., 2017; Bi et al., 2019). Cabe ainda destacar que o ultrassom contribui para a

sustentabilidade ambiental, reduzindo o uso de agentes químicos e o consumo energético (Khaire, Thorat & Gogate, 2022), além de atender à demanda por alimentos minimamente processados e sensorialmente atrativos (Rojas et al., 2021). Este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica das principais aplicações da tecnologia ultrassônica no processamento de alimentos, destacando seus efeitos sobre a qualidade, segurança e desempenho dos processos.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia consistiu de uma revisão bibliográfica sobre as aplicações da tecnologia ultrassônica no processamento de alimentos. As buscas foram realizadas nas bases de dados *PubMed*, *Science Direct*, *Scopus*, *SciELO* e *Google Scholar*, abrangendo publicações entre os anos de 2016 e 2024. Utilizou-se os descritores: “ultrasound”, “food processing”, “microbial inactivation”, “fruits and vegetables”, “meat and fish”, “liquid foods”, “drying”, e “extraction”. Foram incluídos artigos originais, revisões e estudos experimentais que abordaram a aplicação do ultrassom em alimentos, com foco na segurança microbiológica, qualidade sensorial e eficiência de processos. Após a triagem por título, resumo e leitura completa, selecionaram-se os estudos mais relevantes para a elaboração desta revisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fundamentos e mecanismos da tecnologia ultrassônica

O ultrassom consiste em ondas sonoras acima do limite da audição humana (mais de 16-20 kHz) e é classificado segundo frequência e intensidade

(Guimarães et al., 2019). Existem dois tipos de ultrassom: o de potência (20-100 kHz) que comumente utilizado na indústria de alimentos para processamento e conservação, e o de alta frequência (100 kHz a 1 MHz) que é usado em procedimentos médicos (Guimarães et al., 2019; Zhang et al., 2024). Quanto à intensidade, o ultrassom de baixa intensidade ($<1 \text{ W/cm}^2$) serve para análises não destrutivas, e o de alta intensidade ($>1 \text{ W/cm}^2$) altera propriedades dos alimentos. De forma resumida, o ultrassom de alta potência e baixa frequência é predominante na indústria de alimentos, enquanto o de baixa intensidade e alta frequência é típico da área médica.

O mecanismo do ultrassom baseia-se na propagação de ondas sonoras de alta frequência em meios líquidos, levando à formação e implosão de microbolhas — um fenômeno conhecido como cavitação (Figura 1) (Bi et al., 2019; Chemat et al., 2017; Yusoff et al., 2022).

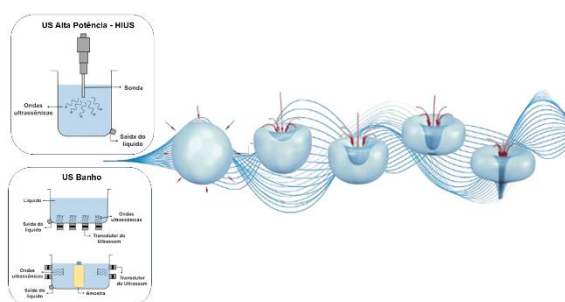


Figura 1: Cavitação acústica - Formação e implosão de microbolhas. Fonte: Autores

A cavitação acústica gera intensa agitação, promovendo macro e micro turbulências que aumentam a transferência de massa e provocam efeitos físicos como descamação da superfície, erosão e fragmentação de partículas (Bi et al., 2019; Chemat et al., 2017; Yusoff et al., 2022).

Benefícios tecnológicos e funcionais do ultrassom

As aplicações do ultrassom no setor alimentício envolvem não apenas benefícios técnicos, mas também vantagens econômicas, ambientais e sensoriais (Figura 2).

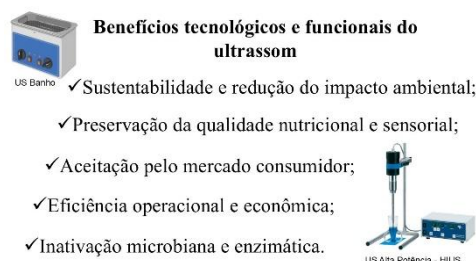


Figura 2: Benefícios tecnológicos e funcionais do ultrassom. Fonte: Autores

Na Tabela 1, são resumidas as principais vantagens associadas ao uso dessa tecnologia, de acordo com a literatura.

Tabela 1: Vantagens da utilização do ultrassom

Vantagem	Descrição	Referência
Sustentabilidade ambiental	Reduz o uso de químicos e o consumo energético, promovendo um processamento mais limpo.	<i>Khaire; Thorat; Gogate (2022)</i>
Preservação nutricional e sensorial	Mantém compostos bioativos e atributos como sabor, cor e textura devido ao processamento suave.	<i>Rojas et al. (2021)</i>
Aceitação pelo consumidor	Atende à demanda por alimentos minimamente processados, com aparência e frescor preservados.	<i>Khaire; Thorat; Gogate (2022)</i>
Eficiência operacional e econômica	Aumenta a produtividade e reduz tempo e energia, gerando economia para a indústria.	<i>Chavan et al. (2022)</i>
Inativação microbiana e enzimática	Promove ruptura celular e, em alguns casos, desnaturação enzimática, aumentando a segurança do produto.	<i>Nunes et al. (2022); Beitia et al. (2023)</i>

Aplicações no processamento e conservação de Alimentos

Inativação microbiana

A tecnologia ultrassônica é uma abordagem inovadora utilizada para reduzir ou eliminar microrganismos em alimentos, sem comprometer significativamente suas características sensoriais ou nutricionais.

Sua eficácia na inativação microbiana, no entanto, depende de diversos fatores, como o tipo de microrganismo presente, o tipo de alimento (matriz alimentar) e as condições específicas de processamento aplicadas.

A Tabela 2 mostra alguns estudos recentes que investigaram a eficácia da tecnologia ultrassônica, isoladamente ou em combinação com outros

tratamentos, na inativação de diferentes microrganismos em diferentes matrizes alimentares.

Tabela 2. Eficácia do ultrassom na inativação de microrganismos em diferentes matrizes alimentares

Microrganismo	Matriz	Tratamento	log	Ref.
<i>E. coli</i>	Suco de laranja	US (20 min) + Micro-ondas (900 W, 33 s)	8	<i>Kernou et al., 2023</i>
<i>E. coli</i>	Água residual	US (60 kHz) + $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}^*$	4,69	<i>Bai et al., 2023</i>
<i>S. aureus</i>	Leite humano	Termossoni cação a 60 °C por 10 min	↓↓	<i>Gomes et al., 2022</i>
<i>S. typhimurium</i>	Caldo cultura	Termossoni cação focalizada (40–50 °C, 5–15 min)	~	<i>Lauteri et al., 2024</i>
<i>S. typhimurium</i>	Amostras da cadeia suína	Termossoni cação (40 kHz, 80 W, 40–50 °C, 5–15 min)	~	<i>Pennisi et al., 2024</i>
<i>S. enterica</i>	Morango	US (40 kHz, 500 W, 5 min) + $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$	2,1	<i>do Rosário et al., 2016</i>
<i>L. monocytogenes</i>	Pepino fatiado	US + NaClO	↓↓	<i>Hou et al., 2023</i>

*Duas setas indicam redução significativa; *~ aproximadamente;

* $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$ – Ácido peracético; *NaClO – Hipoclorito de sódio.

Estudos indicam que *Escherichia coli* é particularmente sensível ao ultrassom, possibilitando reduções de aproximadamente 5 log, especialmente em sucos de frutas. Em contrapartida, *Salmonella enterica* e *Listeria monocytogenes* apresentam maior resistência, dificultando sua completa eliminação apenas com o uso do ultrassom, sobretudo em matrizes alimentares mais complexas. Para atingir a redução microbiológica de 5 log, é frequentemente necessária a associação com outras técnicas, como o aquecimento (termossonicação), uma vez que o ultrassom isolado não é suficientemente eficaz contra esporos ou microrganismos mais resistentes, como a *Listeria monocytogenes* (Cruz-Cansino et al., 2016; Türken & Erge, 2017).

Frutas e hortaliças

A aplicação do ultrassom na conservação de alimentos vegetais, como por exemplo frutas e hortaliças, tem ganhado destaque devido à sua capacidade de promover a segurança microbiológica e reduzir contaminantes sem comprometer a qualidade desses produtos.

Essa tecnologia vem sendo amplamente estudada em diferentes matrizes vegetais, revelando-se eficaz tanto na inativação de microrganismos quanto na remoção de resíduos superficiais indesejáveis.

Diferentes estudos reforçam a aplicabilidade do ultrassom nesse contexto. Cruz-Cansino et al. (2016), por exemplo, demonstraram a eficácia da tecnologia na descontaminação de frutas e hortaliças, especialmente na remoção de resíduos de pesticidas e contaminantes superficiais. Zhang et al. (2017) abordaram a inativação de microrganismos patogênicos em alimentos líquidos e sólidos, destacando o potencial do ultrassom para melhorar a segurança microbiológica.

Outros autores, como Garud et al. (2017) e Türken e Erge (2017), também corroboram esses achados, evidenciando a eficiência da tecnologia ultrassônica na inativação de diferentes microrganismos e fungos associados à deterioração de alimentos.

Carnes e pescados

O uso da tecnologia ultrassônica na cadeia de carnes e pescados tem sido amplamente explorado como uma estratégia inovadora para otimizar os processos industriais e elevar a qualidade final dos produtos.

Essa abordagem se destaca por seus múltiplos benefícios, que vão desde alterações microestruturais nos tecidos até a inativação de microrganismos patogênicos, o que favorece a segurança alimentar e a extensão da vida útil dos alimentos (Bevilacqua et al., 2019; Cruz-Cansino et al., 2016).

A aplicação do ultrassom na indústria de carnes e pescados apresenta diversas vantagens tecnológicas. Dentre elas, destaca-se a melhoria da maciez, atribuída à capacidade do ultrassom de romper estruturas do tecido conjuntivo, tornando os produtos mais tenros e com maior retenção de água. Essa retenção hídrica, por sua vez, melhora a suculência e estabilidade durante o processamento e o armazenamento (Cruz-Cansino et al., 2016; Rojas et al., 2021). A eficiência do processo decorre da cavitação acústica, que gera micro turbulências capazes de alterar a estrutura física do alimento, facilitando a penetração de agentes tecnológicos.

Além disso, o ultrassom tem demonstrado potencial em acelerar etapas como a marinação e a cura, promovendo uma penetração mais rápida e homogênea de sais, temperos e compostos bioativos, o que reduz significativamente o tempo de processamento e contribui para a padronização e eficiência produtiva (Bevilacqua et al., 2019; Chavan et al., 2022).

Esse efeito pode ser particularmente vantajoso em escalas industriais, permitindo maior controle de qualidade e menor consumo energético. Outro ponto



relevante é a eficácia do ultrassom na redução da carga microbiana na superfície de carnes e pescados.

A cavitação promove a ruptura da parede celular dos microrganismos, contribuindo para sua inativação, sem comprometer as características sensoriais dos produtos. Essa ação antimicrobiana torna o ultrassom uma alternativa interessante aos métodos convencionais de conservação, especialmente quando combinado a outros tratamentos, como o calor ou agentes químicos (Cruz-Cansino et al., 2016; Nunes et al., 2022; Beitia et al., 2023).

Alimentos líquidos

Na indústria de alimentos líquidos, o ultrassom tem se destacado como uma tecnologia versátil e eficiente, com aplicação em diferentes etapas do processamento. Seu uso abrange desde a conservação microbiológica até a melhoria de propriedades funcionais e tecnológicas, configurando-se como uma abordagem promissora para a manutenção da qualidade físico-química e sensorial dos produtos. A ação mecânica provocada pelas ondas ultrassônicas contribui para a desestabilização de estruturas celulares, além de aumentar a transferência de massa e promover transformações benéficas na matriz alimentar (Guimarães et al., 2019; Bi et al., 2019).

A tecnologia ultrassônica é amplamente aplicada no setor de líquidos alimentícios devido à sua capacidade de inativar microrganismos, enzimas e partículas indesejáveis, sem causar danos significativos às características nutricionais e organolépticas dos alimentos. Além da inativação microbiana, o ultrassom atua positivamente em processos como emulsificação, cristalização e extração de compostos bioativos, resultando em produtos mais estáveis e de maior valor funcional (Chemat et al., 2017; Nunes et al., 2022). Essas vantagens a tornam uma alternativa sustentável, com menor impacto térmico e potencial para reduzir o uso de aditivos químicos.

Além disso, o ultrassom tem sido estudado como uma alternativa à pasteurização convencional, promovendo a inativação microbiana em alimentos líquidos de forma mais suave. Essa tecnologia pode ser aplicada isoladamente ou em combinação com tratamentos térmicos (termo sonicação), aumentando sua eficácia contra microrganismos patogênicos e deteriorantes. Estudos relatam sua efetividade na redução de microrganismos como *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* e *Staphylococcus aureus*, especialmente em sucos, leite e outras bebidas, o que contribui para a conservação e extensão da vida útil desses produtos (Nunes et al., 2022; Deshpande & Walsh, 2020; Gomes et al., 2022).

Secagem e extração de compostos

A secagem é uma etapa fundamental na conservação de alimentos, pois reduz a atividade de água e, consequentemente, a taxa de deterioração microbiológica e enzimática.

No entanto, os métodos convencionais de secagem frequentemente demandam longos tempos de processamento e elevadas temperaturas, o que pode comprometer a qualidade nutricional, sensorial e funcional dos alimentos. Nesse contexto, tecnologias emergentes como o ultrassom têm sido amplamente estudadas por sua capacidade de acelerar o processo de secagem, promovendo maior eficiência energética e melhor preservação de compostos bioativos (Chemat et al., 2017; Bi et al., 2019).

Estudos recentes apontam que a aplicação do ultrassom como pré-tratamento ou durante o processo de secagem pode potencializar significativamente os resultados.

Em uma investigação sobre o *Ascophyllum nodosum*, constatou-se que o uso do ultrassom associado à secagem em leite fluidizado aumentou a retenção de compostos fenólicos totais, reduziu o tempo de secagem e otimizou o consumo de energia. Esses resultados evidenciam o impacto positivo da cavitação acústica, que altera a estrutura celular e facilita a liberação de água durante a desidratação (Zhu et al., 2021).

Análises por microscopia eletrônica de varredura (SEM) revelaram que o ultrassom induz a formação de microporos e fissuras na parede celular, efeitos relacionados tanto à cavitação quanto ao chamado efeito esponja. Essas alterações estruturais tornam a matriz vegetal mais permeável à saída de umidade, acelerando a secagem sem comprometer a integridade de compostos bioativos sensíveis. No entanto, a compreensão detalhada desses efeitos ainda requer avanços em estudos microestruturais, especialmente por meio de análises complementares como seções transversais e modelagens tridimensionais (Zhu et al., 2021; Yusoff et al., 2022).

Em síntese, a combinação do ultrassom com técnicas de secagem como o leite fluidizado se apresenta como uma abordagem eficiente e promissora, tanto do ponto de vista tecnológico quanto econômico. Essa sinergia entre métodos emergentes permite acelerar o processamento, manter a qualidade dos alimentos e reduzir o impacto ambiental, embora ainda sejam necessários estudos adicionais para a completa elucidação dos mecanismos físico-químicos envolvidos (Zhu et al., 2021; Chemat et al., 2017).

CONCLUSÃO

A tecnologia ultrassônica mostrou-se uma ferramenta promissora e versátil no processamento de alimentos,



com aplicações relevantes em diferentes etapas produtivas.

Os estudos analisados evidenciaram sua eficácia na inativação microbiana, especialmente quando associada a outros métodos, como o aquecimento.

Além disso, o ultrassom demonstrou benefícios significativos na conservação de frutas, hortaliças, carnes, pescados e alimentos líquidos, contribuindo para a segurança e a qualidade dos produtos. Sua aplicação também se destacou em processos de secagem e extração, promovendo maior eficiência e preservação de compostos bioativos.

Dessa forma, o uso do ultrassom representa uma alternativa tecnológica viável e sustentável para a indústria de alimentos, embora mais estudos sejam necessários para a padronização de parâmetros e avaliação em escala industrial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Brasil), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Instituto Federal Fluminense (IFF, Brasil).

REFERÊNCIAS

BAI, Y. et al. Enhanced inactivation of *Escherichia coli* by ultrasound combined with peracetic acid during water disinfection. **Chemosphere**, v. 322, p. 138095, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138095>.

BEITIA, E.; GKOGKA, E.; CHANOS, P.; HERTEL, C.; HEINZ, V.; VALDRAMIDIS, V.; AGANOVIC, K. Microbial decontamination assisted by ultrasound-based processing technologies in food and model systems: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 22, n. 4, p. 2802–2849, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13163>.

BEVILACQUA, A. et al. Two nonthermal technologies for food safety and quality—ultrasound and high pressure homogenization: Effects on microorganisms, advances, and possibilities: A review. **Journal of Food Protection**, v. 82, n. 12, p. 2049–2064, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-059>.

BI, Y. et al. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of bioactive compounds from *Sargassum henslowianum* using response surface methodology. **Pharmacognosy Magazine**, v. 15, n. 60, p. 156–163, 2019. Disponível em: http://doi.org/10.4103/pm.pm_347_18.

CHAVAN, P.; SHARMA, P.; SHARMA, S. R.; MITTAL, T. C.; JAISWAL, A. K. Application of high-intensity ultrasound to improve food processing efficiency: A review. **Foods**, v. 11, n. 1, p. 122, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods11010122>.

CHEMAT, F. et al. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 34, p. 540–560, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>.

CRUZ-CANSINO, N. et al. Effect of ultrasound on survival and growth of *Escherichia coli* in cactus pear juice during storage. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 2, p. 431–437, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.01.014>.

DESHPANDE, R.; WALSH, K. Applications of ultrasound in liquid food processing. **Food Science and Technology**, v. 56, n. 3, p. 1405–1415, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03619-7>.

DO ROSÁRIO, D. K. A. et al. Ultrasound improves chemical reduction of natural contaminant microbiota and *Salmonella enterica* subsp. *Enterica* on strawberries. **International Journal of Food Microbiology**, v. 241, p. 23–29, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.009>.

GARUD, S.; PITRE, V.; DATT, M. Effect of ultrasound on microbial decontamination of fresh fruits and vegetables. **Food Microbiology**, v. 62, p. 184–189, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.10.017>.

GOMES, N. R. et al. Impact of ultrasound treatment on viability of *Staphylococcus aureus* and the human milk antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 42, p. e40220, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/fst.40220>.

GUIMARÃES, J. T. et al. High-intensity ultrasound: A novel technology for the development of probiotic and prebiotic dairy products. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 57, p. 12–21, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.05.004>.

HOU, W. et al. Investigation on the inactivation effect and mechanism of *Listeria monocytogenes* in fresh-cut cucumber during storage by ultrasound combined with sodium hypochlorite. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 101, p. 106706, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106706>.

KERNOU, O.-N. et al. Inactivation of *Escherichia coli* in an Orange Juice Beverage by Combined Ultrasonic and Microwave Treatment. **Foods**, v. 12,



n. 3, p. 666, 2023. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/foods12030666>.

KHAIRE, P. A.; THORAT, B. N.; GOGATE, P. R. Applications of ultrasound for food preservation and disinfection: A critical review. **Environmental Technology & Innovation**, v. 26, p. 102290, 2022. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102290>. Acesso em: 28 maio 2025.

NUNES, B. V. et al. Microbiological Inactivation by Ultrasound in Liquid Products. **Food and Bioprocess Technology**, v. 15, n. 10, p. 2185–2209, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02818-z>.

PENNISI, L. et al. Antibacterial Effects of Thermo-sonication Technology on *Salmonella typhimurium* Strains Identified from Swine Food Chain: An In Vitro Study. **Foods**, v. 13, n. 20, p. 3259, 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/foods13203259>.

ROJAS, M. L.; KUBO, M. T. K.; CAETANO-SILVA, M. E.; AUGUSTO, P. E. D. Ultrasound processing of fruits and vegetables, structural modification and impact on nutrient and bioactive compounds: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, n. 9, p. 4376–4395, 2021. Disponível em:
<https://doi.org/10.1111/ijfs.15113>.

TÜRKEN, S.; ERGE, A. Inactivation of pathogenic bacteria in fruit juices by ultrasound: *Escherichia coli* and *Salmonella spp.* **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 43, p. 19–25, 2017. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.07.006>.

YUSOFF, I. M. et al. A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins. **Food Research International**, v. 157, p. 111268, 2022. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111268>.

ZHANG, C. et al. Encapsulation of *Lactobacillus plantarum* in W1/O/W2 double emulsions stabilized with the high-intensity ultrasound-treated pea protein and pectin. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 107, p. 106936, 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.106936>.