

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

KAIO DE OLIVEIRA

Efeito do ultrassom na extração de compostos fitoquímicos em frutas e hortalças

**Itaqui
2024**

KAIO DE OLIVEIRA

Efeito do uso de ultrassom na extração de compostos fitoquímicos em frutas e hortaliças

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof. Dra. Aline Tiecher

**Itaqui
2024**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

048e Oliveira, Kaio de
Efeito do ultrassom na extração de compostos
fitoquímicos em frutas e hortaliças / Kaio de Oliveira.
33 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)--
Universidade Federal do Pampa, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS, 2024.
"Orientação: Aline Tiecher".

1. Compostos bioativos. 2. Antioxidantes naturais. 3.
Extração assistida por ultrassom. 4. Potência. 5.
Frequência. I. Título.

KAIO DE OLIVEIRA

Efeito do uso de ultrassom na extração de compostos fitoquímicos em frutas e hortaliças

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 05 de julho de 2024.

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente

 **ALINE TIECHER**
Data: 12/07/2024 16:38:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Aline Tiecher

Unipampa

Documento assinado digitalmente

 **CAROLINE TUCHTENHAGEN ROCKEMBACH**
Data: 12/07/2024 20:00:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Caroline Tuchtenhagen Rockembach

Unipampa

Documento assinado digitalmente

 **FERNANDA FIORDA MELLO**
Data: 12/07/2024 20:40:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Fernanda Fiorda Mello

Unipampa

Dedico este trabalho a minha mãe,
Regina de Oliveira, sem o apoio dela eu
não teria conseguido chegar até essa
etapa da minha vida.

AGRADECIMENTO

À Profa. Dra. Aline por ter aceito ser minha orientadora, pela paciência e suporte que ela me proporcionou ao longo dos semestres para realização deste trabalho.

À minha mãe, que mesmo não estando presente e não entendendo sobre os assuntos, me apoiou e se interessou pelas atividades da minha vida acadêmica.

À minha família por parte de mãe, que na medida do possível é participativa e demonstra interesse no que eu estudo e me apoia com ensinamentos sobre a vida longe de casa.

Aos meus amigos e colegas de SP, que mesmo com a distância e a baixa frequência com que temos contato, eles nunca me esqueceram ou deixaram de lado.

E por último, mas não menos importante, a rapaziada que fiz amizade nesses anos de faculdade, vivemos bons momentos juntos e nunca esquecerei deles.

“Depois de viver um sonho, depois do precipício, depois entende que não é só isso”.

Nikito Labrae

RESUMO

Os compostos fitoquímicos, também denominados de compostos bioativos vegetais, pertencem a uma abundância de compostos que ocorrem naturalmente em plantas. Dentre as substâncias bioativas vegetais, podemos citar os carotenoides, os polifenóis, as antocianinas e a vitamina C, tendo propriedades antioxidantes e sendo eficazes contra o estresse oxidativo. Dentre as tecnologias recentes para extração desses compostos, podemos citar a extração assistida por ultrassom, que é uma das técnicas exploradas em laboratório e em escala industrial, devido a sua elevada eficácia na extração de compostos, baixo consumo de solventes, facilidade de uso, e seus baixos níveis de poluição ambiental. O estudo se trata de uma revisão sobre a extração de compostos bioativos pelo método de ultrassom em frutas e hortaliças, elaborada a partir de publicações científicas do ano de 2014 a 2024, utilizando uma combinação dos descritores ultrassom (*ultrasound*), compostos bioativos (*phytochemicals*), carotenoides (*carotenoids*), polifenóis (*polyphenols*), antocianinas (*anthocyanins*), frutas (*fruit*) e hortaliças (*vegetables*). Na literatura existem diversos trabalhos que abordam o uso do método de ultrassom na extração de compostos fitoquímicos em cascas e bagaço de frutas e hortaliças. Observou-se que a técnica de ultrassom no processo de extração de compostos bioativos deve considerar as especificidades das características de cada matriz alimentar, sendo o binômio tempo temperatura e o solvente fatores importantes na eficiência do processo. Nos trabalhos a potência mais utilizada foi de 10 W a 750 W e a frequência de 20 kHz a 40 kHz, sendo o etanol o solvente mais utilizado. Diante disso, concluiu-se que a extração assistida por ultrassom é uma técnica que proporciona redução no tempo de extração, menor quantidade de solvente utilizado, diminuição dos danos causados ao meio ambiente e rendimento de extração superior aos métodos convencionais.

Palavras-Chave: compostos bioativos; antioxidantes naturais; extração assistida por ultrassom; potência; frequência.

ABSTRACT

Phytochemical compounds, also referred to as plant bioactive compound, belong to an abundance of compounds that occur naturally in plants. Among the plant bioactive substances, we can mention carotenoids, polyphenols, anthocyanins and vitamin C, having antioxidant properties and being effective against oxidative stress. Among the latest technologies for extraction of these compounds, we can cite ultrasound-assisted extraction, which is one of the techniques exploited in the laboratory and on an industrial scale, due to its high efficiency in compound extracting, low solvent consumption, ease of use, and its low levels of environmental pollution. The study is a review on the extraction of bioactive compounds by the ultrasound method in fruits and vegetables, prepared from scientific publications from the year 2014 to 2024, using a combination of descriptors, ultrasounds, phytochemicals, carotenoids, polyphenols, anthocyanins, fruits and vegetables. In the literature there are several works that address the use of the ultrasound method in the extraction of phytochemical compounds in shells and bagage of fruits and vegetables. It was noted that the ultrasound technique in the process of extraction of bioactive compounds should consider the specifics of the characteristics of each food matrix, being the binomial time temperature and the solvent important factors in the efficiency of the process. In the work, the most used power was from 10 W to 750 W and the frequency from 20 kHz to 40 kHz, with ethanol being the most used solvent. In view of this, it was concluded that ultrasound-assisted extraction is a technique that provides reduction in extraction time, less amount of solvent used, decreased damage to the environment and higher extraction yield than conventional methods.

Keywords: bioactive compounds; natural antioxidants; ultrasound-assisted; extractio power; frequency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Exemplos de compostos bioativos vegetais.....	15
Figura 2 – Faixa de frequência das ondas sonoras.....	17
Figura 3 – Esquema representando o processo de extração assistida por ultrassom.....	18
Figura 4 – Métodos de ultrassom utilizados para extração de compostos bioativos vegetais.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos processos de extração de fitoquímicos, utilizando ultrassom em frutas e hortaliças	21
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

cm² – Centímetro Quadrado

s - segundos

min - minutos

mg - miligrama

g - gramas

°C - graus Celsius

LISTA DE SIGLAS

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

HIU - Ultrassom de Alta Intensidade

MRE - Erro Relativo Médio (%)

VRA - Porcentagem de Variação Explicada (%)

EAG - Ácido Gálico

TEAC - Atividade Antioxidante Equivalente ao Trolox

ABTS - Ácido 2,2'-azino-bis(3-Ethylbenzothiazoline-6-sulfônico)

DPPH - 2,2-difenil-1-picrylhydrazil

FRAP - Poder Antioxidante Redutor Férrico

IC⁵⁰ - Concentração Inibitória

SST - Sólido Solúveis Totais

FW - Peso Fresco

KHz - Kilohertz

MHz – Megahertz

W – Watt potência

v/v - Volume por Volume

W/L - Watt por Litro

UV-C - Radiação Ultravioleta-C

Kg - Quilograma

W/cm² - Watt por Centímetro Quadrado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

Os compostos fitoquímicos, também denominados de compostos bioativos vegetais, pertencem a uma grande quantidade de compostos que ocorrem naturalmente em plantas (Krolow; Teixeira; Vizzotto, 2010). Complementarmente a esse conceito a RDC n. °243, de 26 de julho de 2018, define que as substâncias bioativas são "nutriente ou não nutriente consumido normalmente como componente de um alimento, que possui ação metabólica ou fisiológica específica no organismo humano" (BRASIL, 2018).

Dentre as substâncias bioativas vegetais, podemos citar os carotenoides, os polifenóis, as antocianinas e a vitamina C (Figura 1). Elas ocorrem naturalmente em flores, frutos, caules e raízes, tendo propriedades antioxidantes e sendo eficazes contra o estresse oxidativo (Freitas, 2019; Lôbo; Menezes; Silva, 2020; Mesquita; Servulo; Teixeira, 2017; Puhl *et al.*, 2018).

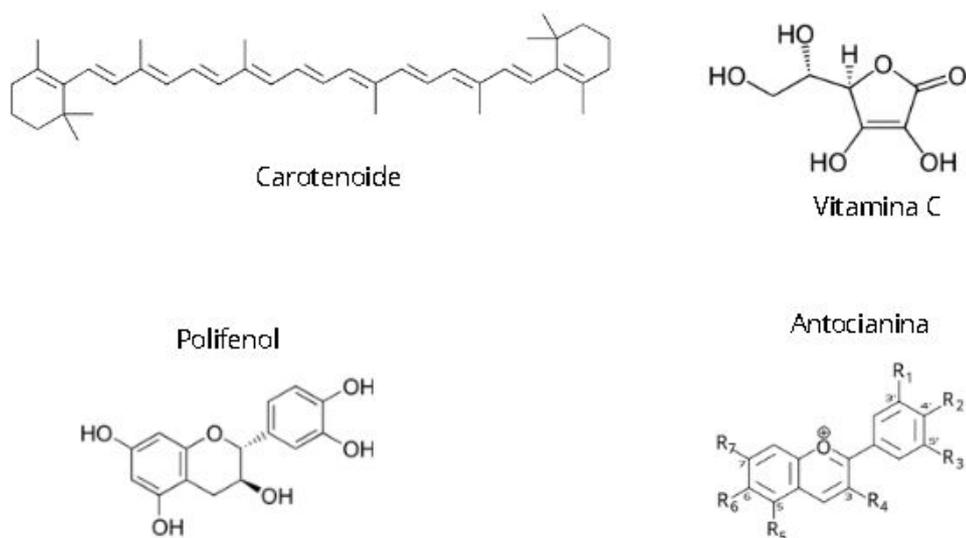


Figura 1 - Exemplos de compostos bioativos vegetais.

Fonte: Wikipedia.

Os vegetais, especialmente as frutas e hortaliças, são uma importante fonte de carboidratos, vitaminas, minerais e compostos bioativos. No entanto a composição química e fitoquímica varia dependendo da espécie, variedade e região de produção (Bomfim *et al.*, 2017; Franco *et al.*, 2019; Freire Junior, 2021; Torrezan, 2021). Além disso, vários fatores são responsáveis pela qualidade do extrato, como o método de extração, composição química do material vegetal, tamanho das partículas, solvente e concentração utilizados, o tempo e a temperatura de extração (Andreo; Jorge, 2006; Neves; Santos, 2019).

Um dos fatores mais importantes no processo de extração é o tipo de solvente utilizado para promover a remoção dos compostos de interesse da matriz vegetal. Para extrair compostos fenólicos de origem vegetal, por exemplo, os solventes alcoólicos são mais comumente utilizados. Misturas de solventes como álcool etílico e água são mais eficazes, porque a água aumenta a polaridade do solvente, permitindo a extração em níveis mais elevados de compostos bioativos (Gironi; Piemonte, 2011; Hussan *et al.*, 2012; Sultana *et al.*, 2007; Wijekoon *et al.*, 2011).

O etanol é feito pela fermentação de carboidratos e, industrialmente, a partir do etileno, possui um grupo (-OH) ligado a um átomo de carbono saturado, esse grupo é responsável por realizar pontes de hidrogênio com as moléculas de água, a grande solubilidade em água e os altos pontos de ebulição, podem ser atribuídos a formação dessas ligações (Allinger *et al.*, 1976; Atkins, 1991; Fryhle, Solomons, 2000).

Segundo Corrales *et al.* (2008), a extração por solvente é o método mais utilizado para a extração de substâncias vegetais, mas tecnologias emergentes como extração líquida pressurizada, extração com fluido supercrítico, extração por campos elétricos pulsados, extração por microondas e por ultrassom, têm sido utilizadas em procedimentos de pesquisa visando melhor eficiência econômica, ambiental, de segurança e qualidade dos produtos obtidos.

O processo de extração desempenha um papel importante no preparo de amostras, estudos experimentais e análises qualitativas de compostos. Tecnologias para recuperação desses compostos têm sido desenvolvidas nos últimos anos com o objetivo de reduzir o tempo de processamento, diminuir o uso de solventes orgânicos, além de aumentar a eficiência da extração, reduzindo assim o custo do processo e diminuindo o impacto ao meio ambiente (González-Centeno *et al.*, 2015; Huang *et al.*, 2013).

Dentre as tecnologias recentes podemos citar a extração assistida por ultrassom, que é uma das técnicas exploradas em laboratório e em escala industrial, devido à sua elevada eficácia na extração de compostos, baixo consumo de solventes, facilidade de uso, e seus baixos níveis de poluição ambiental (González-Centeno *et al.*, 2015; Tao *et al.*, 2014).

As ondas ultrassônicas são semelhantes as ondas sonoras, mas têm frequências acima de 16 kHz e não podem ser detectadas pelo ouvido humano, a

faixa de ultrassom pode ser classificada em duas subclasses: ultrassom diagnóstico de baixa intensidade (5-10 MHz) e ultrassom de alta intensidade (faixa de 20-100 kHz) (Figura. 2). O primeiro é utilizado como ferramenta analítica para inspeção não destrutiva, controle de processos e avaliação de qualidade. Por outro lado, o ultrassom de alta intensidade é usado para causar rompimento físico dos tecidos, criar emulsões, limpar equipamentos ou promover reações químicas, por exemplo, a reação de oxidação (Cheng *et al.*, 2015; Fellows, 2006; Prudencio, Verruck, 2018).

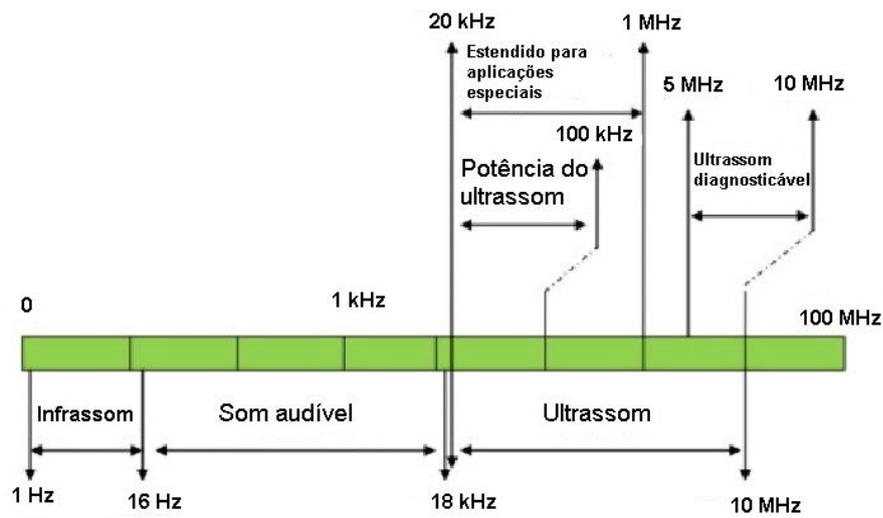


Figura 2 - Faixa de frequência das ondas sonoras.

Fonte: adaptado de Cheng *et al.* (2015).

Estudos relataram o uso do ultrassom para extrair fitoquímicos de matrizes vegetais. A extração assistida por ultrassom tem atraído a atenção como um método para ampliar o processo, permitindo que altas taxas de extração sejam alcançadas em prazos mais curtos. Sabe-se que a cavitação induzida por ultrassom produz uma série de efeitos nas matrizes vegetais, tais como: recirculação de líquido (agitação do solvente) no sistema e geração de turbulência que pode contribuir em parte para aumentar a transferência de massa (Chemat *et al.*, 2017; Jadhav *et al.*, 2009).

De acordo com Corbin *et al.* (2015), as cavidades acústicas criadas pelo ultrassom facilitam a penetração de solventes nas paredes celulares da matriz vegetal, permitindo a liberação eficiente de substâncias intracelulares e a mistura da solução. O solvente aumentará a área de contato entre ele e os compostos alvos, permitindo maior penetração na matriz da amostra (Figura 3). Pelas razões mencionadas acima, o processo de extração assistida por ultrassom tem muitas vantagens, como encurtar o tempo de extração, reduzir o consumo de solvente, e a extração em temperaturas mais baixas pode evitar danos térmicos ao extrato e

minimizar a perda de compostos ativos. A obtenção de maiores concentrações de compostos fitoquímicos na extração assistida por ultrassom é reportada em alguns trabalhos (Boeira *et al.*, 2018; Gomes *et al.*, 2021; González-Centeno *et al.*, 2015; Khan *et al.*, 2010; Lu *et al.*, 2020; Neves *et al.*, 2019; Piovesan., 2016).

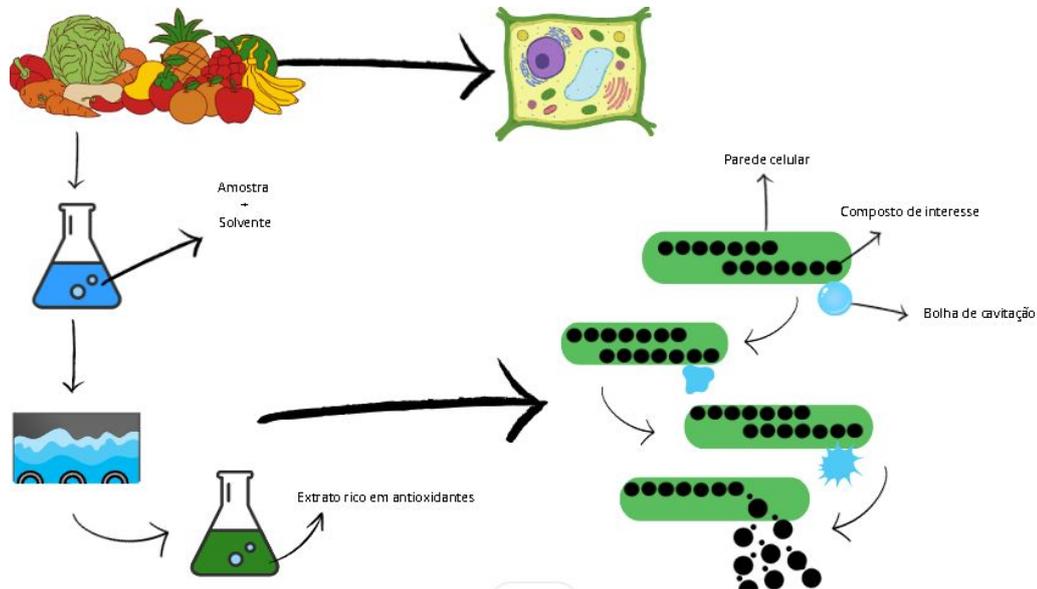


Figura 3 – Esquema representando o processo de extração assistida por ultrassom.

Fonte: O autor, 2024.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi elaborar uma revisão bibliográfica destacando a extração de compostos bioativos pelo método de ultrassom em frutas e hortaliças.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão bibliográfica, que consiste na pesquisa de literatura relacionada à temática abordada, nas bases de dados do Google Acadêmico, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e periódicos CAPES no período compreendido entre 2014 e 2024, publicados em inglês e português. O critério para seleção e utilização dos artigos foram a utilização do método de ultrassom na extração de compostos bioativos em frutas e hortaliças, cultivadas dentro ou fora do país, utilizando como descritores: ultrassom (*ultrasound*), compostos bioativos (*phytochemicals*), carotenoides (*carotenoids*), polifenóis (*polyphenols*), antocianinas (*anthocyanins*), frutas (*fruit*) e hortaliças (*vegetables*).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 estão apresentados alguns estudos que tratam do conteúdo relativo ao objetivo do trabalho.

Lima *et al.* (2018), verificaram que o banho ultrassônico contribuiu para o aumento da concentração de compostos fenólicos totais extraídos do bagaço de noni (*Morinda citrifolia* Linn), reduzindo significativamente o tempo de processamento, sem sofrer interferência das variáveis apresentadas no estudo, como por exemplo, pH e tempo.

A respeito da eficiência do método de extração assistida por ultrassom no extrato lipídico de bagaço de oliva liofilizado, verificou-se que a proporção bagaço liofilizado:solvente de 1:2, durante 60 minutos de contato a 30 °C foi a condição ótima de trabalho para a extração de compostos fenólicos (130,62 mg EAG/100 g) e 95,52% de inibição do radical DPPH, na proporção bagaço liofilizado:solvente de 1:2, durante 60 minutos de contato a 60 °C (Dias, 2022).

González-Centeno *et al.* (2015), avaliando os efeitos da aplicação de ultrassom na extração aquosa de compostos fenólicos e na determinação da capacidade antioxidante de bagaço de uva (*Vitis vinífera* L.), verificaram que a aplicação do ultrassom aumentou a eficiência e/ou rendimento do processo de extração em comparação ao processo convencional. Como esperado, o aumento da temperatura teve efeito positivo na extração do conteúdo fenólico total e na capacidade antioxidante, medida pelos métodos ABTS e FRAP, com os maiores valores registrados para a extração assistida por ultrassom. Conforme também observado, o método de ultrassom exigiu tempos de extração mais curtos e temperaturas operacionais mais baixas para obter extratos com propriedades fenólicas e antioxidantes semelhantes aos resultados de extração convencional. Especificamente, a extração convencional de compostos fenólicos totais a 35 °C e 50 °C não deferiu significativamente da extração assistida por ultrassom a 20 °C e 35 °C respectivamente. Além disso, o processo de extração assistida por ultrassom exigiu 3, 4 e 8 vezes menos tempo, a 20 °C, 35 °C e 50 °C, do que a extração convencional para obter extratos com características semelhantes.

Meregalli *et al.* (2020), na extração assistida por ultrassom, verificaram que a técnica proporcionou o aumento do rendimento na extração de compostos bioativos da casca do araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) em 12% e redução do

tempo de extração em 25%. A eficiência de extração do ultrassom foi significativamente maior, sendo 23,45% superior para compostos fenólicos totais e 12% maior para flavonoides, quando comparado com a metodologia convencional.

Gomes *et al.* (2021), avaliando a extração de compostos bioativos por meio da aplicação de ultrassom em casca de bocaiuva (*Acrocomia aculeata*), em diferentes tempos de extração, verificaram que os extratos obtidos pela exposição ao ultrassom durante 45 minutos apresentaram maior quantidade de compostos fenólicos (5,46 mg EAG/g) e, conseqüentemente, atividades antioxidantes de 83,89 mg TEAC/g e 99,24 mg TEAC/g pelos métodos ABTS e DPPH, respectivamente. Além disso, a extração por ultrassom foi efetiva, pois reduziu o tempo de extração para 15 minutos, quando comparado a outras técnicas relatadas na literatura.

A potência do ultrassom de 130 W, modo pulsado de extração e solvente 60% se mostraram eficazes na extração de flavonoides totais, antocianinas totais, atividade antioxidante pelo método FRAP e β -caroteno em casca de cebola roxa (*Allium cepa L.*). Para fenólicos totais, o recomendado é 60% de solvente, potência 130 W e modo contínuo. Já a atividade antioxidante pelo método DPPH foi influenciada pelo solvente 60%, e a atividade antioxidante pelo método ABTS foi maior com solvente 80%, modo pulsado e 130 W (Viera *et al.*, 2016).

Comparado ao método de extração convencional e o método de extração por banho ultrassônico, Neves *et al.* (2019) observaram que a aplicação do ultrassom não acarretou maiores rendimentos de extração de antocianinas da casca de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba Berg.*). Inclusive, dependendo da combinação de maior tempo, concentração e temperatura, o método convencional obteve maiores valores quando comparado a extração utilizando banho ultrassônico. Segundo os autores, isso pode ser explicado pelo fato de que radicais livres, alta pressão e temperatura formadas pela cavitação podem degradar as antocianinas.

Silva *et al.* (2016), avaliando a aplicação do método de extração por ultrassom em casca de frutos de lichia (*Litchi chinensis Sonn.*), verificaram que o ultrassom aumentou a capacidade de extração de compostos fenólicos em 26% e da capacidade antioxidante pelo método de redução do ferro (FRAP) em 52%.

Tabela 1 – Características dos processos de extração de fitoquímicos, utilizando ultrassom, em frutas e hortaliças.

Vegetal	Características do processo	Principais resultados	Autoria
Bagaço de noni	Banho ultrassônico, 1:4 de amostra e solvente (etanol), frequência de 40 kHz, nos tempos de 15, 30, 45 minutos e 2, 4 e 6 horas.	Independentemente das condições operacionais, pH, tempo em horas ou em minutos, o método de extração assistida por ultrassom dobrou a quantidade de compostos fenólicos totais extraídos da amostra.	Lima, I. A. S. I. <i>et al.</i> , 2018.
Bagaço de oliva	Banho ultrassônico na frequência 40 kHz e potência de 154 W em etanol na proporção de 1:2 a 1:8 (bagaço:solvente), tempo de 30 a 60 minutos e temperatura de extração 30 °C a 60 °C.	O ultrassom como método de extração demonstrou resultados positivos na extração e preservação da atividade antioxidante do extrato lipídico do bagaço de oliva.	Dias, C. S., 2022.
Bagaço de uva	Água como solvente, temperatura (20 ± 2° C, 35 ± 3 °C e 50 ± 4 °C), frequência acústica 55 ± 5 kHz, 435 ± 5 W/L de densidade de potência acústica, 22,9 ± 0,1 W/cm ² de intensidade ultrassônica e ciclos de 0,5 s.	A aplicação de ultrassom melhorou a eficiência e/ou rendimento do processo de extração do teor de compostos fenólicos totais e da capacidade antioxidante.	González-Centeno, M. R. <i>et al.</i> , 2015.
Casca de araçá vermelho	Banho ultrassônico a 40 °C, frequência de 40 kHz e potência de 154 W, sem agitação, solvente etanol 90% por 2 horas.	A extração assistida por ultrassom teve rendimento maior com menor tempo de extração de compostos fenólicos totais e flavonoides.	Meregalli, M. M. <i>et al.</i> , 2020.
Casca de	Banho ultrassônico utilizando solvente etanol (50%) na	O tempo ideal para a extração de	Gomes, B.

bocaiuva	proporção 1:40, com temperatura controlada de 25 °C e frequência de 40 kHz e tempo de extração de 15 a 60 minutos.	compostos fenólicos e para proporcionar maior capacidade antioxidante da casca de bocaiuva por meio do ultrassom em 45 minutos.	M. <i>et al.</i> , 2021.
Casca de cebola roxa	Solvente álcool de cereais em diferentes concentrações (20, 40, 60 e 80% v/v), na proporção 1:20 (m/v), em ultrassom em frequência de 20 kHz, potência (130 e 750 W), com modo contínuo e pulsado durante 20 minutos à temperatura de 25 ± 2 °C.	A aplicação do ultrassom na extração em potência 130 W, modo pulsado de extração e solvente 60%, favoreceu a extração de flavonoides totais, antocianinas totais e na atividade antioxidante.	Viera, V. B. <i>et al.</i> , 2016.
Casca de jabuticaba	Banho ultrassônico na frequência de 40 kHz, a 20 °C e 40 °C, com tempo de 1 e 2 horas e diferentes concentrações de solvente (1:5 e 1:10), utilizando etanol acidificado.	O emprego de ultrassom não acarretou maiores rendimentos na extração de antocianinas.	Neves, L. S. da S.; Santos, R. P. dos., 2019.
Casca de lichia	Extração realizada em banho de ultrassom com contato indireto, com frequência de 40 kHz, potência de 132 W, utilizando temperatura de 60 °C, solução com 70% de etanol, durante 30 minutos.	Verificou-se que o processo assistido por ultrassom favorece a extração de compostos bioativos.	Silva, C. <i>et al.</i> , 2016.
Casca de manga	Banho de ultrassom com frequência de 40 kHz e potência de 123 W nas temperaturas de 40 °C, 50 °C e 60 °C, por 30, 40 e 50 minutos e concentração de álcool	A utilização do ultrassom na extração de compostos fenólicos da casca de manga apresentou resultados positivos em todas	Guerra, A. P. <i>et al.</i> , 2016.

	etílico de 30%, 50%, e 70%.	as variáveis avaliadas.	
Chicória e cariru	Ultrassom de ponteira, utilizando etanol 70 %, frequência de 20 kHz, temperatura de 20 °C e tempo de 10 minutos.	A utilização do ultrassom em ambos os extratos apresentou uma alta concentração de compostos bioativos e capacidade antioxidante.	Filho, A. F. S. <i>et al.</i> , 2021.
Fisális	Banho ultrassônico com frequência de 40 kHz e potência de 154 W, durante 120 minutos.	A extração assistida por ultrassom demonstrou resultados positivos na extração de compostos fenólicos e ácidos fenólicos.	Carniel, N. <i>et al.</i> , 2018.
Gengibre	Banho ultrassônico em etanol 99%, com frequência de 40 kHz, por 60 minutos em temperaturas de 30,90 °C, 35 °C, 45 °C, 55 °C e 59,10 °C, com potências de 10 W, 21,63 W, 50 W, 78,37 W e 90 W.	A maior atividade antioxidante verificada foi na temperatura de 45 °C com potência de 66 W.	Denti, A. F. <i>et al.</i> , 2023.
Fruta da juçara e mirtilo	Banho ultrassônico a 40 kHz em temperatura de 40 °C (± 5 °C), tempo de 20 minutos, solução etanol:água 70% (v/v) e ácido clorídrico (pH $2 \pm 0,1$).	O ultrassom na extração de compostos fenólicos se mostrou mais eficiente, com menor tempo de processamento e baixas quantidades de solvente.	Rocha, J. C. G. <i>et al.</i> , 2017.
Marcela	Banho ultrassônico na frequência de 40 kHz nas temperaturas de 20 °C, 40 °C e 60 °C, utilizando álcool de cereais 70%, concentração 1:10, com tempo de extração de 20 minutos.	A extração assistida por ultrassom foi eficiente em obter extratos de marcela ricos em bioativos compostos com alta atividade antioxidante.	Boeira, C. P. <i>et al.</i> , 2018.
Mirtilo	Extratos de mirtilo com solvente hidroetanólico (1:10	O ultrassom proporcionou melhores	Piovesan,

	m/v), com concentrações de 60% e 80%, imersos em banho de ultrassom operando em frequência de 25 kHz a 30 °C, com potência de 80 W, 220 W e 550 W e tempo de extração de 20, 60 e 120 minutos.	condições de extração de compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas utilizando 60% de solvente, 20 minutos e 80 W de potência.	N., 2016.
Tomate cereja	Banho ultrassônico utilizando etanol como solvente tendo concentrações de 1:10, 1:20 e 1:30, potência de 400 W com frequência de 20 kHz, temperatura de 20°C com tempo de extração de 4, 8 e 12 minutos.	A extração assistida por ultrassom auxiliou na liberação dos compostos bioativos da matriz do tomate.	Lima, A. R. <i>et al.</i> , 2019.

Fonte: O autor, 2024.

As condições ideais para extração de compostos fenólicos da casca de manga (*Mangifera indica* L.) por ultrassom foram temperatura de 60 °C, tempo de 60 minutos e concentração de solvente de 50%. A extração de compostos fenólicos por ultrassom foi considerada mais eficaz em comparação à extração convencional, pois uma maior quantidade de compostos fenólicos foi extraída após 60 minutos. (Guerra *et al.*, 2016).

De acordo com autores, as cascas e o bagaço de frutas e hortaliças são considerados fontes de compostos bioativos, contribuindo na redução de resíduos agroindustriais. Além disso, a utilização de ultrassom pode auxiliar na maior extração destes compostos (Guerra *et al.*, 2016; Meregalli *et al.*, 2020; Viera *et al.*, 2016) para fins alimentícios e/ou farmacêuticos, representando uma alternativa aos aditivos alimentares, no desenvolvimento de alimentos, alimentos funcionais, cosméticos e medicamentos.

Santos filho *et al.* (2021), na avaliação da extração assistida por ultrassom na extração de compostos bioativos e capacidade antioxidante dos vegetais chicória (*Eryngium foetidum* L.) e cariru (*Talinum triangulare*), verificaram que em um curto período de processamento (10 minutos), obteve-se um extrato rico em fitoquímicos. Além disso, foram obtidos rendimentos superiores em comparação com os relatados na literatura.

Carniel *et al.* (2018), verificaram que a extração ultrassônica otimizada resultou em um aumento de cerca de 1,48 em relação à extração convencional em fisális (*Physalis angulaya*). Em tomates cerejas (*Lycopersicon esculentum*), submetidos à radiação UV-C, a extração assistida por ultrassom de alta intensidade contribuiu na extração dos compostos bioativos (Lima *et al.*, 2019).

Denti *et al.* (2023), avaliando o método de ultrassom obteve bons resultados na extração de compostos bioativos do gengibre (*Zingiber officinale*), mesmo com variação de temperatura e potência o processo se mostrou eficiente, podendo o processamento ser realizado com baixas temperaturas para a obtenção dos compostos desejados, sem a degradação dos mesmos.

Rocha *et al.* (2017), a extração assistida por ultrassom extraiu compostos fenólicos dos frutos de juçara (*Euterpe edulis* M.) e mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) de forma mais eficiente, devido à extração rápida, maiores rendimentos alcançados com um tempo menor e menores valores de solvente.

A extração por ultrassom foi eficiente na obtenção de extratos ricos em compostos bioativos com alta taxa antioxidante a partir das inflorescências de marcela (*Achyrocline satureioides*). Uma maior quantidade de compostos foi extraída a temperatura de 60 °C. A planta também apresentou atividade antimicrobiana contra cepas de *Salmonella sp.*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, sendo considerada uma matriz promissora de extratos naturais como antioxidantes. (Boeira *et al*, 2018).

Piovesan (2016), avaliando a influência de diferentes parâmetros na extração assistida por ultrassom de compostos bioativos de mirtilo (*Vaccinium ashei Reade*), concluíram que as melhores condições de extração para compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas foi utilizando 60% de solvente, 20 minutos e 80 W de potência. Para a atividade antioxidante pelo método DPPH e para β -caroteno, apenas o parâmetro tempo de extração foi diferente, sendo 20 minutos. A potência foi o parâmetro que teve variação no método FRAP sendo o ideal de 220 W. Os resultados obtidos mostram que o ultrassom é eficiente para a obtenção de extratos ricos em antioxidantes naturais.

Complementarmente, estudos tem verificado o efeito do ultrassom como “pré-tratamento”. Melões desidratados, pré-tratados com uma combinação de ultrassom e vácuo apresentaram menor perda de carotenoides totais, textura mais macia e melhor preservação da cor. A avaliação sensorial mostrou que as amostras pré-tratadas tiveram boa aceitação. Este resultado pode ser importante para fornecer informações para o desenvolvimento de novas condições de pré-tratamento antes da secagem de frutas que sejam adequadas para situações industriais, sendo uma alternativa à secagem tradicional (Silva *et al*, 2016).

Gani *et al.* (2016), avaliando o efeito do ultrassom, com frequência de 33 kHz e potência de 60 W, por tempos de 0, 10, 20, 30, 40 e 60 minutos, em morangos recém-colhidos, verificaram que o ultrassom permitiu melhor preservação de parâmetros físico-químicos como sólidos solúveis totais, acidez titulável, pH e cor da amostra durante o armazenamento. O método não só preservou a firmeza dos frutos, como também aumentou a atividade antioxidante e reduziu a carga microbiana. Assim, os autores concluíram que o ultrassom pode ser usado como uma técnica de processamento mínimo para prolongar a vida útil de frutas perecíveis e torná-las aceitáveis para os consumidores.

Lu *et al.* (2020), avaliando a aplicação do tratamento do ultrassom de alta intensidade em frutos de tomate verificaram que o tratamento melhorou efetivamente o teor de compostos bioativos (compostos fenólicos totais, licopeno, carotenoides e ácido ascórbico) e da atividade antioxidante. Segundo os autores, o tratamento com ultrassom, com frequência de 25 kHz e potência acústica de 26 W/L, aplicada em tomates maduros submersos em tanque de água por 1 a 4 minutos, seguido de armazenamento em temperatura ambiente por até 48 horas, promoveu o acúmulo de compostos bioativos como resposta ao estresse abiótico.

Diante desses resultados observa-se que a técnica de ultrassom no processo de extração de compostos bioativos deve considerar as especificidades das características de cada matriz alimentar. Outro fator importante é o solvente, comumente utilizados compostos da família dos álcoois e água, sendo que o etanol é o mais utilizado, se mostrando eficiente e mais seguro devido à baixa toxicidade e polaridade. O banho ultrassônico foi o método mais utilizado e consiste em um tanque com um ou mais transdutores ultrassônicos que operam a uma frequência em torno de 20 kHz a 40 kHz, potência de 10 W a 750 W e com controle de temperatura entre 20 °C a 60 °C, com o tempo de processamento variando entre 15 minutos a 2 horas. Já o ultrassom de ponteira (probe), que foi utilizado em dois trabalhos, é equipado com uma sonda ou ponteira de ultrassom que atua como um transformador, aumentando a amplitude das vibrações produzidas pelo conversor, com frequência de 20 kHz, potência de 130 W a 750 W, com a temperatura variando entre 20 °C e 25 ± 2 °C, e o tempo de processamento variando entre 10 a 20 minutos. A Figura 4, apresenta um esquema dos métodos utilizados nos trabalhos pesquisados.

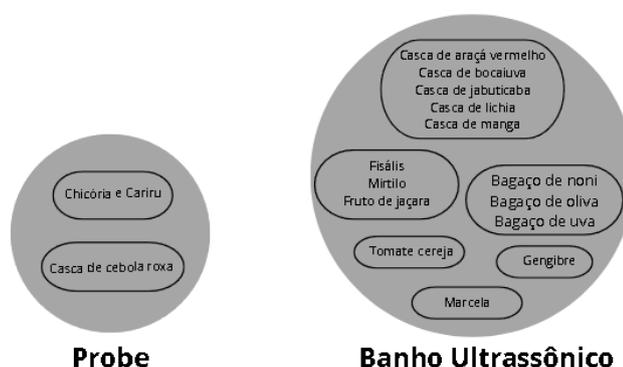


Figura 4 – Métodos de ultrassom utilizados para extração de compostos bioativos vegetais.

Fonte: O autor, 2024.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a extração assistida por ultrassom é uma técnica que proporciona redução no tempo de extração, menor quantidade de solvente utilizado, diminuindo os danos causados ao meio ambiente durante seu processo, rendimento superior aos métodos convencionais, pois atua diretamente na célula vegetal para liberar metabólitos, devido a sonicação causada pela frequência das ondas sonoras. O banho ultrassônico foi o método aplicado na extração de compostos bioativos, operando a uma frequência em torno de 20 kHz a 40 kHz e potência de 10 a 750 W.

Além disso, as cascas e o bagaço de frutas e hortaliças são resíduos com grande potencial devido à presença de compostos bioativos que possuem propriedades antioxidantes, ricos em compostos fitoquímicos devido à própria composição da matriz alvo.

REFERÊNCIAS

- ALLINGER, N. L. et al. **Organic Chemistry**. New York: Worth Publishers, Inc. 1976.
- ANDREO, D.; JORGE, N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **Boletim do CEPPA**. v. 24, n. 2, p. 319-336, 2006.
- ATKINS, P. W. **Molecules**. New York: W. H. Freeman and Company, 1991.
- BOEIRA, C. P.; PIOVESAN, N.; SOQUETTA, M. B.; FLORES, D. C. B.; LUCAS, B. N.; BARIN, J. S.; ROSA, C. S.; TERRA, N. N. Ultrasonic assisted extraction to obtain bioactive, antioxidante and antimicrobial compounds from marcela. **Ciência Rural**, v. 48, n. 06, p. 1-6, 2018. DOI: 10.1590/0103-8478cr20170772.
- BOMFIM, M. P.; LIMA, G. P. P.; VIANELO, F.; JOSÉ, A. R. S. Caracterização dos compostos bioativos em frutas e hortaliças adquiridas no comércio de Padova-Itália. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 18, n. 2, 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. RDC nº243, de 26 de julho de 2018. Dispões sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ed.144, p.100, 27 jul. 2018.
- CARNIEL, N.; DALLAGO, R. M.; BILIBIO, D.; NUNES, A. L.; BENDER, J. P.; PRIAMO, W. L. The effects of ultrasound-assisted extraction on polyphenolics compounds obtained from *Physalis angulata* using response surface approach, **Acta Scientiarum Technology**, v. 40, 2018. DOI:10.4025/actascitechnol.v40i1.35530.
- CHEMAT, F.; RAMBAUT, N.; SICAIRE, A. G.; MEULLEMIESTRE, A.; FABIANO-TIXIER, A. S. ALBERT-VIAN, M. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 34, p. 540-560, 2017. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.06.035.
- CHENG, X.; ZHANG, M.; XU, B.; ADHIKARI, B.; SUN, J. The principles of ultrasound and its application in freezing related processes of food materials: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 27, p. 576-585, 2015. DOI:10.1016/j.ultsonch.2015.04.015.
- CORBIN, C.; FIDEL, T.; LECLERC, E. A; BARAKZOY, E.; SAGOT, N.; FALGUIÉRES, A.; RENOARD, S.; BLONDEAU, J. P.; FERROUD, C.; DOUSSOT, J.; LAINÉ, E.; HANO, C. Development and validation of an efficient ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from flax (*Linum usitatissimum* L.) seeds. **Ultrason Sonochem**, v. 26, p. 176-185, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.02.008>.
- CORRALES, M.; TOEPFL, S.; BUTZ, P.; KNORR, D.; TAUSCHER, B. Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: a comparison. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 9, n. 1, p. 85-91, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.06.002>.

DIAS, C. S. **Estudo da vida útil do azeite extravirgem e da extração por ultrassom de extrato lipídico de bagaço de oliva**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, 2022.

DENTI, A. F.; VANZ, J. B.; SCHENKEL, C.; PUTON, B. M. S.; BERNARDI, J. L.; GONÇALVES, S. F. K.; CANSIAN, R. L.; PAROUL, N. Efeito do ultrassom e da temperatura no rendimento de extração e na atividade antioxidante do gengibre (*Zingiber officinale*). **Revista Perspectiva**, v. 47, n. 177, p. 37-50, 2023. DOI:10.31512/persp.v.47.n.177.2023.295.p.37-50.

FELLOWS, P. J. et al. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FREITAS, Victor. O mundo colorido das antocianinas. **Revista de Ciência Elementar**, v. 7, n. 2, p. 1-6, 2019. DOI: 10.24927/rce2019.017.

FRANCO, J. M. A.; LUDWIG, D.; KLAIC, É.; SCHAEGLER, M. R.; SEVERO, J.; OLIVEIRA, M. S. Estudos de nutrigenética e nutrigenômica e as relações com frutas e hortaliças. **Boletim Técnico-Científico**, v. 5, n. 2, p. 27-42, 2019. DOI: 10.26669/2359-2664.2019.230.

FREIRE JUNIOR, M. **Hortaliças**. Embrapa Agroindústria de Alimentos. 2021 Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/grupos-de-alimentos/hortaliças> >. Acesso em: 12 out. 2023.

GANI, A.; BABA, W. N.; AHMAD, M.; SHAN, U.; KHAN, A. A.; WANI, I. A.; MASOODI, F. A. Effect of ultrasound treatment on physico-chemical, nutraceutical and microbial quality of strawberry. **Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie**, v. 66, p. 496-502, 2016. DOI:10.1016/j.lwt.2015.10.067.

GIRONI, F.; PIEMONTE, V. Temperature and solvent effects on polyphenol extraction process from chestnut tree wood. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 89, n. 7, p. 857-862, 2011. DOI: [10.1016/j.cherd.2010.11.003](https://doi.org/10.1016/j.cherd.2010.11.003).

GOMES, B. M.; SANTOS, L. G. DOS.; SILVA, G. F.; MARTINS, V. G. Extração assistida por ultrassom de compostos fenólicos da casca de bocaiuva (*Acrocomia Aculeata*). **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 11, n. 2, p. 995-999, 2021. DOI: 10.18378/REBAGRO.V12I2.8776.

GONZÁLEZ-CENTENO M.R.; COMAS-SERRA, F.; FEMENIA, A.; ROSSELLÓ, C.; SIMAL, S. Effect of power ultrasound application on aqueous extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity from grape pomace (*Vitis vinifera* L.): **Experimental kinetics and modeling, Ultrasonics Sonochemistry**, v. 22, p. 506-514, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.05.027>.

GUERRA, A. P.; GARCIA, V. A. DOS S.; SILVA, C. D. Otimização da extração de compostos fenólicos da casca de manga (*Tommy Atkins*) utilizando processo

assistido por ultrassom. **E-xacta**, v. 9, n. 1, p. 103-110, 2016.
DOI:10.18674/exacta.v9i1.1783.

HUANG, H., HSU, C., YANG, B. B., WANG, C. Advances in the extraction of natural ingredients by high pressure extraction technology. **Trends in Food Science & Technology**, v. 33, n. 1, p. 54-62, 2013. DOI:10.1016/j.tifs.2013.07.001

HUSSAIN, A. I.; CHATHA, S. A. S.; NOOR, S.; KHAN, Z. A.; ARSHAD, M. U.; RATHORE, H. A.; SATTAR, M. Z. A. Effect of Extraction Techniques and Solvent Systems on the Extraction of Antioxidant Components from Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Hulls. **Food Analytical Methods**, v. 5, n. 4, p. 890-896, 2012.
DOI:10.1007/s12161-011-9325-y.

JADHAV, D.; REKHA, B. N.; GOGATE, P.R.; RATHOD, V. K. Extraction of vanillin from vanilla pods: A comparasion study of conventional soxhlet and ultrasound assisted extraction. **Journal of Food Engineering**, v. 93, p. 421-426, 2009.
DOI:10.1016/j.jfoodeng.2009.02.007.

KHAN, M. K.; ABERT-VIAN, M.; FABIANO-TIXER, A. S.; DANGLES, O.; CHEMAT, F. Ultrassond-assisted extraction of polyphenols (*flavonone glycosides*) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel. **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 851-858, 2010.

LIMA, A. R.; CRISTOFOLI, N. L.; VENERAL, J. G.; FRITZ, A. R. M.; VIEIRA, M. C. Optimization Conditions of UV-C Radiation Combined with Ultrasound-Assisted Extraction of Cherry Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Lycopene Extract. **International Journal of Food Studies**, v.8, p. 65–80, 2019. DOI: 10.7455/ijfs/8.2.2019.a7.

LIMA, I. A. S. I.; RIBEIRO, I. A.; NERIS, T. S.; SILVA, S. S.; LOSS, R. A.; GUEDES, S. F. Extração de compostos fenólicos do noni (*Morinda citrifolia* Linn) empregando energia ultrassônica. **Scientia Plena**, v.4, n.4,2018.
DOI:10.14808/sci.plena.2018.041501

LÔBO, G. B. dos S.; SILVA, A. V da; MENEZES, G. B. L. Polifenóis dietéticos e função endotelial em adultos sem diagnóstico de doenças: uma revisão sistemática de ensaios randomizados. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 85320-85346, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n11-085.

LU, C., DING, J., PARK, H. K., & FENG, H. High intensity ultrasound as a physical elicitor affects secondary metabolites and antioxidant capacity of tomato fruits. **Food Control**, v. 113, p. 107-176. 2020. DOI:10.1016/j.foodcont.2020.107176.

MEREGALLI, M. M.; PUTON, B. M. S.; CAMERA, F. D. M.; AMARAL, A. U.; ZENI, J.; CANSIAN, R. L.; MIGNONI, M. L.; BACKES, G. T.; Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine). **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, p. 5800-5809, 2020.
DOI:10.1016/j.arabjc.2020.04.017.

MESQUITA, S. da S.; TEIXEIRA, C. M. L. L.; SERVULO, E. F. C. Carotenoides: propriedades, aplicações e mercado. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 2, p. 672-688, 2017. DOI:10.21577/1984-6835.20170040.

NEVES, L. S. da S.; SANTOS, R. P. dos. **Extração de antocianinas da casca de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg.) assistida por ultrassom**. 2019. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Inhumas, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/227/1/tcc%20%20LAYLLA%20E%20RODRIGO.pdf>. Acesso em: 5 out. 2023.

PIOVESAN, N. **Influência de diferentes parâmetros em métodos de extração de compostos bioativos de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) e atividade antioxidante e antimicrobiana**. 2016. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

PUHL. *et al.* A importância do ácido ascórbico no combate ao envelhecimento. **Revista Saúde Integrada**, v. 11, n. 22, p. 47-58, 2018.

ROCHA, J. C. G.; PROCÓPIO, F. R.; MENONÇA, A. C.; VIEIRA, L. M.; PERRONE, Í. T.; BARROS, F. A. R.; STRINGHETA, P. C. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from jussara (*Euterpe edulis* M.) and blueberry (*Vaccinium myrtillus*) fruits. **Food Science and Technology**, v.38, p. 45-53, 2017. DOI:10.1590/1678-457X.36316.

SANTOS FILHO, A. F.; SILVA, D. A.; SILVA, L. H. M.; RODRIGUES, A. M. C. Avaliação da extração assistida por ultrassom de compostos bioativos das folhas de chicória (*Eryngium foetidum* L.) e cariru (*Talinum triangulare* Jacq. Wild). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 118256-118270, 2021. DOI:10.34117/bjdv7n12-539.

SILVA, C. DA; GARCIA, V. A. DOS S.; FRANCISCATO, L. M. S. DOS S. Extração assistida por ultrassom de compostos bioativos das cascas de lichia (*Litchi Chinensis* Sonn.). **Ciências Exatas e Naturais**, v. 18, p. 81–96, 2016. DOI: 10.5935/RECEN.2016.01.07.

SILVA, G. D., BARROS, Z. M. P., MEDEIROS, R. A. B., CARVALHO, C. B. O., RUPERT BRANDÃO, S. C., & AZOUBEL, P. M. Pretreatments for melon drying implementing ultrasound and vacuum. **Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie**, 74, p. 114-119, 2016. DOI:10.1016/j.lwt.2016.07.039.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Organic Chemistry**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2000.

SULTANA, B.; ANWAR, F.; PRZYBYLSKI, R. Antioxidant activity of phenolic components present in barks of *Azadirachta indica*, *Terminalia arjuna*, *Acacia nilotica*, and *Eugenia jambolana* Lam. trees. **Food Chemistry**, v.104, n.3, p.1106-1114, 2007. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.01.019.

TAO, Y., WU, D., ZHANG, Q.A., SUN, D.W. Ultrasound-assisted extraction of phenolics from wine lees: Modeling, optimization and stability of extracts during storage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 21, n. 2, p. 706-715, 2014. ISSN 1350-4177; 1873-2828. DOI:[10.1016/j.ultsonch.2013.09.005](https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.09.005).

TORREZAN, R. **Frutas**. Embrapa Agroindústria de Alimentos. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/grupos-de-alimentos/frutas>>. Acesso em: 12 out. 2023.

VERRUCK, S.; PRUDENCIO, E. S. **Ultrassom na indústria de alimentos: Aplicações no processamento e conservação**. Ponta Grossa (PR), 2018. DOI: 10.22533/at.ed.314181009.

VIERA, V. B. **Compostos bioativos, atividade antioxidante e antimicrobiana na casca de cebola roxa (*Allium cepa* L.) submetidos a diferentes métodos de extração**. 2016. Tese (Doutorado Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; TEIXEIRA, F. C. **Alimentos funcionais: conceitos básicos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010.

WIJEKOON, M. M. J. O.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Effect of extraction solvents on the phenolic compounds and antioxidant activities of bunga kantan (*Etilingera elatior* Jack.) inflorescence. **Journal of Food Composition and analysis**, v. 24, n. 4-5, p. 615-619, 2011. DOI: [10.1016/j.jfca.2010.09.018](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.09.018).