22

Atividade antioxidante e a extração por ultrassom: uma revisão

Vinícius Tadeu da Veia Correia
UFMG

Ana Luiza Coeli Cruz Ramos
UFMG

Camila Argenta Fante
UFMG

10.37885/220308037

RESUMO

Há uma infinidade de produtos vegetais subexplorados, com potencial interesse para a agroindústria e também para o consumidor, uma vez que estes estão optando pelo consumo de alimentos com potencial funcional. Esta característica está associada aos compostos bioativos naturalmente presentes em espécies vegetais e que trazem diversos benefícios à saúde humana. O avanço da tecnologia permite que estes compostos sejam extraídos e estudados de forma profunda e detalhada. Diversos são os processos de extração, onde pode-se ressaltar o ultrassom, que se destaca por ser uma técnica verde, com tempo reduzido de extração, menor consumo de energia, maior rendimento de produção e com maior preservação da bioatividade dos compostos. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão integrativa baseada em estudos científicos sobre a influência da extração por ultrassom na atividade antioxidante dos alimentos comparada com outros métodos, utilizando como ferramenta de busca as diferentes bases de dados científicos. Foram recuperados 23 artigos científicos na busca, os quais foram utilizados na elaboração do texto. Constatou-se que a técnica ultrassônica é eficiente e exerce efeito positivo significativo nas amostras, em termos de conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante, isso quando comparada às técnicas convencionais, tais como agitação mecânica e *soxhlet*. Portanto, a tecnologia do ultrassom é uma técnica muito promissora e pode vir a contribuir na agregação de valor e manutenção das características bioativas dos alimentos.

Palavras-chave: Compostos Bioativos, Tecnologias não Convencionais, Ultrassom.

INTRODUÇÃO

O conhecimento e a utilização de espécies vegetais acompanham a evolução humana através dos tempos (SILVA *et al.*, 2013). Existe uma infinidade de frutas e hortaliças subexploradas, com potencial de interesse tanto para a agroindústria, quanto para consumo individual, em virtude de suas propriedades sensoriais e também nutricionais. Além dos nutrientes essenciais, a maioria das espécies vegetais apresentam consideráveis teores de micronutrientes, tais como minerais, fibras, vitaminas e também importantes concentrações de compostos bioativos (BOY *et al.*, 2021).

Neste contexto, estudos científicos têm sido impulsionados pela investigação destes compostos naturais, como os fenólicos totais, carotenóides e flavonóides. Metabólitos secundários das plantas, que trazem efeitos benéficos à saúde do consumidor, através da neutralização de radicais livres formados em excesso, com atividade antioxidante e propriedades antimicrobianas (LI *et al.*, 2014; MOON; SHIBAMOTO, 2009). Entretanto, o teor destes fitoquímicos é diretamente influenciado por diversos fatores, sejam eles genéticos, ambientais, provenientes do armazenamento, grau de maturação da planta, genótipo estudado e também, pelo método de extração definido durante análise (HASSIMOTO; GENOVESE; LAJOLO, 2005).

Para estudar a atividade biológica dos extratos vegetais obtidos, é necessário fundamentar os métodos de extração utilizados, já que eles determinam o grau de pureza em que os compostos fenólicos serão extraídos, bem como a manutenção das propriedades benéficas mencionadas anteriormente. Neste cenário, encontra-se a tecnologia por ultrassom, metodologia simples e de baixo custo, que visa otimizar o processo de extração com maior benefício de tempo e segurança laboratorial (NATIÉLI *et al.*, 2018).

Assim sendo, a extração de componentes é facilitada pelo efeito do ultrassom devido a produção de um fenômeno conhecido por cavitação, o qual contribui para ruptura da parede celular vegetal, redução do tamanho dos poros dos materiais sólidos e aumento da área superficial de contato entre o material e o solvente (MEDINA-TORRES; AYORA-TALAVERA; ESPINOSA-ANDREWS, 2017).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão integrativa por meio de estudos que investigaram a influência da tecnologia por ultrassom na extração de compostos bioativos e capacidade antioxidante de espécies vegetais comparada a outros métodos.

METODOLOGIA

A revisão foi baseada na seguinte pergunta norteadora: “Existe influência da extração por ultrassom na atividade antioxidante dos alimentos?”. A partir desta questão foram

realizadas consultas nas seguintes bases de dados *PubMed, Scielo* e *Science direct*, com o intuito de fazer um levantamento da resposta buscada.

Para isto, uma estratégia de busca foi elaborada e a pesquisa realizada utilizando termos livres do assunto com auxílio de operadores booleanos “AND” e “OR” de acordo com cada plataforma (Tabela 1).

Tabela 1. Estratégias de busca utilizadas para cada base de dados.

Base de dados	Estratégia de busca	nº de trabalhos
PubMed	((ultrasound extraction[MeSH Terms]) OR (ultrasound extraction[Text Word])) AND ((food[MeSH Terms]) OR (food[Text Word])) AND ((antioxidant[MeSH Terms]) OR (antioxidant[Text Word]))	9
Scielo	(ultrasound extraction) AND (food) AND (antioxidant)	9
Science Direct	(ultrasound extraction) AND (food) AND (antioxidant)	447

Fonte: Autores (2022).

Foram adotados diferentes critérios de inclusão, os quais os trabalhos poderiam ser redigidos em língua inglesa ou portuguesa desde que fosse um artigo científico. Além disto, foram incluídos trabalhos publicados nos últimos 5 anos (2016 a 2021) e que possuíam acesso livre, desde que respondessem à pergunta norteadora de forma positiva ou negativa. Para os critérios de exclusão foram considerados trabalhos que não apresentavam os dados relativos ao tema, em língua diferente de português e inglês ou fora do intervalo do ano de publicação estabelecido.

A seleção dos artigos foi realizada em duas etapas. A 1ª diz respeito a leitura de títulos e resumos de trabalhos recuperados nas bases de dados utilizadas ao longo da revisão. Os trabalhos recuperados foram listados em forma de tabela contendo as informações: título, resumo, número de identificação do artigo *Digital Object Identifier* (DOI) com auxílio do *software Microsoft office Excel* (versão 16.51). Em seguida estes trabalhos foram organizados e as duplicatas checadas com auxílio do *software Mendeley* (versão 1.19.8).

A segunda etapa condiz com a leitura completa dos artigos selecionados na 1ª etapa. Desta forma, em momento posterior quando realizada a leitura dos trabalhos na íntegra para uma seleção mais criteriosa, foram considerados somente aqueles que atendiam aos critérios pré-estabelecidos. Artigos científicos com dados primários e secundários foram incluídos, desde que estes permitissem uma comparação dos dados obtidos com os artigos selecionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total foram encontrados 49 trabalhos com apenas uma duplicada retirada pelo *software Mendeley* na pesquisa nas bases de dados totalizando 48 estudos (Tabela 2).

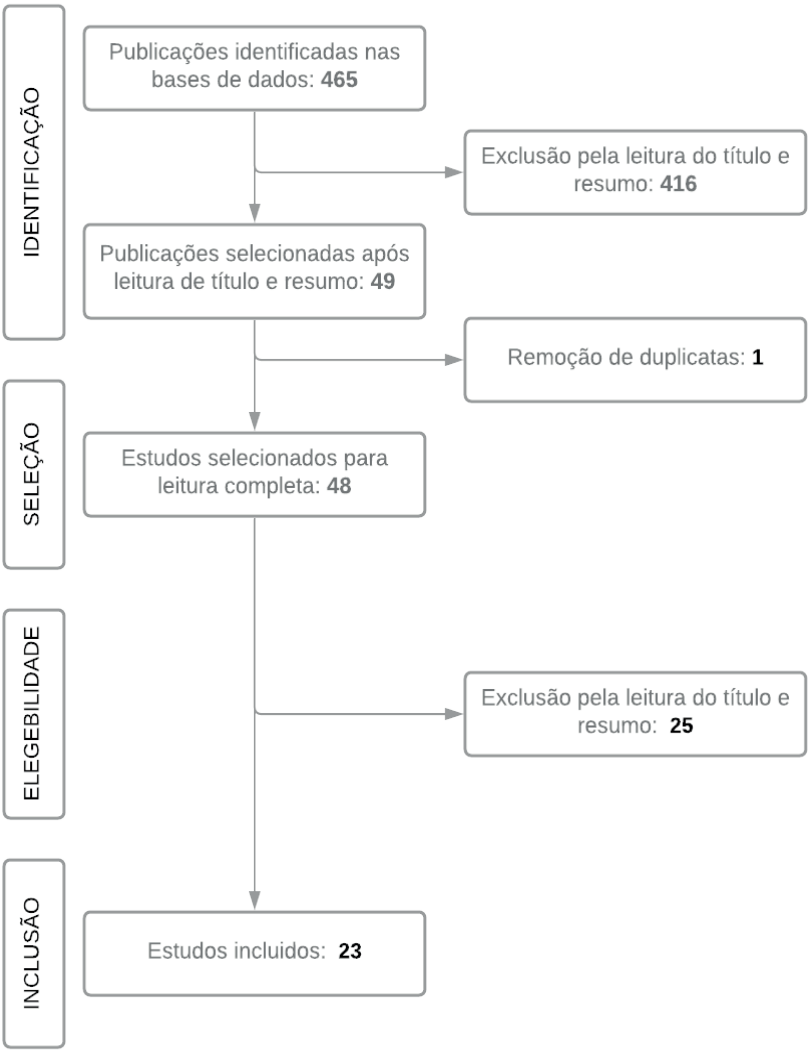
Tabela 2. Trabalhos recuperados em pesquisa nas bases de dados.

Base de dados	Número de trabalhos	Número de duplicatas	Total
PubMed	6		
Scielo	5	1	48
Science Direct	38		

Fonte: Autores (2022).

Os trabalhos foram organizados para a elaboração da revisão sobre a influência da técnica de extração por ultrassom na atividade antioxidante dos alimentos de forma qualitativa, sendo o processo de seleção apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma da seleção dos estudos por etapas.



Fonte: Autores (2022).

Foram recuperados no total 23 artigos publicados entre os anos de 2016 e 2021 e redigidos em língua inglesa (Tabela 3).

Tabela 3. Síntese dos trabalhos selecionados.

Amostra	O que foi feito	Resultados	Referência
Purê de bagaço de caju	Avaliação do efeito do processamento por ultrassom sobre os compostos antioxidantes do bagaço do caju (compostos fenólicos e vitamina C).	Com o uso do ultrassom houve aumento dos compostos fenólicos e assim como a quantidade final de vitamina C e dessa forma contribuíram para o aumento da atividade antioxidante nas amostras.	(FONTELES *et al*., 2016)
Óleo de semente de perilla	Avaliação das propriedades físico-químicas de atividade antioxidante do óleo de semente de perilla extraído por ultrassom e comparadas com as técnicas de prensa mecânica e extração com solvente orgânico.	O teor de tocoferol presente foi significativamente maior na extração por solvente do que nas demais. Já o teor de fenólicos totais foi significativamente maior no extrato por ultrassom do que nos demais. Para a atividade antioxidante a utilização do ultrassom mostrou maior atividade do que pelos outros métodos.	(LI *et al*., 2017)
Tomilho (*Thymus vulgaris*)	Avaliação dos compostos fenólicos totais e teste antioxidante obtidos por diferentes métodos de extração.	Um maior conteúdo de fenólicos totais foi observado quando havia o tratamento por ultrassom assim como maior atividade antioxidante.	(MNAYER *et al*., 2017)
Casca da tangerina Kinnow (*Citrus reticulate* L.)	Extração de polifenóis utilizando ultrassom e outras técnicas	O maior rendimento de extração foi obtido por ultrassom, ou por maceração quando o etanol foi utilizado. O ultrassom também foi responsável pelo maior teor de polifenóis.	(SAFDAR *et al*., 2017)
Cogumelo *G. lucidum*	Comparação do método de ultrassom com métodos contemporâneos de extração, como o *soxhlet* e extração com água quente, quanto às características e propriedades antioxidantes dos polissacarídeos extraídos.	Utilizando o mesmo tempo de extração, o ultrassom apresentou melhor rendimento na extração de polissacarídeos. Quanto ao conteúdo fenólico os melhores resultados foram obtidos pelo *soxhlet* seguido por ultrassom. os polissacarídeos resultantes da técnica ultrassônica apresentam os maiores efeitos sequestrantes e capacidade de poder redutor em comparação com outros métodos convencionais de extração.	(ALZORQI *et al*., 2017)
Erva-cidreira (*Melissa officinalis* L.)	Avaliação dos rendimentos de extração, fenóis totais por ultrassom e micro-ondas.	Os rendimentos extrativos obtidos por US foram consistentemente menores para todos os solventes testados. Foi observado que o solvente utilizado exerce influência significativa. Quanto ao conteúdo de fenólicos totais o micro-ondas apresentou melhores resultados.	(BINELLO *et al*., 2017)
Azeitona fresca	Avaliação dos efeitos de diferentes métodos de extração (ultrassom e micro-ondas) dos principais compostos fenólicos e sobre a atividade antioxidante.	O ultrassom apresentou rendimento maior de extração que o micro-ondas. Quanto aos compostos fenólicos totais, quando utilizado o método de ultrassom uma maior quantidade de compostos foi observada. A atividade antioxidante observada foi semelhante para ambos os métodos, entretanto a técnica de micro-ondas apresentou resultados ligeiramente maiores.	(DENG *et al*., 2017)
Plantas *Centaurea amaena* Boiss. & Balansa e *Centaurea aksoyi* Hamzaoğlu & Budak	Comparação do teor de polifenóis, atividade fenólica total, flavonoide total, antioxidante dos extratos obtidos por maceração (ME), *Soxhlet* (SE) e ultrassom (UE).	Os rendimentos para ambas as espécies obtidos pela técnica de *Soxhlet* foram os mais elevados. *C. aksoyi* e *C. amaena*, os maiores teores de fenólicos totais e flavonoides foram determinados nos extratos obtidos por extração ultrassônica. A UE do extrato de *C. amaena* exibiu o maior efeito antioxidante total. Já para a *C. aksoyi* a ME foi mais eficiente.	(ALBAYRAK; ATASAGUN; AKSOY, 2017)
Goldenberry	Determinação de compostos fenólicos totais. Avaliação da capacidade antioxidante de extratos obtidos por ultrassom e métodos convencionais.	Não foi observada diferença significativa para as diferentes técnicas de extração quanto à quantidade de compostos fenólicos totais. Observou-se que os diferentes solventes utilizados na extração resultaram em diferenças nas composições e capacidades antioxidantes dos extratos.	(CODEVILLA *et al*., 2018)
Suco misto de uva e cenoura	Estudo do efeito da sonicação e produtos quimicos (metabissulfito de potássio, $K_2S_2O_5$,) no conteúdo de fenóis totais, flavonóides, atividade antioxidante da mistura de suco de uva e cenoura ao longo do tempo.	Durante o armazenamento foi observada uma diminuição do conteúdo de fenólico total e flavonóides, entretanto houve uma perda menor quando a amostra foi tratada utilizando ultrassom. Quanto a atividade antioxidante maior aumento da mesma pelo tratamento com ultrassom.	(NADEEM *et al*., 2018)

Amostra	O que foi feito	Resultados	Referência
Subprodutos de aspargos	Produção de concentrados de fibras a partir de subprodutos de espargos por meio de diferentes tratamentos e caracterização quanto à composição, propriedades antioxidantes e funcionais.	Maiores teores de compostos fenólicos foram encontrados para a técnica de ultrassom e controle. A maior atividade antioxidante total por DPPH e FRAP também foi observada pelo tratamento com ultrassom.	(IWASSA; PIAI; BOLANHO, 2019)
Flor da ervilha borboleta (*Clitoria ternatea* L.)	Avaliação da influência do ultrassom e extração convencional nos compostos bioativos e atividade antioxidante.	A técnica de ultrassom apresentou maior rendimento de extração. Uma maior quantidade de compostos fenólicos totais e flavonoides também foram observados por este método. Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas ao avaliar proantocianidinas e flavonóis ao comparar os métodos. Já para atividade antioxidante, foram observadas maiores atividades quando utilizado o ultrassom.	(MEHMOOD *et al*., 2019)
Sementes de baobá (*Adansonia digitata*)	Comparação do conteúdo fenólico total (TPC), flavonoides totais (TFC) e atividade antioxidante dos extratos tratados por ultrassom com métodos convencionais.	Os resultados mostraram que o tratamento por ultrassom apresentou teores de TFC, TPC e atividade antioxidante significativamente maior que as demais técnicas.	(ISMAIL *et al*., 2019)
Chá verde	Avaliação da influência da extração sobre o teor de polifenóis e a atividade antirradical de extratos de chá obtidos por meio de três diferentes métodos de extração: simples maceração, extração por ultrassom e extração acelerada por solvente (ASE).	Todas as técnicas foram eficientes em relação a extração dos compostos. As diferenças encontradas foram atribuídas ao tipo de solvente utilizado junto às técnicas. Em relação a capacidade antioxidante, a técnica de ultrassom foi no geral menos eficiente quando comparada com as demais.	(KOCH *et al*., 2020)
Folhas da árvore do chá com aroma de limão	Avaliação da extração assistida por solvente e ultrassom no rendimento de extração de compostos fenólicos e antioxidantes da amostra e comparação entre as técnicas de extração modernas e convencionais.	Quando avaliadas pelos métodos CUPRAC e ABTS a capacidade antioxidante do extrato preparado por ultrassom é significativamente maior em comparação com outras técnicas, já para os ensaios FRAP e DPPH não houve diferença significativa. Quanto ao conteúdo de compostos fenólicos o valor encontrado utilizando ultrassom foi significativamente maior que a técnica convencional.	(SAIFULLAH *et al*., 2020)
Casca do araçá vermelho (*Psidium cattleianum Sabine*)	Comparação da extração de compostos bioativos da casca do araçá vermelho pelos métodos de maceração (convencional) e assistida por ultrassom.	O teor de compostos fenólicos totais da extração por ultrassom foi maior que a técnica convencional. Quanto aos flavonoides, foram encontrados valores próximos ao método convencional também, entretanto bem próximos. Já para carotenoides não houve diferença significativa. De modo geral, a extração por ultrassom foi considerada significativamente mais eficiente que a convencional.	(MEREGALLI *et al*., 2020)
Polpa e da casca da raiz de nabo Rutabaga (*Brassica napus* L.)	Análise da composição química dos extratos assistidos por ultrassom (EAU) e dos extratos assistidos por homogeneizador (HAE) da polpa e da casca de Rutabaga em termos de conteúdo fenólico total, flavonoide e atividade antioxidante.	Quanto à composição fenólica total para ambas as partes, os extratos tratados com ultrassom apresentaram valores superiores a outra técnica. Quanto ao teor de flavonoides, diferenças relevantes não foram observadas entre os métodos. O ultrassom também apresentou melhores resultados para atividade antioxidante quando observada para quase todas as amostras e testes.	(STEFANUCCI *et al*., 2020)
Folhas, caules e flores de 15 espécies de plantas	Avaliação da eficiência de dois métodos (agitação ou ultrassom) na extração de compostos fenólicos e sua influência nas propriedades antioxidantes funcionais dos extratos.	No geral os maiores valores de extração foram obtidos pelo método de extração por ultrassom. Para os resultados de atividade antioxidante também foram encontrados melhores valores para a extração realizada por ultrassom.	(BOY *et al*., 2021)
Própolis	Otimizar os parâmetros de ultrassom e comparação com extração convencional em relação aos compostos fenólicos individuais e a atividade antioxidante.	Conteúdo fenólico total, atividade antioxidante e quantidade fenólica individual tiveram aumento significativo com a utilização do ultrassom. Além disto, na avaliação individual dos compostos, alguns compostos fenólicos foram detectados pelo método do ultrassom, mas não pelo método convencional.	(BAKKALOGLU; ARICI; KARASU, 2021)

Amostra	O que foi feito	Resultados	Referência
Folhas de *Annona cherimola*	Análise da capacidade antioxidante, compostos fenólicos totais e flavonoides de extratos obtidos por ultrassom e comparado com outras metodologias.	A extração por ultrassom apresentou maior rendimento de extração que a maceração, entretanto menos que a por *soxhlet*. Também observaram que o solvente utilizado exerce grande influência na extração. *Soxhlet* apresentou os maiores valores de capacidade antioxidante de todos os métodos realizados, entretanto os resultados de ultrassom também foram relevantes uma vez que exige um tempo menor para análise.	(AGUILAR-VILLALVA *et al.*, 2021)
Resíduos da ciriguela (*Spondias purpurea* L.)	Avaliação do rendimento de compostos fenólicos dos extratos de casca de ciriguela por ultrassom e comparação com os processos de extração convencionais e por micro-ondas.	O extrato obtido por ultrassom apresentou maior recuperação fenólica que os demais métodos testados.	(SILVA JÚNIOR *et al.*, 2021)
Óleo de café verde	Extração de óleo de café verde pelos métodos UMAE (ultrassom / micro-ondas), UAE (ultrassom), MAE (micro-ondas) e PLE (líquida pressurizada), e avaliação de parâmetros como, fenóis totais e atividade sequestrante de radicais livres de forma comparativa.	Quando comparado com os demais métodos, o ultrassom foi o que menos contribuiu para quantidade de fenóis totais extraídos, assim como quando foi avaliada a capacidade de eliminação de radicais livres.	(DONG *et al.*, 2021)
Suco de batata doce de polpa laranja	Avaliação do efeito do ultrassom, do tratamento com vapor e da combinação dos dois métodos na atividade antioxidante do suco de batata doce de polpa laranja.	Nas amostras tratadas com ultrassom houve redução do teor de polifenóis totais. Quando avaliada a atividade antioxidante da amostra, não houve diferença significativa entre os métodos avaliados. A bioacessibilidade do β-caroteno aumentou após o processamento, sendo a sonicação mais eficaz.	(RIOS-ROMERO *et al.*, 2021)

Fonte: Autores (2022).

Algumas tecnologias avançadas de extração surgiram em processos de extração de componentes de plantas (DONG *et al.*, 2021). Dentre elas, a técnica de ultrassom é utilizada para auxiliar na extração de ingredientes ativos de recursos naturais como os compostos bioativos e fitoquímicos que são substâncias derivadas do metabolismo secundário de vegetais e são benéficos para a saúde humana (MEREGALLI *et al.*, 2020).

Esta técnica vem apresentando diversas vantagens em relação a outras técnicas convencionais. Dentre as vantagens se destaca por ser uma técnica verde, com tempo reduzido de extração, menor consumo de energia, maior rendimento de produção e maior preservação da bioatividade das biomoléculas (ALZORQI *et al.*, 2017). O ultrassom também está associado a melhorias nos produtos alimentícios, aumentando ou mantendo a qualidade nutricional e favorecendo a bioacessibilidade de compostos bioativos (RIOS-ROMERO *et al.*, 2021).

Nos trabalhos recuperados, a técnica de extração por ultrassom foi comparada com outras metodologias convencionais. Parâmetros como potência e temperatura podem influenciar na extração dos compostos bioativos (SAIFULLAH *et al.*, 2020), entretanto, mesmo com essas observações foi possível identificar que, na maioria dos casos, o conteúdo funcional foi maior quando havia a aplicação da técnica em estudo.

A maior eficiência observada pelo método ultrassônico pode ser explicada pelo processo de cavitação, que leva à ruptura da parede celular, redução do tamanho dos poros

dos materiais sólidos, aumento da área de superfície de contato e liberação de compostos ricos em polifenóis por transferência de massa e devido a mudanças de pressão (AGUILAR-VILLALVA *et al.*, 2021; MEREGALLI *et al.*, 2020; RIOS-ROMERO *et al.*, 2021).

Em termos de rendimento durante a extração, um estudo em plantas *Centaurea amaena* Boiss. & Balansa e *Centaurea aksoyi* Hamzaoğlu & Budak, observou que ao comparar com a técnica convencional de *soxhlet*, esta apresentou porcentagem de rendimento maior que a do ultrassom (ALBAYRAK; ATASAGUN; AKSOY, 2017). Entretanto, o tempo de extração pelo método de *soxhlet* foi 7 (sete) vezes maior que pelo método de ultrassom.

Adicionalmente, Aguillar-Villalva *et al.* (2021) comparando a eficiência da técnica de ultrassom frente a metodologia de *soxhlet* na extração de compostos bioativos e capacidade antioxidante, verificaram que o método ultrassônico apresentou tempos de extração 99,8% mais rápidos do que o método convencional (AGUILAR-VILLALVA *et al.*, 2021).

Alzorqi e colaboradores (2017) ao avaliarem cogumelos *G. lucidum* também observaram maior rendimento por este método convencional (*soxhlet*) com tempo de análise significativamente maior que o ultrassom. Por outro lado, os autores demonstram que, quando utilizado o mesmo tempo de extração, o ultrassom apresentou rendimento maior, aproximadamente 2,7 vezes, do que o *soxhlet* (ALZORQI *et al.*, 2017). Isso mostra que para obter eficiência maior que o ultrassom, um tempo maior de análise é necessário, tornando-se dessa forma inviável em níveis práticos.

A técnica de micro-ondas também é um dos métodos convencionais muito utilizado na área de alimentos. A comparação do ultrassom com esta tecnologia pode ser observada em estudos recuperados na presente pesquisa. Em alguns casos, a maior recuperação de compostos fenólicos foi observada por meio da utilização do ultrassom em amostras vegetais, como resíduos da ciriguela (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2021) e azeitona fresca (DENG *et al.*, 2017). Em contrapartida, foi relatado que o uso do micro-ondas possibilitou a obtenção de maiores teores de compostos fenólicos totais.

Os autores de um estudo com óleo de café verde também observaram tal comportamento e, destacaram que o uso de altas temperaturas desempenha um papel importante no processo de oxidação de biomoléculas, pois algumas substâncias desconhecidas produzidas podem aumentar o conteúdo de polifenóis (DONG *et al.*, 2021), justificando assim o resultado. Todavia, ressalta-se o mérito da extração por ultrassom, uma vez que a mesma apresentou bons resultados e valores muito próximos à técnica de micro-ondas com o uso de temperaturas mais baixas.

Outra técnica comumente utilizada na extração de compostos antioxidantes é a agitação mecânica, comparativamente ao método por ultrassom, Boy *et al.* (2021) observaram que quando as duas metodologias foram utilizadas na obtenção de compostos fenólicos totais

em *Cistus albidus*, *Cistus salviifolius*, *Rubus ulmifolius* e *Quercus ilex*, verificou-se maior conteúdo destes constituintes na extração por ultrassom, além da maior atividade antioxidante nos extratos obtidos (BOY *et al*., 2021).

Um comportamento contrário a todos os outros apresentados anteriormente foi verificado em um dos trabalhos recuperados. A redução dos compostos fenólicos por métodos de ultrassom foi verificada por Rios-Romero e colaboradores recentemente, ao realizarem uma pesquisa com amostras de sucos de batata doce. Os pesquisadores explicam que, durante o processo de cavitação, existe a formação de radicais livres que resulta na redução da quantidade de compostos bioativos, assim como na degradação desses constituintes em decorrência da oxidação causada por enzimas liberadas durante o processamento de alimentos, mas que não foram inativadas (RIOS-ROMERO *et al.*, 2021).

Parâmetros intrínsecos ao processo de extração por ultrassom também devem ser levados em consideração, a fim de otimizar a concentração de bioativos nos extratos finais e melhorar seus rendimentos. Dessa forma, cabe destacar que o tipo de solvente utilizado, bem como o tempo de processo e intensidade ultrassônica influenciam de forma direta na capacidade antioxidante do material obtido (CODEVILLA *et al.*, 2018).

Neste contexto, o estudo de Bakkaloglu e colaboradores buscou otimizar os parâmetros utilizados no método de ultrassom para obtenção da quantidade máxima de compostos fenólicos totais em amostras de própolis. Conforme resultados foi possível verificar que a temperatura entre 30 °C e 60 °C, com duração do procedimento entre 1 a 3 min e potência do ultrassom entre 250 a 750 W aumentou a eficiência de extração e por consequência, os teores das substâncias bioativas avaliadas (BAKKALOGLU; ARICI; KARASU, 2021).

A análise de diferentes estudos permitiu identificar várias vantagens competitivas da tecnologia de ultrassom quando comparada a outros métodos convencionais aplicados na extração de compostos bioativos em amostras vegetais. Foi verificada uma diversidade de artigos científicos que se basearam em otimizar condições de processo e na comparação de diferentes técnicas de extração. Isso demonstra que as tecnologias não convencionais estão em alta e que novos estudos são necessários, a fim de indicar as suas alternativas e aplicabilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da revisão apresentada, foi possível observar que a técnica de ultrassom é muito eficiente em relação à produção de extratos e manutenção de características como capacidade antioxidante assim com a presença de diversos bioativos quando comparada com outros métodos.

Este fenômeno é possível devido ao processo que ocorre no método que possibilita ampliação da superfície de contato e liberação destes compostos. Vários são os fatores que podem influenciar nesta eficiência, como matriz alimentar e temperatura utilizadas.

Devido ao fato de ser considerada uma técnica verde, sua utilização é muito promissora e pode vir a contribuir na agregação de valor e manutenção das características bioativas dos alimentos.

REFERÊNCIAS

1. AGUILAR-VILLALVA, R. et al. Antioxidant capacity and antibacterial activity from *Annona cherimola* phytochemicals by ultrasound-assisted extraction and its comparison to conventional methods. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 14, n. 7, p. 103239, jul. 2021. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103239.

2. ALBAYRAK, S.; ATASAGUN, B.; AKSOY, A. Comparison of phenolic components and biological activities of two *Centaurea* sp. obtained by three extraction techniques. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 10, n. 6, p. 599–606, jun. 2017. https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2017.06.010.

3. ALZORQI, I. et al. Ultrasonically extracted *β*-d-glucan from artificially cultivated mushroom, characteristic properties and antioxidant activity. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 35, p. 531–540, mar. 2017. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.04.017.

4. BAKKALOGLU, Z.; ARICI, M.; KARASU, S. Optimization of ultrasound-assisted extraction of turkish propolis and characterization of phenolic profile, antioxidant and antimicrobial activity. **Food Science and Technology**, 8 fev. 2021. https://doi.org/10.1590/fst.14520.

5. BINELLO, A. et al. Efficient and selective green extraction of polyphenols from lemon balm. **Comptes Rendus Chimie**, v. 20, n. 9–10, p. 921–926, set. 2017. https://doi.org/10.1016/j.crci.2017.06.003.

6. BOY, F. R. et al. Antioxidant, Antihypertensive and Antimicrobial Properties of Phenolic Compounds Obtained from Native Plants by Different Extraction Methods. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 5, p. 2475, 3 mar. 2021. https://doi.org/10.3390/ijerph18052475.

7. CODEVILLA, C. F. et al. Cytotoxicity and antioxidant activity of goldenberry extracts obtained with high intensity ultrasound. **Ciência Rural**, v. 48, n. 2, 8 fev. 2018. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170362.

8. DENG, J. et al. Comparative evaluation of maceration and ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from fresh olives. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 37, p. 328–334, jul. 2017. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.01.023.

9. DONG, W. et al. Comparison of the effect of extraction methods on the quality of green coffee oil from Arabica coffee beans: Lipid yield, fatty acid composition, bioactive components, and antioxidant activity. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 74, p. 105578, jun. 2021. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105578.

10. FONTELES, T. V. et al. Ultrasound processing to enhance drying of cashew apple bagasse puree: Influence on antioxidant properties and in vitro bioaccessibility of bioactive compounds. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 31, p. 237–249, jul. 2016. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.003.

11. HASSIMOTO, N. M. A; GENOVESE, M. I; LAJOLO F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. J**ounal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p. 2928-2935, 2005. https://doi.org/10.1021/jf047894h.

12. ISMAIL, B. B. et al. Valorisation of baobab (*Adansonia digitata*) seeds by ultrasound assisted extraction of polyphenolics. Optimisation and comparison with conventional methods. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 52, p. 257–267, abr. 2019. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.11.023.

13. IWASSA, I. J.; PIAI, J. F.; BOLANHO, B. C. Fiber concentrates from asparagus by-products: Microstructure, composition, functional and antioxidant properties. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, 2019. https://doi.org/10.1590/1413-7054201943007319.

14. KOCH, W. et al. The Role of Extracting Solvents in the Recovery of Polyphenols from Green Tea and Its Antiradical Activity Supported by Principal Component Analysis. **Molecules**, v. 25, n. 9, p. 2173, 6 maio 2020. https://doi.org/10.3390/molecules25092173.

15. LI, A.N. et. Resources and biological activities of natural polyphenols. **Nutrients,** v. 6, p. 6020–6047, 2014. https://doi.org/10.3390/nu6126020.

16. LI, H. et al. Ultrasound-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from perilla seeds and determination of its physicochemical properties, fatty acid composition and antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 37, n. suppl 1, p. 71–77, 20 jul. 2017. https://doi.org/10.1590/1678-457X.29116.

17. MEDINA-TORRES, N.; AYORA-TALAVERA, T.; ESPINOSA-ANDREWS, H. Ultrasound Assisted Extraction for the Recovery of Phenolic Compounds from Vegetable Sources. **Agronomy**, v. 7, n. 3, p. 1–19, 2017. https://doi.org/10.3390/agronomy7030047.

18. MEHMOOD, A. et al. Impact of ultrasound and conventional extraction techniques on bioactive compounds and biological activities of blue butterfly pea flower (*Clitoria ternatea* L.). **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 51, p. 12–19, mar. 2019. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.10.013.

19. MEREGALLI, M. M. et al. Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine). **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, n. 6, p. 5800–5809, jun. 2020. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.04.017.

20. MNAYER, D. et al. Extraction of green absolute from thyme using ultrasound and sunflower oil. **Resource-Efficient Technologies**, v. 3, n. 1, p. 12–21, mar. 2017. https://doi.org/10.1016/j.reffit.2017.01.007.

21. MOON, J. K., SHIBAMOTO, T. Antioxidant assays for plant and food components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** v. 57, p.1655–1666, 2009. https://doi.org/10.1021/jf803537k.

22. NADEEM, M. et al. Effect of ultrasound and chemical treatment on total phenol, flavonoids and antioxidant properties on carrot-grape juice blend during storage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 45, p. 1–6, jul. 2018. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.02.034.

23. NATIÉLI, C. P. B. et al. Ultrasonic assisted extraction to obtain bioactive , antioxidant and antimicrobial compounds from marcela. **Ciência Rural**, v. 48, p. 1–6, 2018. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170772.

24. RIOS-ROMERO, E. A. et al. Effect of ultrasound and steam treatments on bioaccessibility of *β*-carotene and physicochemical parameters in orange-fleshed sweet potato juice. **Heliyon**, v. 7, n. 4, p. e06632, abr. 2021. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06632.

25. SAFDAR, M. N. et al. Extraction and quantification of polyphenols from kinnow (*Citrus reticulate* L.) peel using ultrasound and maceration techniques. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 25, n. 3, p. 488–500, jul. 2017. https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.07.010.

26. SAIFULLAH, M. et al. Comparison of conventional extraction technique with ultrasound assisted extraction on recovery of phenolic compounds from lemon scented tea tree (*Leptospermum petersonii*) leaves. **Heliyon**, v. 6, n. 4, p. e03666, abr. 2020. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03666.

27. SILVA, K. M. et al. Espécies bioativas em áreas úmidas do Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 15, n. 4, p. 483-493, 2013. https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000400003.

28. SILVA JÚNIOR, M. E. et al. Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from ciriguela (*Spondias purpurea* L.) peel: Optimization and comparison with conventional extraction and microwave. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 14, n. 8, p. 103260, ago. 2021. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103260.

29. STEFANUCCI, A. et al. Chemical characterization, antioxidant properties and enzyme inhibition of Rutabaga root's pulp and peel (*Brassica napus* L.). **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, n. 9, p. 7078–7086, set. 2020. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.07.013.