

# USO DA TECNOLOGIA DE ULTRASSOM NA REMOÇÃO DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

*USE OF ULTRASOUND TECHNOLOGY IN THE REMOVAL OF PESTICIDE RESIDUES IN FOOD: AN INTEGRATIVE REVIEW*

ANELISE PIGATTO BISSACOTTI<sup>1</sup>  IJONI HILDA COSTABEBER<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Doutoras, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos (PPGCTA), Centro de Ciências Rurais (CCR),

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

\*Autor Correspondente: [anelisebissacotti@yahoo.com](mailto:anelisebissacotti@yahoo.com)

## RESUMO

O ultrassom é uma tecnologia vantajosa e com diversas aplicabilidades na indústria de alimentos. Diante do potencial do ultrassom, tem sido avaliada a sua eficiência na remoção de resíduos de agrotóxicos, a fim de torná-lo uma estratégia para a obtenção de alimentos seguros para o consumo humano. Assim, o objetivo desta revisão integrativa foi identificar e analisar estudos que testaram a eficiência do ultrassom na remoção de resíduos de agrotóxicos em alimentos. Foram consultadas as bases de dados eletrônicas PubMed e Science Direct. Estudos originais completos publicados em inglês, entre 2012 e 2021, e que testaram a eficiência do ultrassom na remoção de resíduos de agrotóxicos em alimentos de origem vegetal e animal foram considerados elegíveis. Nove artigos compuseram esta revisão. Foram observados variados percentuais de eficiência do ultrassom na remoção de agrotóxicos. A cavitação, a frequência, a intensidade, a potência, a temperatura e o tempo de ultrassom e as propriedades físicas e químicas dos agrotóxicos se demonstraram fatores que influenciam na eficiência do ultrassom na remoção dos agrotóxicos. Mais estudos fazem-se necessários para que haja o aprimoramento das condições que promovam a remoção de agrotóxicos pelo ultrassom e assim haja a garantia de resultados significativamente satisfatórios para a obtenção de alimentos seguros e com qualidade para o consumo humano.

Palavras-chave: agroquímicos; descontaminação; ultrassom.

## ABSTRACT

Ultrasound is an advantageous technology with various applications in the food industry. Given the potential of ultrasound, its efficiency in removing pesticide residues has been evaluated to make it a strategy for obtaining safe food for human consumption. Therefore, this integrative review sought to identify and analyze research that tested the efficiency of ultrasound in removing pesticide residues in food. The PubMed and Science Direct electronic databases were searched. Complete original studies published in English between 2012 and 2021 that tested the efficiency of ultrasound in removing pesticide residues in foods of plant and animal origin were considered eligible; nine articles comprised this review. Various percentages of ultrasound efficiency in pesticide removal were observed. Cavitation, frequency, intensity, power, ultrasound temperature and time, and physical and chemical properties of pesticides were shown to influence ultrasound efficiency in pesticide removal. Further research is necessary to improve the conditions that promote pesticide removal by ultrasound and thus guarantee significantly satisfactory results for obtaining safe and quality food for human consumption.

Key words: agrochemicals; decontamination; ultrasonic.

### Citar este artigo como:

BISSACOTTI, A. P.; COSTABEBER, I. H. Uso da tecnologia de ultrassom na remoção de resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma revisão integrativa. *Nutrivisa - Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde*, Fortaleza, v. 11, n. 1, p. e13037, 2024. DOI: 10.59171/nutrivisa-2024v11e13037. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/nutrivisa/article/view/13037>.

## INTRODUÇÃO

O ultrassom é uma energia produzida a partir de ondas sonoras (São José *et al.*, 2014) mecânicas, as quais resultam da oscilação de movimentos moleculares (Gallo; Ferrara; Naviglio, 2018) que se propagam em meios sólidos, líquidos e gasosos (Luque-García; Castro, 2003). A faixa de frequência do ultrassom varia entre 20 kHz e 10 MHz, sendo esta superior àquela audível pelo ser humano (Gallo; Ferrara; Naviglio, 2018).

Considerada uma tecnologia emergente, o ultrassom pode ser empregado em diversos processos na indústria de alimentos (Bhargava *et al.*, 2021). Segundo Bhargava *et al.* (2021), o ultrassom de baixa frequência (20 a 100 kHz) é capaz de promover alterações nas características físicas, bioquímicas e mecânicas dos alimentos. Assim, na indústria de alimentos o ultrassom de baixa frequência pode ser aplicado a processos como, por exemplo, homogeneização, moagem, mistura, pasteurização, separação, filtração, extração, cristalização e fermentação (Ribeiro, 2010). Já o ultrassom de alta frequência (> 100 kHz) destina-se a realização de controle de processos e qualidade em alimentos (Astráin-Redín *et al.*, 2020).

Além da ampla aplicabilidade, o ultrassom garante vantagens em termos de custo e produtividade, reduz o tempo de processamento, melhora a qualidade sensorial e microbiológica (Ribeiro, 2010), prolonga a vida útil dos alimentos e é sustentável (Bhargava *et al.*, 2021).

Diante do potencial do ultrassom no ramo alimentício, estudos investigaram a contribuição desta tecnologia para a remoção de resíduos de agrotóxicos presentes em alimentos, a fim de torná-los mais seguros para o consumo humano (Evrendilek; Keskin; Golge, 2020; Hassan *et al.*, 2019; Heshmati; Nazemi, 2018; Liang *et al.*, 2012; Lozowicka *et al.*, 2016; Polat; Tiryaki, 2020; Słowik-Borowiec; Szpyrka, 2020; Yuan *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2010a,b; 2012; Zhu *et al.*, 2019).

De acordo com o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA), entre 2018 e 2019 foi investigada a presença de 272 agrotóxicos em 3.296 amostras de 14 alimentos de origem vegetal, sendo 25,6% consideradas inadequadas

(Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2023). Já em 2022, a possível presença de 311 agrotóxicos foi avaliada em 1.772 amostras de 13 alimentos, das quais 25% estavam inadequadas (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2023). As amostras foram consideradas inadequadas em virtude de apresentarem concentrações de agrotóxicos acima do Limite Máximo de Resíduo (LMR) e/ou não permitidos para a cultura e/ou com uso proibido no Brasil (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2023). Além disso, conforme estudos realizados pelo Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, resíduos de agrotóxicos podem estar presentes em alimentos ultraprocessados (Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, 2021; 2022; 2024).

A segurança dos alimentos é comprometida quando neles há presença de resíduos de agrotóxicos; por conseguinte, expõem o consumidor ao risco de danos à saúde e fere o direito à segurança alimentar. Segundo Vasconcelos, Gurgel e Gurgel (2019), intoxicações ocasionadas pela exposição dietética aos agrotóxicos representam um relevante problema de saúde pública. Por isso, há necessidade de explorar estratégias eficientes para a redução da exposição dietética aos agrotóxicos. Assim, o objetivo desta revisão integrativa foi identificar e analisar estudos que testaram a eficiência do ultrassom na remoção de resíduos de agrotóxicos em alimentos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Delineamento do estudo

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura, a qual visa compilar e resumir estudos, propiciando a definição de conclusões sobre o tema investigado (Mendes; Silveira; Galvão, 2008). Foram identificados e analisados estudos que testaram a eficiência do ultrassom na remoção de resíduos de agrotóxicos em alimentos de origem vegetal e animal.

Para o desenvolvimento desta revisão integrativa foram consideradas as etapas sugeridas por Botelho, Cunha e Macedo (2011): 1) Definição do tema e elaboração da questão norteadora da pesquisa; 2) Determinação dos critérios de inclusão e exclusão; 3) Identificação dos estudos; 4) Extração dos dados

dos estudos selecionados; 5) Avaliação e interpretação dos resultados e; 6) Síntese do conhecimento.

#### Estratégia de busca

Foram consultadas as bases de dados eletrônicas PubMed e Science Direct, em julho de 2022. Para a busca nas plataformas foram utilizadas as palavras-chave no idioma inglês: ultrasonic, ultrasonic waves, ultrasonic treatment, agrochemicals, pesticides, foods, decontamination e removal, combinando-as com o auxílio dos operadores booleanos OR e AND. Durante a busca foram utilizados os filtros disponíveis nas plataformas, sendo selecionado o período de publicação e o tipo de artigo, conforme os critérios de inclusão.

Além das bases de dados, posteriormente, foi adotada como estratégia de busca de estudos as listas de referências dos artigos selecionados para comporem esta revisão.

#### Critérios de inclusão e exclusão dos estudos

Foram utilizados para a elaboração desta revisão integrativa estudos originais completos, publicados na língua inglesa, nos últimos 10 anos (2012 – 2021), nos quais foi avaliada a eficiência do ultrassom na remoção de resíduos de agrotóxicos em alimentos de origem vegetal e/ou animal, nos estados sólido e/ou líquido. Além disso, o ultrassom deveria ter sido aplicado em alimentos sólidos imersos em água sem aditivos (por exemplo: cloreto de sódio, bicarbonato de sódio, vinagre, desinfetantes, detergentes e outras substâncias) ou diretamente no alimento líquido.

Os estudos em que foram testados o ultrassom e outras técnicas de processamento (por exemplo: ozônio, corrente elétrica, lavagens, entre outras) isoladas e combinadas foram incluídos nesta revisão. Contudo, desses estudos foram extraídas apenas as informações referentes a aplicação do ultrassom isolado.

Excluiu-se as publicações que não atendessem todos os critérios de inclusão, além dos artigos duplicados, dissertações, teses, revisões da literatura, meta-análises, livros, capítulos de livros, resumos publicados em conferências, artigos originais incompletos e estudos em que foi avaliado apenas o ultrassom combinado a outras técnicas de processamento ou estas foram aplicadas em etapas pré e/ou pós ultrassom.

#### Processo de revisão e coleta dos dados

Inicialmente, os potenciais artigos foram identificados por meio da leitura do título e resumo. Os estudos considerados adequados para comporem esta revisão foram lidos na íntegra. As listas de referências dos artigos selecionados foram avaliadas criteriosamente, a fim de identificar possíveis trabalhos elegíveis que não foram localizados nas bases de dados.

Foram coletadas as seguintes informações dos artigos elegíveis: autoria, ano de publicação do estudo, título no idioma original, alimento analisado, condições ultrassônicas aplicadas, principais resultados e conclusões, visando sintetizar e facilitar a análise dos estudos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

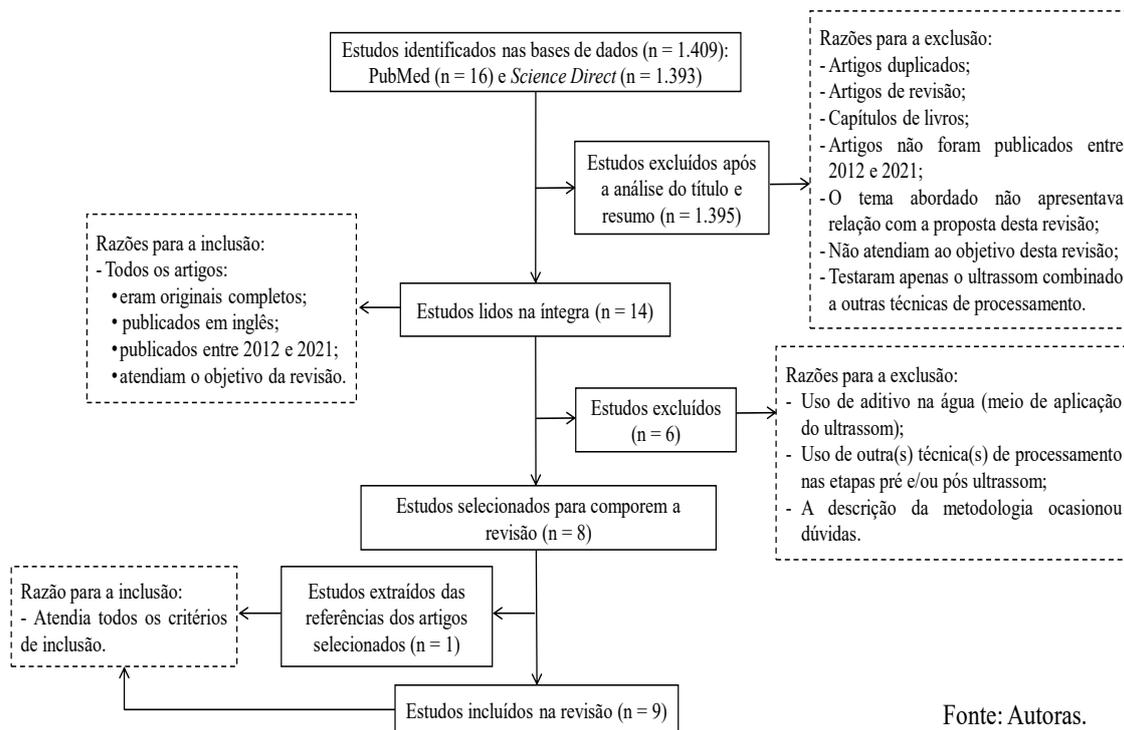
A definição dos critérios de inclusão e exclusão adotados foi realizada a partir da prévia análise de pesquisas a respeito da temática estudada, sendo estas identificadas de forma assistemática. Tal procedimento foi adotado visando possibilitar o esboço dos critérios de forma clara e evitar replanejamentos ao longo da seleção dos estudos.

Salienta-se que não foram levados em consideração como interferentes: a origem da contaminação das amostras aos agrotóxicos, o tipo de água utilizada para a imersão dos alimentos sólidos submetidos ao ultrassom (potável, destilada ou deionizada), a secagem em capela após o tratamento, as condições de armazenamento das amostras antes e após o tratamento ultrassônico (refrigeração ou congelamento) e os métodos de extração e quantificação dos agrotóxicos.

A representação sintetizada do processo de seleção de artigos para comporem esta revisão integrativa encontra-se na figura 1.

Nas bases de dados, PubMed e Science Direct, foram localizados 1.409 artigos. Após a leitura do título e resumo foram excluídos 1.395 artigos, devido os seguintes motivos: artigos duplicados, de revisão e capítulos de livros identificados apesar da seleção do filtro de interesse, publicados em ano não compreendido pelo período definido, em que o tema abordado não apresentava relação com a

Figura 1 – Fluxograma da elaboração da revisão integrativa



Fonte: Autoras.

proposta desta revisão, que não atendiam o objetivo desta pesquisa e por testarem apenas o ultrassom combinado a outras técnicas de processamento. Ao final desta etapa restaram 14 artigos, os quais foram lidos na íntegra.

Após a análise do texto completo, foi possível conhecer os detalhes dos estudos e a exclusão de seis artigos. Nas referências dos oito artigos selecionados foi identificado e incluído um artigo (Hassan *et al.*, 2019). Assim, no final do processo de seleção restaram nove artigos (Evrendilek; Keskin; Golge, 2020; Hassan *et al.*, 2019; Liang *et al.*, 2012; Lozowicka *et al.*, 2016; Polat; Tiryaki, 2020; Słowik-Borowiec; Szyrka, 2020; Yuan *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2012; Zhu *et al.*, 2019).

No estudo de Evrendilek, Keskin e Golge (2020) o ultrassom foi aplicado em suco de cereja azeda, visando avaliar a eficiência na remoção dos agrotóxicos clorpirifós, tau-fluvalinato, ciprodinil, piraclostrobina e malationa. O tratamento ultrassônico teve duração de 3 minutos e foi realizado com sonificador de 160/640 W, 2,5 A e 35 kHz (Evrendilek; Keskin; Golge, 2020).

O ultrassom promoveu a redução das concentrações de tau-fluvalinato (1,66%), malationa (23,58%),

ciprodinil (28,55%), clorpirifós (30,62%) e piraclostrobina (30,78%) no suco (Evrendilek; Keskin; Golge, 2020). Apesar do tratamento ter removido resíduos de agrotóxicos, dentre os métodos testados, o ultrassom foi o menos eficiente para remover essas substâncias em suco de cereja azeda (Evrendilek; Keskin; Golge, 2020).

A pesquisa de Polat e Tiryaki (2020) avaliou a remoção de acetamiprido, clorpirifós e cloridrato de formetanato presentes em pimenta Cápia (*Capsicum annum* L. var. *capia*) pela aplicação de ultrassom. A colheita das pimentas utilizadas se deu em três etapas: 4 horas, 2 e 3 dias após a aplicação dos agrotóxicos (Polat; Tiryaki, 2020). As pimentas foram submetidas ao tratamento em banho de ultrassom por 2 e 5 minutos, imersas em água de torneira (Polat; Tiryaki, 2020). Os pesquisadores não informaram a potência e a intensidade ultrassônicas utilizadas.

As maiores remoções de agrotóxicos pelo ultrassom ocorreram nas amostras de pimenta colhidas após 4 horas da aplicação dessas substâncias (Polat; Tiryaki, 2020). Após 2 minutos de tratamento houve redução de 68,14, 47,81 e 82,53% de acetamiprido, clorpirifós e cloridrato de formetanato,

respectivamente (Polat; Tiryaki, 2020). Já ao término de 5 minutos de exposição ao ultrassom as taxas de remoção de acetamiprido, clorpirifós e cloridrato de formetanato foram de 77,16, 86,13 e 88,50%, respectivamente (Polat; Tiryaki, 2020).

Nas amostras colhidas 2 e 3 dias após a aplicação dos agrotóxicos e submetidas por 2 e 5 minutos ao ultrassom foram observados percentuais de redução entre 3,21 e 30,43% para o acetamiprido, 14,89 e 82,30% de clorpirifós e 38,93 e 73,85% de cloridrato de formetanato (Polat; Tiryaki, 2020). Assim, quanto menor o intervalo de tempo entre a aplicação dos agrotóxicos e o tratamento ultrassônico, maior foi a remoção dos resíduos dessas substâncias nas pimentas (Polat; Tiryaki, 2020). Além disso, a eficiência do ultrassom na remoção dos agrotóxicos aumentou com o prolongamento do tempo de duração do tratamento (Polat; Tiryaki, 2020).

Houve maior remoção dos agrotóxicos de contato, clorpirifós (2 minutos: 14,89 a 47,81%; 5 minutos: 47,92 a 86,13%) e cloridrato de formetanato (2 minutos: 38,93 a 82,53%; 5 minutos: 64,92 a 88,50%), quando comparado ao acetamiprido (2 minutos: 3,21 a 68,14%; 5 minutos: 13,39 a 77,16%), que é sistêmico (Polat; Tiryaki, 2020).

Słowik-Borowiec e Szpyrka (2020) avaliaram a eficiência do ultrassom na remoção de dois agrotóxicos com função fungicida presentes em maçãs Gala. As amostras de maçã foram imersas em água destilada (21 °C), em um banho de ultrassom por 1, 5 e 15 minutos (Słowik-Borowiec; Szpyrka, 2020). A potência e frequência utilizadas foram de 240 W e 35000 Hz, respectivamente (Słowik-Borowiec; Szpyrka, 2020). Os pesquisadores constataram que houve aumento do percentual de remoção de fluopiram (1 minuto: 63,89%; 5 minutos: 79,17%; 15 minutos: 84,72%) e tebuconazol (1 minuto: 63,53%; 5 minutos: 74,81%; 15 minutos: 78,57%) com o acréscimo de minutos de exposição das maçãs ao ultrassom (Słowik-Borowiec; Szpyrka, 2020). Apesar dos agrotóxicos em estudo serem sistêmicos, foi concluído que o ultrassom é um método eficaz na remoção destas substâncias (Słowik-Borowiec; Szpyrka, 2020); tal resultado pode ter sofrido influência do fato das amostras de maçã terem sido colhidas no dia seguinte à aplicação dos agrotóxicos.

Yuan *et al.* (2020) tiveram por objetivo avaliar a degradação de parationa metílica em leite de vaca

promovida pelo ultrassom. No estudo foi utilizada a sonda ultrassônica com frequência contínua de 25 kHz e potência de saída máxima de 900 W (Yuan *et al.*, 2020). Foram testados três tratamentos sob diferentes condições, sendo mantidos os mesmos tempos de exposição ao ultrassom (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 minutos) (Yuan *et al.*, 2020). No primeiro tratamento as intensidades ultrassônicas de 3,54, 7,07 e 14,15 W cm<sup>-2</sup> foram utilizadas, sendo a concentração inicial do agrotóxico no leite de 3,80 μmol L<sup>-1</sup> e a temperatura de 35 °C (Yuan *et al.*, 2020). Já no segundo tratamento as amostras, a 35 °C, continham concentrações iniciais de parationa metílica iguais a 3,8, 19,11 e 38,02 μmol L<sup>-1</sup> e a intensidade ultrassônica aplicada foi de 14,15 W cm<sup>-2</sup> (Yuan *et al.*, 2020). Para o terceiro tratamento, amostras de leite de vaca com concentração inicial de 3,8 μmol L<sup>-1</sup> de parationa metílica, temperaturas controladas de 20, 35 e 50 °C e a intensidade ultrassônica de 14,15 W cm<sup>-2</sup> foi empregada (Yuan *et al.*, 2020).

O aumento do tempo de exposição ao ultrassom acarretou na diminuição das concentrações de parationa metílica nas amostras (Yuan *et al.*, 2020). A partir dos dois primeiros tratamentos testados os pesquisadores observaram que, à 35 °C, o uso de intensidade ultrassônica alta e a presença de baixa concentração inicial de parationa metílica no leite afetaram significativamente a degradação do agrotóxico (Yuan *et al.*, 2020). No terceiro tratamento, os percentuais máximos de degradação de parationa metílica foram de 91,86% (20 °C), 97,10% (35 °C) e 94,92% (50 °C) (Yuan *et al.*, 2020). Assim, o ultrassom demonstrou ser efetivo na degradação de parationa metílica em leite de vaca, sendo a intensidade ultrassônica e a concentração inicial de parationa metílica no leite os fatores mais relevantes para tal efeito (Yuan *et al.*, 2020).

Apesar dos resultados satisfatórios, a degradação da parationa metílica no leite de vaca promovida pelo ultrassom não elimina o risco de intoxicação (Yuan *et al.*, 2020). Três produtos foram gerados a partir da degradação da parationa metílica, sendo a toxicidade destes igual ou superior a do agrotóxico de origem (Yuan *et al.*, 2020). Assim, os pesquisadores alertam para a necessidade de avaliar a toxicidade dos produtos gerados durante a degradação de agrotóxicos (Yuan *et al.*, 2020).

No estudo conduzido por Hassan et al. (2019) tomates foram submetidos ao ultrassom para a remoção de metalaxil e clorpirifós. Foi utilizado banho de ultrassom com frequência de 45 kHz e água destilada como meio de imersão dos tomates (Hassan et al., 2019). Os tempos de tratamento testados foram de 15, 30 e 60 minutos (Hassan et al., 2019). Assim como nos demais estudos revisados, o aumento do tempo de ultrassom contribuiu para a remoção dos agrotóxicos (Hassan et al., 2019). Após 60 minutos, 23 e 100% das concentrações de metalaxil e clorpirifós, respectivamente, foram removidas dos tomates (Hassan et al., 2019). Enquanto que o metalaxil é um agrotóxico sistêmico, o clorpirifós é de contato, características que contribuem para justificar a maior remoção desta última substância (Hassan et al., 2019).

Zhu et al. (2019) investigaram a eficiência de diferentes condições ultrassônicas na remoção de resíduos de clorotalonil, pirazofós e carbendazim presentes em folhas de packchoi (*Brassica rape L. ssp. chinensis*). As folhas de packchoi foram imersas em água deionizada em banho de ultrassom e submetidas a diferentes frequências (28, 40, 50 e 135 kHz) e intensidades ultrassônicas (0,05, 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45 W cm<sup>-2</sup>) a 20 °C por 10 minutos (Zhu et al., 2019).

Após os tratamentos ultrassônicos os percentuais de remoção de clorotalonil, pirazofós e carbendazim variaram entre 13,87% (135 kHz e 0,05 W cm<sup>-2</sup>) a 74,86% (28 kHz e 0,45 W cm<sup>-2</sup>), 21,74% (50 kHz e 0,05 W cm<sup>-2</sup>) a 45,68% (28 kHz e 0,45 W cm<sup>-2</sup>) e 5,12% (135 kHz e 0,15 W cm<sup>-2</sup>) a 24,63% (28 kHz e 0,45 W cm<sup>-2</sup>), respectivamente (Zhu et al., 2019). Assim, o carbendazim foi o menos removido das folhas de packchoi, quando comparado aos demais agrotóxicos (Zhu et al., 2019). De acordo com os autores, a variação da eficiência do ultrassom na remoção dos agrotóxicos pode estar associada as diferentes propriedades físicas e químicas dessas substâncias (Zhu et al., 2019).

O percentual de remoção dos agrotóxicos aumentou com a elevação da intensidade e diminuição da frequência ultrassônica (Zhu et al., 2019). Dessa forma, para os três agrotóxicos em estudo, as maiores concentrações foram removidas quando utilizado o ultrassom a 28 kHz e 0,45 W cm<sup>-2</sup> (Zhu et al., 2019). Em conclusão, o ultrassom foi considerado

eficaz na remoção de resíduos de agrotóxicos (Zhu et al., 2019).

O efeito do ultrassom sobre resíduos de 16 agrotóxicos (boscalida, bupirimato, ciprodi-nil, fenhexamida, fludioxonil, folpete, iprodiona, piraclostrobina, tetraconazol, trifloxistrobina, acetamiprido, alfa-cipermetrina, clorpirifós, deltametrina, lambda-cialotrina e pirimicarbe) em morango foi investigado por Lozowicka et al. (2016). Os morangos foram imersos em água de torneira dentro de um banho de ultrassom (Lozowicka et al., 2016). A potência e frequência utilizadas foram de 2x240 W pico/ período e 40 kHz, respectivamente (Lozowicka et al., 2016). O tratamento ultrassônico foi aplicado por 1, 2 e 5 minutos (Lozowicka et al., 2016). A remoção dos agrotóxicos aumentou com o tempo de tratamento (Lozowicka et al., 2016). Após 1 minuto de ultrassom foram observados percentuais de remoção entre 16,44% (fenhexamida) e 81,33% (piraclostrobina), enquanto que ao final de 2 minutos houve variação entre 18,92% (fenhexamida) e 87,06% (alfa-cipermetrina) (Lozowicka et al., 2016). A eficiência do ultrassom após 5 minutos foi de 45,05% (fenhexamida) a 91,18% (alfa-cipermetrina) (Lozowicka et al., 2016). Os autores concluíram que o ultrassom foi um dos métodos testados mais eficientes na remoção de agrotóxicos em morangos, em decorrência do processo de cavitação (Lozowicka et al., 2016).

Liang et al. (2012) investigaram o efeito do ultrassom sobre as concentrações de resíduos de agrotóxicos organofosforados (triclorfom, dime-toato, diclorvós, fenitrationa e clorpirifós) presentes em pepino cru. Os pepinos foram submersos em água, dentro de um banho de ultrassom por 5, 10 e 20 minutos (Liang et al., 2012). Não foram informadas a potência, a frequência e a intensidade ultrassônicas utilizadas.

O aumento do tempo de tratamento acarretou em maiores percentuais de remoção dos agrotóxicos (Liang et al., 2012). Os percentuais de remoção variaram entre 16,70% e 73,30% após 5 minutos, 21,40% e 77,80% depois de 10 minutos e 49,80 e 84,40% ao final de 20 minutos para o diclorvós e a fenitrationa, respectivamente (Liang et al., 2012).

Zhang et al. (2012) estudaram a influência de diferentes potências (100, 300 e 500 W) e tempos de ultrassom (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 minutos) na degradação de forato em suco de maçã. O

ultrassom foi emitido através de um sonificador com frequência fixa de 20 kHz (Zhang *et al.*, 2012). Os autores não expressaram os percentuais de degradação de forato. Por meio do gráfico apresentado no estudo, verificou-se que o aumento da potência ultrassônica e do tempo de tratamento promoveram crescente degradação do forato (Zhang *et al.*, 2012).

Em relação aos produtos formados a partir da degradação do forato, foram identificados o oxon forato e sulfóxido de forato (Zhang *et al.*, 2012). Foram atribuídos aos radicais hidroxila gerados durante a cavitação a degradação do forato e a formação dos produtos (Zhang *et al.*, 2012). Ao ser avaliada a toxicidade de amostras de suco de maçã, foi verificada a redução significativa pelo ultrassom (Zhang *et al.*, 2012).

Poucos estudos tinham por objetivo avaliar os efeitos do ultrassom isolado com a perspectiva de empregá-lo na remoção de resíduos de agrotóxicos em alimentos, em especial, os de origem animal. Os estudos revisados diferiram quanto ao alimento em que o ultrassom foi aplicado, bem como, os agrotóxicos analisados e as condições ultrassônicas testadas. Em alguns artigos os resultados foram expressos em formato de gráficos e/ou não informavam todos os percentuais de remoção dos agrotóxicos ou as concentrações que possibilitassem o cálculo destes, o que afetou a análise das pesquisas durante a revisão. Além de avaliarem o efeito do ultrassom sobre agrotóxicos, os estudos selecionados abordaram análises que não atendiam ao interesse desta revisão, e por isso, estas não foram discutidas.

Os resultados mostram que o ultrassom remove resíduos de agrotóxicos presentes em alimentos. Os estudos revisados apresentaram variados percentuais de eficiência do ultrassom na remoção de agrotóxicos, sendo o mínimo verificado igual a 1,66% de tau-fluvalinato (Evrendilek; Keskin; Golge, 2020) e o máximo de 100% de clorpirifós (Hassan *et al.*, 2019).

Os pesquisadores atribuem a capacidade do ultrassom de remover os agrotóxicos ao processo de cavitação (Evrendilek; Keskin; Golge, 2020; Liang *et al.*, 2012; Lozowicka *et al.*, 2016; Polat; Tiryaki, 2020; Słowik-Borowiec; Szpyrka, 2020; Yuan *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2012; Zhu *et al.*, 2019). A cavitação acústica consiste na formação, expansão e eclosão de

microbolhas em um meio líquido durante a emissão de ondas ultrassônicas de baixa frequência (São José, 2013). As ondas de ultrassom são propagadas em ciclos alternados de compressão e expansão que geram pontos de pressão positiva e negativa, respectivamente (São José, 2013). Durante o ciclo de expansão pode haver a formação de bolhas no líquido (Luque-García; Castro, 2003). Os gases e vapores contidos no líquido migram para o interior das bolhas contribuindo para o aumento do tamanho destas (São José, 2013). Ao atingirem o tamanho máximo, as bolhas sofrem colapso e liberam grande quantidade de energia (São José, 2013). Nos casos em que os colapsos ocorrem próximos a um sólido, os microjatos produzidos auxiliam na remoção de contaminantes presentes na superfície (Kentish; Feng, 2014), visto que o impacto mecânico favorece a ocorrência de trocas entre o sólido e o meio externo (Chavan *et al.*, 2022). De acordo com São José (2013), nos casos em que a água é utilizada como meio de propagação do ultrassom, a energia gerada pelo colapso provoca a quebra das moléculas contidas no interior das bolhas, formando os radicais -H e -OH. Evrendilek, Keskin e Golge (2020), Yuan *et al.* (2020) e Zhang *et al.* (2012) atribuem aos radicais hidroxila a degradação dos agrotóxicos estudados. Assim, partindo-se do conhecimento dos efeitos da cavitação, compreende-se os resultados observados pelos pesquisadores, no que se refere a remoção dos agrotóxicos dos alimentos pelo ultrassom e a degradação de algumas dessas substâncias.

Segundo Misra (2015), a frequência, a amplitude e a intensidade ultrassônicas, a temperatura e o tempo de tratamento são parâmetros associados aos efeitos químicos promovidos pelo ultrassom. Dessa forma, a otimização das condições dos parâmetros combinados pode auxiliar na remoção dos agrotóxicos (Misra, 2015).

O tamanho das bolhas formadas durante a cavitação é influenciado pela frequência ultrassônica empregada (Astráin-Redín *et al.*, 2020; Kentish; Feng, 2014). Assim, o ultrassom de baixa frequência apresenta comprimento de onda mais longo (Dolas; Saravanan; Kaur, 2019) e colabora para a geração de bolhas grandes que colapsam com maior violência (Kentish; Feng, 2014), enquanto que com o aumento

da frequência, as bolhas formadas são menores e ao colapsarem liberam menos energia (Fuchs, 2015).

A potência ultrassônica e a intensidade cavitacional são diretamente proporcionais (Yao; Pan; Liu, 2020), visto que a alta potência favorece o aumento da produção de bolhas (Fuchs, 2015).

Já em relação a temperatura, segundo Chavan *et al.* (2022), o aumento desta pode interferir no processo de cavitação diminuindo a sua intensidade. No entanto, para Fuchs (2015) o aumento da temperatura contribui para solubilizar contaminantes.

Os estudos analisados concordam que, quanto maior o tempo de tratamento ultrassônico, maior é a remoção dos agrotóxicos. Acredita-se que o tempo prolongado de exposição do alimento ao processo de cavitação possibilita maior abrasão da superfície e, conseqüentemente, maior remoção do agrotóxico.

Os diferentes percentuais de remoção dos agrotóxicos pelo ultrassom são influenciados pelas propriedades físicas e químicas dessas substâncias. De acordo com Cabrera *et al.* (2014), a solubilidade em água ( $Sw$ ), a pressão de vapor ( $PV$ ), o coeficiente de partição octanol-água ( $Kow$ ), a constante da Lei de Henry ( $KH$ ) e a constante de ionização ácido ou base ( $pKa$  ou  $pKb$ ) são características que determinam o comportamento dos agrotóxicos.

O  $Kow$  permite identificar se o agrotóxico é hidrofóbico ou hidrofílico (Cabrera *et al.*, 2014). Assim, agrotóxicos hidrofóbicos/lipofílicos apresentam afinidade por substâncias lipídicas e apresentam valores de  $Kow$  maiores que quatro (Ferracini; Pessoa, 2008). Já os agrotóxicos hidrofílicos interagem facilmente com a água (Cabrera *et al.*, 2014; Ferracini; Pessoa, 2008) e possuem valores de  $Kow$  menor que zero (Ferracini; Pessoa, 2008). A partir do conhecimento do  $Kow$  é possível reconhecer a capacidade de  $Sw$  do agrotóxico.

A  $PV$ , assim como, a constante da  $KH$ , determina se o agrotóxico é capaz de se volatilizar (Cabrera *et al.*, 2014; Ferracini; Pessoa, 2008). Enquanto que a  $PV$  indica a volatilização dos agrotóxicos quando em estado puro (Ferracini; Pessoa, 2008), o  $KH$  refere-se à volatilização dessas substâncias quando estão adicionadas à água (Cabrera *et al.*, 2014). Agrotóxicos com valores altos para  $PV$  e  $KH$  volatilizam-se facilmente (Ferracini; Pessoa, 2008). Já a  $pKa$  e  $pKb$

relacionam-se a capacidade do agrotóxico ionizar-se, conforme o pH (Ferracini; Pessoa, 2008).

Outro importante fator que afeta a remoção dos agrotóxicos dos alimentos é o modo de ação dessas substâncias. Segundo Tiryaki e Polat (2023) e Zacharia (2011), os agrotóxicos podem ser de contato ou sistêmicos. Os agrotóxicos de contato não são capazes de penetrar nos tecidos vegetais, requerendo o contato direto com a praga alvo para poderem exercer a sua função (Zacharia, 2011), podendo, assim, serem facilmente removidos (Polat; Tiryaki, 2020; Tiryaki; Polat, 2023). Já os agrotóxicos sistêmicos são absorvidos pelos tecidos vegetais, atingindo a seiva da planta (Tiryaki; Polat, 2023; Zacharia, 2011).

Em relação ao intervalo de tempo entre a última aplicação do agrotóxico e o tratamento ultrassônico, esta relação sofre influência do modo de ação dessas substâncias. Em caso de agrotóxico sistêmico, quanto maior o tempo entre a aplicação e o tratamento ultrassônico, maior será a absorção do agrotóxico pelos tecidos vegetais, o que dificultará a eliminação dessa substância, conforme observado no estudo de Polat e Tiryaki (2020).

O presente estudo apresentou como limitante, na seleção de artigos, o fato de que muitos não se adequavam aos critérios de inclusão propostos, especialmente pelos estudos empregarem o ultrassom combinado a outras tecnologias e as bases resgataram estudos com finalidades distintas desta pesquisa. Além disso, levanta-se a hipótese de que, por serem informações limitadas a respeito dos estudos, a análise inicial apenas do título e resumo pode ter possibilitado a exclusão de artigos que apresentavam características adequadas à critérios de inclusão desta revisão, mas que somente a leitura na íntegra permitiria tal identificação.

Além de constatar que o ultrassom remove agrotóxicos presentes em alimentos, a análise dos artigos possibilitou compreender que há diversos fatores que interferem na eficiência dessa tecnologia. Por isso, mais estudos fazem-se necessários, afim de investigarem: os agrotóxicos que o ultrassom remove, dentre os diversos utilizados na agricultura; as condições ultrassônicas (frequência, intensidade e tempo de ultrassom) que promovem a remoção satisfatória de cada agrotóxico, considerando as suas

características; para quais agrotóxicos há formação de produtos de degradação e a toxicidade destes; o comportamento do ultrassom sobre agrotóxicos em alimentos de origem animal; e a influência das características dos alimentos sobre a atuação do ultrassom. O preenchimento das lacunas no conhecimento acerca da remoção de agrotóxicos pelo ultrassom garantirá resultados significativamente satisfatórios para a obtenção de alimentos seguros e com qualidade para o consumo humano e, conseqüentemente, contribuirá para que a indústria de alimentos se motive a empregar essa tecnologia com tal finalidade.

## CONCLUSÃO

Constatou-se que o ultrassom é uma tecnologia com potencial para ser aplicada na remoção de agrotóxicos em alimentos. Em apenas um estudo houve redução total de um agrotóxico. Variados percentuais de remoção de agrotóxicos pelo ultrassom foram relatados pelos estudos, visto que diferentes condições de operação foram avaliadas. Além disso, a análise dos artigos possibilitou compreender que há diversos fatores como a cavitação, a frequência, a intensidade, a potência, a temperatura e o tempo de ultrassom e as propriedades físicas e químicas dos agrotóxicos que interferem na eficiência do ultrassom na remoção dessas substâncias e estes devem ser levados em consideração.

Foi evidenciado que quanto menor o intervalo de tempo entre a aplicação dos agrotóxicos e o tratamento ultrassônico, maior é a remoção dessas substâncias do alimento. Ademais, o prolongamento do tempo de exposição dos alimentos ao ultrassom acarreta em maior redução das concentrações dos agrotóxicos, sendo aqueles com modo de ação de contato mais facilmente removidos. O uso de alta intensidade e baixa frequência favorecem a descontaminação dos alimentos. No entanto, é necessário avaliar a possível formação de produtos de degradação a partir dos agrotóxicos e a toxicidade destes, pois podem ser mais tóxicos que a substância

de origem e, por isso, comprometerem a segurança do alimento.

Assim, o ultrassom é uma tecnologia promissora para a finalidade analisada nesta revisão, porém mais estudos fazem-se necessários para que haja o aprimoramento das condições que promovam a remoção de agrotóxicos pelo ultrassom e, assim haja a garantia de resultados significativamente satisfatórios para a obtenção de alimentos seguros e com qualidade para o consumo humano. Com isso, espera-se que futuramente o ultrassom tenha aplicabilidade na indústria alimentícia com o intuito de remover agrotóxicos de alimentos.

## REFERÊNCIAS

- ASTRÁIN-REDÍN, L.; CIUDAD-HIDALGO, S.; RASO, J.; CONDÓN, S.; CEBRIÁN, G.; ÁLVAREZ, I. Application of high-power ultrasound in the food industry. In: KARAKUŞ, S. (ed.). Sonochemical reactions. Londres: IntechOpen, 2020. p. 103-126. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90444>
- BHARGAVA, N.; MOR, R.S.; KUMAR, K.; SHARANAGAT, V.S. Advances in application of ultrasound in food processing: a review. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 70, p. 105293, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105293>
- BOTELHO, L.L.R.; CUNHA, C.C. de A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão e Sociedade*, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011. <https://doi.org/10.21171/ges.v5i11.1220>
- BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária - ANVISA. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA: relatório dos resultados das análises de amostras monitoradas nos ciclos 2018-2019 e 2022: Plano Plurianual 2017 - 2022. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2023.
- CABRERA, L. da C.; MELLO, L.L.; BADIALE-FURLONG, E.; PRIMEL, E.G.; PRESTES, O.D.;

ZANELLA, R. Efeito do processamento industrial e doméstico de alimentos nos níveis de resíduos de agrotóxicos. *Vigilância Sanitária em Debate*, v. 2, n. 4, p. 43-52, 2014. <https://doi.org/10.3395/vd.v2n4.462>

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. <https://doi.org/10.3390/foods11010122>

DOLAS, R.; SARAVANAN, C.; KAUR, B.P. Emergence and era of ultrasonic's in fruit juice preservation: a review. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 58, p. 104609, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.05.026>

EVRENDILEK, G.A.; KESKIN, E.; GOLGE, O. Interaction and multi-objective effects of multiple non-thermal treatments of sour cherry juice: pesticide removal, microbial inactivation, and quality preservation. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, v. 100, n. 4, p. 1653-1661, 2020. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10178>

FERRACINI, V.L.; PESSOA, M.C.Y.P. Aspectos toxicológicos e ambientais dos agrotóxicos aplicados na cultura do melão. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J.A.; FREITAS, J. de A.D. de; TERAPO, D. (orgs). *Produção integrada de melão*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Banco do Nordeste do Brasil, 2008. p. 237-247.

FUCHS, F.J. Ultrasonic cleaning and washing of surfaces. In: GALLEGU-JUÁREZ, J.A.; GRAFF, K.F. (ed.). *Power ultrasonics: applications of high-intensity ultrasound*. Sawston: Woodhead Publishing, 2015. p. 577-609. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-028-6.00019-3>

GALLO, M.; FERRARA, L.; NAVIGLIO, D. Application of ultrasound in food science and technology: a perspective. *Foods*, v. 7, n. 10, p. 164, 2018. <https://doi.org/10.3390/foods7100164>.

HASSAN, H.; ELSAYED, E.; EL-RAOUF, A.E.-R.A.;

SALMAN, S.N. Method validation and evaluation of household processing on reduction of pesticide residues in tomato. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, v. 14, p. 31-39, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00003-018-1197-2>.

HESHMATI, A.; NAZEMI, F. Dichlorvos (DDVP) residue removal from tomato by washing with tap and ozone water, a commercial detergent solution and ultrasonic cleaner. *Food Science and Technology*, v. 38, n. 3, p. 441-446, 2018. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.07617>

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR. *Tem veneno nesse pacote*. São Paulo: Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR. *Tem veneno nesse pacote*. Volume 2: ultraprocessados de origem animal. São Paulo: Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR. *Tem veneno nesse pacote*. Volume 3: Novos produtos, velhos problemas. São Paulo: Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, 2024.

KENTISH, S.; FENG, H. Applications of power ultrasound in food processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, v. 5, p. 263-284, 2014. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182537>

LIANG, Y.; WANG, W., SHEN, Y.; LIU, Y.; LIU, X.J. Effects of home preparation on organophosphorus pesticide residues in raw cucumber. *Food Chemistry*, v. 133, n. 3, p. 636-640, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.016>

LOZOWICKA, B.; JANKOWSKA, M.; HRYNKO, I.; KACZYNSKI, P. Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 188, n. 1, p. 51, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10661->

015-4850-6

LUQUE-GARCÍA, J.L.; CASTRO, M.D.L. de. Ultrasound: a powerful tool for leaching. *Trends in Analytical Chemistry*, v. 22, n. 1, p. 41-47, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(03\)00102-X](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(03)00102-X)

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. de C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & Contexto Enfermagem*, v. 17, n. 4, p. 758-764, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018>

MISRA, N.N. The contribution of non-thermal and advanced oxidation technologies towards dissipation of pesticide residues. *Trends in Food Science & Technology*, v. 45, n. 2, p. 229-244, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.005>

POLAT, B.; TIRYAKI, O. Assessing washing methods for reduction of pesticide residues in Capia pepper with LC-MS/MS. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, v. 55, n. 1, p. 1-10, 2020. <https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1660563>

RIBEIRO, E.P. Processos – tecnologias inovadoras. In: FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. *Brasil food trends 2020*. São Paulo: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2010. p. 129-143.

SÃO JOSÉ, J.F.B. de; ANDRADE, N.J. de; RAMOS, A.M.; VANETTI, M.C.D.; STRINGHETA, P.C.; CHAVES, J.B.P. Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. *Food Control*, v. 45, p. 36-50, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.04.015>

SÃO JOSÉ, J.F.B. Caracterização físico-química e microbiológica de tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) minimamente processado submetido a diferentes tratamentos de sanitização [Tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2013.

SŁOWIK-BOROWIEC, M.; SZPYRKA, E. Selected food processing techniques as a factor for pesticide residue removal in apple fruit. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, n. 2, p. 2361-2373, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06943-9>

TIRYAKI, O.; POLAT, B. Effects of washing treatments on pesticide residues in agricultural products. *Journal of Food and Feed Science-Technology*, v. 29, p. 1-11, 2023.

YAO, Y.; PAN, Y.; LIU, S. Power ultrasound and its applications: a state-of-the-art review. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 62, p. 104722, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104722>

VASCONCELOS, M. M. N. de; GURGEL, I. G. D.; GURGEL, A. do M. Efeitos crônicos decorrentes da ingestão de múltiplos agrotóxicos presentes em alimentos: determinação do risco aditivo. In: GURGEL, A. do M.; SANTOS, M. O. S. dos; GURGEL, I. G. D. (org.). *Saúde do campo e agrotóxicos: vulnerabilidades socioambientais, político-institucionais e teórico-metodológicas*. Recife: Editora UFPE, 2019. p. 267-286.

YUAN, S.; LI, C.; ZHANG, Y.; YU, H.; XIE, Y.; GUO, Y.; YAO, W. Degradation of parathion methyl in bovine milk by high-intensity ultrasound: degradation kinetics, products and their corresponding toxicity. *Food Chemistry*, v. 327, p. 127103, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127103>

ZACHARIA, J.T. Identity, physical and chemical properties of pesticides. In: STOYTICHEVA, M. (ed.). *Pesticides in the modern world – trends in pesticides analysis*. Londres: IntechOpen, 2011. p. 3-20.

ZHANG, Y.; XIAO, Z.; CHEN, F.; GE, Y.; WU, J.; HU, X. Degradation behavior and products of malathion and chlorpyrifos spiked in apple juice by ultrasonic treatment. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 17, n. 1, p. 72-77, 2010a. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2009.06.003>

ZHANG, Y.; ZHANG, W.; LIAO, X.; ZHANG, J.; HOU, Y.; XIAO, Z.; CHEN, F.; HU, X. Degradation of diazinon in apple juice by ultrasonic treatment. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 17, n. 4, p. 662-668, 2010b. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2009.11.007>

ZHANG, Y.; ZHANG, Z.; CHEN, F.; ZHANG, H.; HU, X. Effect of sonication on eliminating of phorate in apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 19, n. 1, p. 43-48, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2011.05.014>

ZHU, Y.; ZHANG, T.; XU, D.; WANG, S.; YUAN, Y.; HE, S.; CAO, Y. The removal of pesticide from pakchoi (*Brassica rape L. ssp. chinensis*) by ultrasonic treatment. *Food Control*, v. 95, p. 176-180, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.039>

#### AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RECEBIDO EM: 3.5.2024

ACEITO EM: 23.5.2024