

## Embalagens multicamadas à base de poliamida e polietileno para o processamento de ultrassom

*Luís Marangoni Júnior &  
Marisa Padula  
Pesquisadores do Cetea*

O desenvolvimento de tecnologias emergentes de processamento de alimentos está recebendo atenção devido à crescente demanda do consumidor por alimentos seguros e minimamente processados com atributos de alta qualidade. O processamento de alta pressão, aquecimento ôhmico e ultrassom têm sido frequentemente citados pelos pesquisadores como alternativas para o processamento de (Hernández-Hernández; Moreno-Vilet; Villanueva-Rodríguez, 2019; Moreno-Vilet; Hernández-Hernández; Villanueva-Rodríguez, 2018). As tecnologias de processamento de alimentos por ultrassom são relativamente baratas, simples e economizam energia e, portanto, tornaram-se uma tecnologia emergente para minimizar o processamento, modificar produtos, maximizar a qualidade e garantir a segurança dos produtos alimentícios (Ozuna *et al.*, 2015; Awad *et al.*, 2012).

O ultrassom é definido como ondas sonoras com frequência que excede o limite de audição do ouvido humano (~ 20 kHz) (Awad *et al.*, 2012; Knorr, 2011). Em um sistema de ultrassom, a energia elétrica é transformada em energia vibracional, ou seja, energia mecânica que será transmitida através de um meio (Alarcon-Rojo *et al.*, 2019). O ultrassom de alta potência (> 1 W/cm<sup>2</sup>) e baixa frequência (20–100 kHz) induz alterações mecânicas, físicas, químicas e bioquímicas por meio da cavitação, que suporta muitas operações de processamento de alimentos, como extração, congelamento, secagem, processos térmicos, emulsificação, inativação enzimática e de bactérias patogênicas em superfícies de contato com (Ozuna *et al.*, 2015; Awad *et al.*, 2012).

A aplicação da tecnologia de ultrassom em alimentos embalados já está sendo considerada e pesquisas estão sendo desenvolvidas no sentido de avaliar a efetividade do processamento de ultrassom na qualidade de produtos embalados. Neste sentido, avaliar as interações alimento-embalagem-processamento são primordiais para definição dos materiais de embalagem mais adequados para a tecnologia de ultrassom.

Assim, em janeiro de 2022, o Cetea/Ital, em parceria com a *Université Paris-Saclay* (França) e a Faculdade de Engenharia Química da Unicamp, iniciou um projeto financiado pela Fapesp (Processo nº 2021/04043-2), cujo objetivo foi avaliar o efeito de diferentes condições de processamento por ultrassom sobre materiais de embalagem multicamadas à base de poliamida (PA) e polietileno (PE) em contato com diferentes simulantes de alimentos. Nessa pesquisa, duas embalagens compostas por PE/PA/PE e PE/PA/PE/PA/PE foram preenchidas com simulantes de alimentos aquosos, gordurosos e ácidos e tratadas em banho ultrassônico com frequência 25 kHz, potência volumétrica de 9,74 W/L, temperatura de 25 °C e tempo de 30 e 60 min. Os materiais foram avaliados antes e após o processamento de ultrassom em termos de estrutura, propriedades de desempenho e potencial de migração total e dos monômeros da PA6 ( $\epsilon$ -caprolactama) e da PA6.6 (hexametilenodiamina).

Os resultados dessa pesquisa mostraram que o processamento de ultrassom não causou ou induziu pequenas alterações nos grupos químicos, cristalinidade, temperatura de fusão e resistência à tração dos filmes. O filme composto por PE/PA/PE apresentou uma redução na resistência da termossoldagem de 25% na direção da máquina e 22% na direção transversal, demonstrando que estratégias para melhorar o processo de selagem podem ser estudadas, minimizando o impacto dessa alteração após o processamento, como aumentar a largura da região de selagem, aplicar dupla selagem, substituir a camada de polímero selante por polímeros com características especiais de selagem, entre outras. O filme PE/PA/PE/PA/PE mostrou um aumento de 20% na taxa de transmissão de vapor d'água após o processamento de ultrassom. A migração da  $\epsilon$ -caprolactama foi influenciada pelo material da embalagem, simulante de alimento e tempo de processamento do ultrassom, sendo maior na embalagem de três camadas (PE/PA/PE). No entanto, os resultados ficaram dentro dos limites estabelecidos pelas legislações brasileiras e europeia. O processamento de ultrassom não influenciou a migração global nem a da

hexametilenodiamina para ambos os materiais, independente do simulante de alimentos em contato e da condição de processo aplicada.

Sendo assim, foi possível concluir que, embora o ultrassom tenha tido algum impacto nas propriedades dos materiais avaliados, essas modificações não comprometem a utilização dessas embalagens para aplicações em alimentos processados por ultrassom. Além disso, em termos de segurança de materiais para contato com alimentos, embora todos os resultados tenham atendido aos limites de migração estabelecidos pelas legislações brasileira e da União Europeia, este estudo destaca a importância da avaliação de embalagens no desenvolvimento de tecnologias emergentes de processamento de alimentos. Portanto, os resultados indicam que o ultrassom pode ser utilizado como tecnologia de processamento de alimentos em embalagens multicamadas compostas por PA e PE.

Os resultados obtidos no projeto foram publicados em revistas indexadas de divulgação internacional, e podem ser consultados conforme descrito a seguir:

- MARANGONI JÚNIOR, L.; AUGUSTO, P. E. D.; VIEIRA, R. P.; BORGES, D. F.; ITO, D.; TEIXEIRA, F. G.; DANTAS, F. B. H.; PADULA, M. Food-Package-Processing relationships in emerging technologies: Ultrasound effects on polyamide multilayer packaging in contact with different food simulants. **Food Research International**, v. 163, p. 112-217, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112217>.
- MARANGONI JÚNIOR, L.; AUGUSTO, P. E. D.; PEREZ, M. Â. F.; SOARES, B. M. C.; KIYATAKA, P. H. M.; DANTAS, F. B. H.; PADULA, M. Food-packaging interaction during ultrasound processing: migration of monomers from multilayer polyamide packages to different food simulants. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 18, p. 1452-1462, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02259-y>

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo apoio financeiro concedido através dos processos nº 2021/04043-2, 2018/15758-0, 2018/15759-6 e 2017/50349-0.

As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade dos autores e não necessariamente refletem a visão da Fapesp.

## Referências Bibliográficas

ALARCON-ROJO, A. L. *et al.* Ultrasound and meat quality: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 55, p. 369-382, 2019.

AWAD, T. S. *et al.* Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. **Food Research International**, v. 48(2), p. 410-427, 2012.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, H. M.; MORENO-VILET, L.; VILLANUEVARODRÍGUEZ, S. J. Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel non-thermal processing. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 58, p. 102-233, 2019.

KNORR, D. *et al.* Emerging technologies in food processing. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 2, p. 203-235, 2011.

MORENO-VILET, L.; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, H. M.; VILLANUEVARODRÍGUEZ, S. J. Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel thermal processing. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 50, p. 196-206, 2018.

OZUNA, C. *et al.* Innovative applications of high-intensity ultrasound in the development of functional food ingredients: Production of protein hydrolysates and bioactive peptides. **Food Research International**, v. 77, p. 685-696, 2015.