

TECNOLOGIAS EMERGENTES: TENDÊNCIAS RECENTES NO CONTEXTO BRASILEIRO

RESUMO

Devido à crescente demanda do consumidor por alimentos de alta qualidade, muitas vezes mais naturais e com vida útil satisfatória, pesquisas vêm sendo desenvolvidas para minimizar as perdas nutricionais e manter a característica de frescor. Dessa forma, tecnologias emergentes como Campo Elétrico Pulsado (CEP), Altas Pressões Hidrostáticas (APH) e Dióxido de Carbono de Alta Pressão (AP-CO₂) têm sido utilizadas para diversos fins, como estabilização de alimentos, melhoria da qualidade nutricional, extração de compostos bioativos, secagem. Nesse contexto, esse trabalho reuniu os objetivos e as principais tendências de investigações com CEP, APH e AP-CO₂ no ramo da ciência e tecnologia de alimentos em centros de pesquisa brasileiros a partir do ano de 2020. Dos 92 trabalhos dentre as três tecnologias emergentes avaliadas, observou-se que APH foi a mais investigada, seguida de CEP e, por último, AP-CO₂. Essas tecnologias foram utilizadas principalmente para extração de compostos (28 publicações), tratamento de microrganismos e/ou enzimas (20 publicações) e estabilização de alimentos (18 trabalhos), que mostraram ser tendência de investigação para as tecnologias investigadas.

INTRODUÇÃO

Alguns métodos de tratamento térmico são amplamente utilizados na indústria de alimentos devido a eficácia e a quantidade de informações disponíveis para aplicação em grande escala. A pasteurização, secagem e esterilização comercial produzem efeitos satisfatórios quando aplicadas para aumento do *shelf-life*, segurança do alimento e alterações propositas nas propriedades organolépticas. No entanto, o calor excessivo resultante de tais métodos é muitas vezes prejudicial a alguns componentes dos alimentos, levando a uma redução da qualidade e do valor nutricional (KHOURYIEH, 2021). Além da preocupação em manter as propriedades nutricionais dos alimentos, a extração eficiente de compostos vegetais de interesse (tais como polifenóis, carotenoides etc.) também é alvo de investigação (ZIA et al., 2022).

Devido à demanda cada vez mais intensa do consumidor por alimentos de alta qualidade, muitas vezes mais naturais e com vida útil satisfatória, nos últimos cinquenta anos, pesquisas foram desenvolvidas para minimizar as perdas nutricionais e manter a característica de frescor (OLIVEIRA e MALTA, 2022). O desenvolvimento de tecnologias inovadoras visa proporcionar um equilíbrio entre segurança e processamento mínimo e entre limitações econômicas adequadas e qualidade superior. Atrelado a isso, é também crescente a demanda por sustentabilidade, com redução do consumo de energia e água, da pegada de carbono e hídrica do processamento de alimentos (KHOURYIEH, 2021).

Nesse contexto, tecnologias emergentes como Campo Elétrico Pulsado (CEP), Altas Pressões Hidrostáticas (APH) e Dióxido de Carbono de Alta pressão (AP-CO₂) têm sido utilizadas para estabilização de alimentos, melhoria da qualidade nutricional, extração de compostos bioativos, secagem, dentre outros objetivos.

OBJETIVO

Diante do cenário de crescente interesse sobre tecnologias emergentes, esse trabalho visou apresentar os objetivos e as principais tendências recentes de investigações com CEP, APH e AP-CO₂ no ramo da ciência e tecnologia de alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento bibliográfico desse trabalho foi realizado com os termos de busca “Pulsed electric field”, “High hydrostatic pressure” e “High pressure carbon dioxide” na base de dados “Web of Science”. Foram selecionadas apenas publicações a partir de 01/01/2020 até 12/08/2022 com temas de ciência e tecnologia de alimentos, desenvolvidas completamente ou em parceria com centros de pesquisa brasileiros. Com esses critérios, 92 trabalhos foram utilizados para comparação dos dados. Para isso, cada um dos trabalhos foi incluído em um grupo com um tema principal e os objetivos dos trabalhos foram separados em 12 categorias que tiveram o número de publicações comparado para observação do cenário atual da pesquisa com tecnologias emergentes no Brasil.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados desse trabalho foram reunidos em grupos com 12 temas chave. Os dados foram organizados dessa maneira para proporcionar uma boa visualização de tendências no cenário recente da pesquisa nacional sobre tecnologias emergentes. A Tabela 1 apresenta os grupos com os temas de pesquisa e seus respectivos critérios de inclusão.

Tabela 1. Grupos com temas de pesquisa e seus critérios de inclusão para publicações sobre tecnologias emergentes.

GRUPO	CRITÉRIO DE INCLUSÃO	Abreviação
Aprimoramento da qualidade nutricional	Trabalhos que avaliaram a influência da tecnologia emergente (CEP, APH ou AP-CO ₂) no aprimoramento de propriedades nutricionais do alimento. Isso inclui aumento da biodisponibilidade de nutrientes, redução no teor de compostos antinutrientes, impedimento da formação de compostos potencialmente tóxicos.	AQN
Avaliação de efeitos adversos	Trabalhos que avaliaram a influência da tecnologia emergente como potencial redutor de segurança do alimento.	Av. EA
Comportamento do consumidor	Trabalhos que avaliaram o comportamento do consumidor (neofobia, aceitação, curiosidade, interesse de compra) perante a tecnologia.	CC
Extração	Trabalhos que avaliaram a eficiência da tecnologia emergente para extração de compostos de interesse, tais como: compostos bioativos, pigmentos, tecnológicos e funcionais	Ext.
Tratamento de amido	Trabalhos que propuseram e/ou avaliaram metodologias com uso da tecnologia emergente para tratamento de amido, como: efeitos estruturais e de funcionalidade.	Tr. A
Aprimoramento da performance do alimento	Trabalhos que avaliaram a influência da tecnologia no aprimoramento da performance geral do alimento. Além da estabilização esperada, foram incluídas investigações de aprimoramento de propriedades sensoriais, estruturais, tecnológicas.	APA
Desintoxicação	Trabalhos que avaliaram a influência da tecnologia para redução da concentração de compostos potencialmente tóxicos em alimentos.	Detox.
Desidratação ou secagem	Trabalhos que compararam processos de secagem e desidratação com a tecnologia emergente em relação a tecnologias convencionais.	DS

Tratamento de microrganismos e/ou enzimas	Trabalhos que avaliaram a influência da tecnologia para o tratamento de enzimas e/ou microrganismos. Boa parte dos trabalhos desse subgrupo também está em "estabilização de alimentos". Estão incluídos nesse grupo trabalhos que avaliaram o tratamento de enzimas e microrganismos sem se preocupar com a estabilização do alimento para aumento de <i>shelf-life</i> .	TME
Estabilização de alimentos	Trabalhos que avaliaram a influência da tecnologia na estabilização de alimentos com objetivo de manutenção da qualidade pela maior vida útil possível. Trabalhos que avaliaram a influência e eficiência da tecnologia emergente (CEP, APH ou AP-CO ₂) nas condições de armazenamento e embalagem também fazem parte desse grupo. Não estão incluídos nesse grupo trabalhos que avaliaram o tratamento de enzimas e microrganismos sem se preocupar com a estabilização do alimento para aumento de <i>shelf-life</i> .	EA
Abordagem metodológica	Trabalho que apresentou exclusivamente uma abordagem metodológica dos tratamentos com a tecnologia emergente a fim de garantir a reprodutibilidade dos ensaios, evitando variações interferentes.	Metod.
Não utilizado	Trabalhos que não foram utilizados nesse material por fazerem nenhuma ou muito breve abordagem sobre a tecnologia de interesse.	N.U.

Campo elétrico pulsado (CEP)

A tecnologia não térmica de CEP é desenvolvida através da aplicação de pulsos elétricos curtos de altas amplitudes por meio de dois eletrodos nas extremidades do alimento. As estruturas biológicas possuem um campo elétrico crítico cujo excedente provoca sua eletroporação irreversível. Esse fenômeno depende da intensidade do campo elétrico e ocorre reversível ou irreversivelmente quando os tecidos e membranas celulares perdem sua continuidade pela formação dos poros devido ao tratamento (MOUSAKHANI-GANJEH et al., 2021).

Após o levantamento bibliográfico desse trabalho com os termos de busca “Pulsed electric field”, foram encontradas 35 publicações a partir de 01/01/2020 até 12/08/2022 na base de dados Web of Science com temas de ciência e tecnologia de alimentos, desenvolvidas completamente ou em parceria com centros de pesquisa brasileiros.

Os resultados reunidos nesse trabalho estão sumarizados na Figura 1 e mostram que nos últimos dois anos os institutos de pesquisa brasileiros investigaram majoritariamente problemas sobre CEP que puderam ser classificados como “Extração”, seguido por “Tratamento de microrganismos e/ou enzimas”. Com menor número, as classes “Desidratação ou secagem” e “Tratamento de amido” tiveram a mesma quantidade de publicações, seguidas por “Aprimoramento de performance do

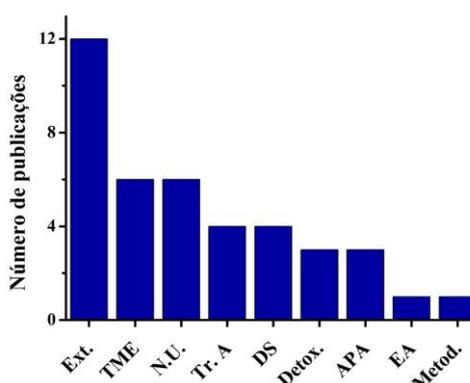


Figura 1. Relação do número de publicações por categoria de linha de pesquisa com CEP.

alimento” e “Desintoxicação” e, por último, “Estabilização de alimentos” e “Abordagem metodológica”.

Altas pressões hidrostáticas (APH)

A tecnologia de APH geralmente é desenvolvida com um vaso de pressão contendo água pressurizada até 6.000 bar cuja intensidade é capaz de inativar microrganismos, enzimas e causar alterações desejáveis em estruturas biológicas. Apesar disso, interfere pouco em propriedades nutricionais e organolépticas do alimento, preservando a característica de frescor. Atualmente, é a tecnologia não convencional de processamento mais desenvolvida em escala industrial (ROOBAB et al., 2021).

A busca pelos dados foi feita com os termos “High hydrostatic pressure” em que foram aplicados os mesmos critérios de refino utilizados para CEP. Conforme a Figura 2, foram encontrados 38 trabalhos cujas categorias mais investigadas foram “Tratamento de microrganismos e/ou enzimas”, seguido por “Estabilização de alimentos” e “Extração”. “Aprimoramento da qualidade nutricional” e “Tratamento de amido” foram encontrados nas mesmas quantidades, seguidos pelas outras categorias, “Aprimoramento da performance do alimento”, “Comportamento do consumidor” e, por último, “Avaliação de efeitos aversos” e “Desidratação ou secagem”.

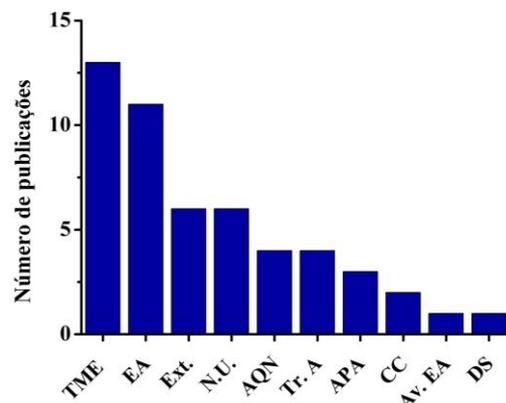


Figura 2. Relação do número de publicações por categoria de linha de pesquisa com APH.

Dióxido de Carbono de Alta Pressão (AP-CO₂)

Esse tratamento utiliza o CO₂ gasoso pressurizado abaixo do ponto crítico ou na fase supercrítica, em que a substância adquire características muitas vezes desejadas de difusividade, densidade e permeabilidade. O AP-CO₂ é capaz de interagir com a bicamada fosfolipídica de células, alterar o pH e as interações eletrostáticas da matriz, comprometendo o funcionamento e/ou alterando a permeabilidade de estruturas biológicas (SILVA et al., 2020).

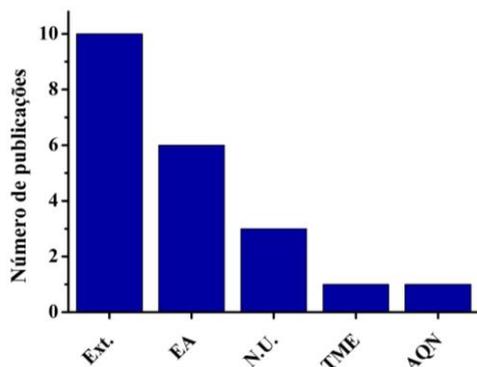


Figura 3. Relação do número de publicações por categoria de linha de pesquisa com AP-CO₂.

Foi utilizado “High pressure carbon dioxide” como termo de busca, mantendo os mesmos critérios utilizados para CEP e APH. Conforme apresentado na Figura 3, para AP-CO₂ foram encontrados apenas 19 trabalhos em que a maior parte (10 trabalhos) foi classificada na categoria de “Extração”. “Estabilização de alimentos” seguiu com um volume menor (6 trabalhos), seguida por

“Tratamento de microrganismos e/ou enzimas” e “Aprimoramento da qualidade nutricional”.

CONCLUSÃO

Dentre os 92 trabalhos utilizados nessa revisão, APH foi a tecnologia emergente mais investigada por centros de pesquisa brasileiros a partir do ano de 2020, seguida de CEP e AP-CO₂. Essas tecnologias foram utilizadas principalmente para extração de compostos (em 28 trabalhos), tratamento de enzimas e/ou microrganismos (20 publicações) e estabilização de alimentos (18 trabalhos). Assim, essas três categorias mostraram ser tendências de investigação para as tecnologias emergentes abordadas nesse material.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. KHOURYIEH, H. A. Novel and emerging technologies used by the US food processing industry. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 67, p. 102559, 2021.
2. ZIA, S.; KHAN M. R.; SHABBI, M. A.; MAAN, A. A.; KHAN, M. K. I.; NADEEM, M. KHALIL, A. A.; DIN, A.; AADIL R. M. An inclusive overview of advanced thermal and nonthermal extraction techniques for bioactive compounds in food and food-related matrices. **Food Reviews International**, v. 38, n. 6, p. 1166-1196, 2022.
3. OLIVEIRA, A. S.; MALTA, H. L. High pressure carbon dioxide process conditions: comparisons and some disparities in food processing. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 12, p. e23111234068, 2022.
4. MOUSAKHANI-GANJEH, Alireza et al. Electro-based technologies in food drying-A comprehensive review. **LWT**, v. 145, p. 111315, 2021.
5. ROOBAB, U.; SHABBIR, M. A., KHAN, A. W., ARSHAD, R. N., BEKHIT, A. E. D., ZENG, X. A. High-pressure treatments for better quality clean-label juices and beverages: Overview and advances. **LWT**, v. 149, p. 111828, 2021.
6. SILVA, E. K. ARRUDA, H. S., PASTORE, G. M., MEIRELES, M. A. A., & SALDANA, M. D. Xylooligosaccharides chemical stability after high-intensity ultrasound processing of prebiotic orange juice. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 63, p. 104942, 2020.