



TECNOLOGIAS EMERGENTES APLICADAS NA AMÉRICA LATINA

Nathalia Ribeiro^a, Ramon S. Rocha^a, Adriano G. Cruz^a

^aInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ),
Departamento de Alimentos, Rio de Janeiro – RJ.

RESUMO

A indústria de alimentos tem crescido no que diz respeito a inovações tecnológicas para desenvolvimento de alimentos seguros e saudáveis, e isso se deve principalmente a mudança dos hábitos alimentares da população que tem buscado uma vida mais saudável, pautada em exercícios físicos e alimentos mais nutritivos, naturais e saudáveis. Tecnologias térmicas convencionais, como pasteurização, podem reduzir a qualidade nutricional e sensorial de diferentes produtos alimentícios. Visando a manutenção dessas propriedades, diversas pesquisas têm sido realizadas, garantindo a segurança do alimento além da manutenção das características nutricionais e funcionais do alimento. Nesse contexto, países da América Latina vêm gerando cada vez mais pesquisas da utilização dessas tecnologias e conseqüentemente seus benefícios de serem aplicados nos alimentos.

Palavras-chave: Tecnologia de alimentos; Processamento de alimentos; Novas tecnologias.



1. INTRODUÇÃO

Tecnologias emergentes podem ser divididas em térmica ou não térmicas, e são definidas por tecnologias com potencial de serem comercializadas nos próximos cinco anos. Além de manter o alimento seguro, mantém de forma mais eficiente os nutrientes e compostos voláteis do alimento (Misra et al., 2017; Moreno-Vilet et al., 2018).

Em países como Estados Unidos, China e alguns países da Europa há uma grande variedade de estudos com as tecnologias emergentes, porém na América latina já tem surgido diferentes pesquisas com diversas aplicações destas tecnologias e em diferentes matrizes alimentares (Moreno-Vilet et al., 2018).

As tecnologias convencionais por aquecimento têm sido aplicadas aos alimentos há muitos anos, já que elas aquecem o alimento a altas temperaturas com intuito de matar microrganismos patogênicos que possam estar presente no produto, gerando assim um produto seguro para o consumidor. Entretanto, devido à aplicação de altas temperaturas por longos períodos de tempo, muitos alimentos acabam perdendo compostos nutricionais termosensíveis, compostos bioativos e funcionais e reduzindo a qualidade nutricional do mesmo. Nesse contexto, as tecnologias emergentes surgem como alternativas viáveis para o processamento de alimentos (Nunes, Tavares, 2019).

Dentre as tecnologias emergentes não térmicas pode-se destacar a pressão hidrostática, campo elétrico pulsado e radiação ionizante (Jermann et al., 2015). Já as térmicas têm o micro-ondas, infravermelho e aquecimento ôhmico,



que se diferem das tecnologias térmicas convencionais, que aquecem inicialmente a parte superficial do alimento e por convecção, condução ou radiação passam a aquecer o centro alimento após um longo período de tempo (Moreno-Vilet et al., 2018).

2. TECNOLOGIAS TÉRMICAS

2.1. AQUECIMENTO POR MICRO-ONDAS (AMO)

O aquecimento por micro-ondas é amplamente estudada dentre os novos processamentos térmicos. Esta tecnologia vem sendo vastamente usada no âmbito doméstico, devido a sua facilidade de uso e limpeza, e principalmente devido ao baixo tempo requerido para cocção de alimentos quando comparado a tecnologias convencionais de aquecimento. Em geral, a frequência de micro-ondas pode variar de 300MHz a 300GHz, e ela pode ser aplicada para pré-cozimento, secagem, pasteurização, esterilização, dentre outras (Moreno-Vilet et al., 2018). Essa tecnologia possui diversas vantagens como alta taxa de aquecimento, baixo tempo para cozimento e fácil manuseio. Porém apresenta também algumas desvantagens como aquecimento desuniforme.

A tecnologia de micro-ondas vem sendo aplicada ao longo dos anos em alimentos prontos para consumo embalados e congelados. Esses alimentos substituem muitos alimentos enlatados. Entretanto, ainda é necessário mais pesquisas com relação à substituição do processo de pasteurização e esterilização por esta metodologia, visando garantir um alimento seguro. Em países desenvolvidos, como Estados Unidos e Japão A técnica de micro-ondas



para pasteurização de produtos como bolos e pães tem sido reportadas, porém a aplicação para esterilização ainda não tem sido reportada.

2.2. AQUECIMENTO POR RADIOFREQUÊNCIA (ARF)

O processo de aquecimento por radiofrequência se assemelha em muitos aspectos ao aquecimento por micro-ondas, entretanto o seu poder de penetração é maior devido ao seu comprimento de onda mais longo e frequências mais baixas gerando uma distribuição do campo elétrico mais uniforme. Logo, essa técnica possui um maior potencial para ser utilizado industrialmente. Alguns autores reportam o uso desta tecnologia para branquear vegetais, aquecer pão e na secagem de alimentos, como biscoitos. O ARF reduz o excesso de aquecimento da superfície externa dos alimentos, melhorando a qualidade sensorial do produto quando comparado ao AMO. Além disso, tem como principais vantagens o aquecimento uniforme e maior penetração de ondas se comparado ao AMO. Contudo, seu alto custo operacional pode ser um empecilho para sua implementação.

2.3. AQUECIMENTO POR INFRAVERMELHO (AIV)

Essa tecnologia assim como as citadas anteriormente, utilizada ondas eletromagnéticas em frequências acima de 300 GHz ou faixa de comprimento de onda de 0,7 a 1000 mm. O AIV tem sido aplicado internacionalmente para secar, assar ou branquear alimentos, e alguns estudos mostraram que esse tipo de processamento pode ser eficaz para redução de microrganismos patogênicos. Entretanto, ainda não há grandes aplicações industriais



relacionadas a este tipo de tecnologia, o que se deve principalmente devido as desvantagens dessa tecnologia, como a limitação do material que pode ser utilizado para embalagem, por exemplo.

Atualmente, encontram-se aplicações do aquecimento por infravermelho para secagem de grãos, cacau, farinhas, os quais são produtos com baixo teor de umidade. O que hoje impede a comercialização das tecnologias eletromagnéticas é a falta de homogeneidade do calor aplicado sobre os alimentos, e por este motivo, sistemas híbridos vêm sendo testados, como aplicação de tecnologias convencionais de aquecimento (por condução e convecção) e o aquecimento por infravermelho ou AIV e AMO. Estas combinações vêm sendo impulsionadas devido a seus rendimentos energéticos.

2.4. AQUECIMENTO ÔHMICO (AO)

Define-se como aquecimento ôhmico aquele no qual uma corrente elétrica passa pelo interior do alimento gerando um calor no interior do produto, aquecendo-o. Ele é também chamado de aquecimento Joule, e o ponto crítico deste tipo de processamento é a condutividade elétrica do alimento. Em geral é utilizado 50 a 60 Hz de frequência (Cappato et al., 2017). Esta tecnologia apresenta vantagens como aquecimento uniforme, maior eficiência na eliminação de microrganismos (efeito térmico e eletroporação), e menor tempo de processo.

O AO tem diversas aplicações, como, branqueamento, esterilização, pasteurização, dentre outros, e seu principal mecanismos de inativação microbiana e através do aquecimento que promover a morte do microrganismo.



Entretanto, também pode ocorrer eletroporação, que é o dano da membrana do microrganismo causado pelo campo elétrico gerado. Alguns fatores são relevantes quando este método é aplicado, são eles: composição do alimento, material do eletrodo utilizado, formato da câmara utilizada e frequência aplicada (Rocha et al., 2020).

Atualmente esta tecnologia está mais difundida em países da Europa, Estados Unidos e Japão. Hoje já existem algumas indústrias que operam realizando o aquecimento ôhmico em alguns alimentos na área de frutas e vegetais, visando a pasteurização e esterilização de produtos líquidos e viscosos.

3. TECNOLOGIAS NÃO TÉRMICAS

3.1. ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA

Para aumentar a vida de prateleira de um produto a Alta Pressão Hidrostática (APH) utiliza pressões altas (400-600 Mpa) em alimentos líquidos ou sólidos visando inativar microrganismos patogênicos e deteriorantes presentes no produto, a partir de danos na membrana, ou desnaturação de proteínas. Esta técnica reduz a ação indesejada de modificação sensorial e nutricional do alimento, quando comparado a técnicas de conservação convencionais. Esta tecnologia também pode ser usada para extração de compostos ativos.

A APH gera uma pressão uniforme no interior do alimento a partir da aplicação de altas pressões a uma temperatura de refrigeração ou temperatura ambiente utilizando a água como veículo de transferência de pressão. Esta



tecnologia pode ser aplicada no alimento já embalado ou não, e permite a redução do uso de conservantes no produto (Nunes &Tavares, 2019).

Algumas aplicações da APH são relatadas, como por exemplo, o uso desta técnica para pasteurizar produtos frescos (sopas, frutas, ostras, dentre outras.), em bebidas, refeições prontas e produtos cárneos. A alta pressão hidrostática já vem sendo aplicada a nível industrial nos Estados Unidos, países da Europa, Japão, Brasil, Argentina, Chile, Peru, dentre outros.

3.2. CAMPO ELÉTRICO PULSADO

No campo elétrico pulsado (CEP) são utilizados pulsos elétricos (1-100 μ s) por alguns micro-segundos gerando um campo elétrico que atravessa o alimento. Esses pulsos elétricos são capaz de danificar a célula da membrana de micorganismos definitivamente ou temporariamente, de acordodo com a condição e intensidade do tratamento.

O CEP tem sido estudado para aplicações em alimentos, produtos farmacêuticos, medicamentos e cosméticos, e seu principal âmbito de aplicação e para pasteurização. Esta tecnologia demanda de alguns fatores como a característica da célula a ser inativada e fatores extrínsecos, como condutividade elétrica, pH, sólidos solúveis e atividade água do produto.

Existem avarias vantagens com relação ao uso CEP quando comparado as técnicas convencionais de processamento, como: diminuição do tempo de processamento e custos de energia, redução da degradação de compostos sensíveis ao calor e melhoria no processo de extração de composto. Todavia, esta tecnologia não é eficiente para aplicação em produtos sólidos, e é por este



motivo que em a nível industrial as principais aplicações são em sucos e vitaminas de frutas. Estes produtos tratados industrialmente vêm sendo vendidos em países como Alemanha, Reino Unidos e Holanda. Contudo, esta ainda é uma tecnologia cara com capacidade limitada de tratamento quando aplicada a nível industrial.

3.3. ULTRASSOM

Outro método que vem sendo estudado é a técnica de ultrassom, onde é aplicado uma frequência ultrassônica de 20 kHz a > 1 MHz. Dependendo desta frequência pode ocorrer expansão ou compressão do material, variações de pressões, o que pode gerar a ruptura celular. O ultrassom pode ser dividido em alta e baixa intensidade, sendo que o de alta intensidade pode provocar alterações mecânicas, físicas, químicas ou bioquímicas em matrizes biológicas a partir de efeitos de cavitação (Ma et al., 2020)

As principais vantagens desse método são menor consumo de energia e tempo de processamento e maior rendimento, e é por este motivo que os Estados Unidos tem interesse na tecnologia de ultrassom. Além disso, esta é uma tecnologia limpa e de fácil utilização, podendo ser utilizada para secagem ou mudança de estrutura e propriedades de um alimento, como a viscosidade. O ultrassom também é utilizado para emulsificação, remoção de gás, extração e cristalização (Charoux et al., 2017).

Para que este processo possa operar a nível industrial é necessário que haja mais estudos para minimizar as perdas da qualidade nutricional e sensorial dos produtos alimentícios após serem submetidos ao ultrassom. Além disso, é



importante que haja uma compreensão dos efeitos do processo de ultrassom nas propriedades funcionais de diferentes alimentos.

3.4. RADIAÇÃO IONIZANTE

Na radiação ionizante (RI) o alimento é submetido à radiação em diferentes frequências. A radiação ionizante é descrita pela passagem de fótons através do material, onde estes interagem com as moléculas do mesmo formando íons carregados negativamente ou positivamente. Essas partículas instáveis se transformam em radicais livres reativos, os quais, reagem com moléculas do produto. No caso de microrganismos patogênicos e deteriorantes, a radiação ionizante pode agir diretamente sobre o DNA bacteriano, inibindo a síntese de DNA, ou indiretamente onde as moléculas de água produzem moléculas ativas, como radicais hidroxila, que promovem a lise celular (Hernández-Hernández et al., 2019).

Em geral, é aplicado 50 Gy a 10 kGy de radiação em alimentos, e esta dose não promove efeitos radioativos nos alimentos e embalagens. A eficiência do processo depende de inúmeros fatores, como, propriedades dos produtos (espessura ou densidade do alimento), fatores externos (teor de umidade, presença de oxigênio, dentre outros) e tipo de radiação e dosagem aplicada. Essa tecnologia reduz o tempo de processamento dos alimentos e possui alto grau de penetração no produto, além de poder ser aplicada diretamente no produto embalado, impossibilitando a recontaminação do mesmo. Apesar de possuir um baixo custo de energia, a RI ainda necessita de um elevado custo de investimento, além de possuir um risco associado localização da radiação.



A radiação ionizante pode ser aplicada a diferentes produtos alimentícios como, frutas e vegetais, cereais, carnes, aves, castanhas, entre outros, e também pode ser utilizada para esterilização, pasteurização, inativação de esporos e bactérias e para retardar senescência e maturação de alguns produtos. Apesar de sua extensa aplicação, a técnica ainda é má vista por grande parte dos consumidores, pois estes ainda hoje perguntam com relação a segurança do consumo dos alimentos tratados com RI. Para promover uma aceitação deste tipo de processamento é necessária a divulgação de maiores informações com relação à segurança desta tecnologia, quando a mesma é aplicada em quantidades inferiores a 10 kGy a alimentos.

Atualmente, muitas empresas tem adotado esta tecnologia para processamento de alimentos. Os países que mais se destacam neste tipo de aplicação são China, Estados Unidos e Ucrânia, onde os produtos alimentícios mais submetidos a RI são especiarias e vegetais secos. Deve constar no rotulo dos alimentos irradiados informações claras de que o produto foi submetido a esse tipo de processamento, como a frase "produto irradiado".

Assim com a APH, a RI também possui um sistema de uso da tecnologia sem que as empresas tenham que necessariamente comprá-la. Na América Latina, Brasil, Argentina, Chile, México e Peru já praticaram o uso da RI em produtos alimentícios, já a Colômbia, Venezuela, Equador e Bolívia possuem um campo de pesquisa. Muitos estudos recentemente estão voltados para produtos radiolíticos formados após a aplicação de alimentos com RI, entretanto não foi encontrado nenhum resultado que contestasse a segurança dos alimentos submetidos a esse processamento.



3.5. PLASMA FRIO ATMOSFÉRICO

A técnica de plasma frio atmosférico (PFA) gera moléculas reativas à partir do uso de descarregas elétricas que são aplicadas para ionizar um determinado gás. Esta é uma tecnologia não térmica que inativa os microrganismos patogênicos e deteriorantes à partir da interação de moléculas reativas presentes no PFA com as células dos microrganismos ou à partir de danos celulares ou na molécula de DNA devido ao UV (Jermann et al., 2015). Existem alguns fatores relevantes para o uso desse tipo de processamento, como, composição do gás de alimentação, umidade relativa e tempo de tratamento. São esses fatores que irão determinar a eficácia da inativação microbiana.

O plasma frio utiliza uma menor quantidade de água e menores temperaturas de processamento que os processos térmicos convencionais. Essa técnica é utilizada atualmente para sanitização de superfícies de alimentos, e também pode ser utilizada para inativação de enzimas, esterilização e desinfecção. O PFA não possui boa aplicabilidade a produtos com alto teor de lipídeo, como produtos cárneos, já que este tipo de processamento desencadeia a oxidação lipídica gerando um sabor rançoso ao produto.

É necessário que haja mais estudos com relação a esta tecnologia, visando a aplicação industrial do PFA, e levando em consideração o seu custo de implantação e manutenção. Apesar dessa tecnologia ser facilmente aplicável, é necessário avaliar a eficiência desse processamento, assim como a segurança dos gases utilizados e as interações que ocorrem entre o plasma e a matriz.



4. PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES NA AMÉRICA LATINA

O crescente número de estudos com relação às tecnologias emergentes tem mostrado o interesse no desenvolvimento dessas novas alternativas de processamento.

Os Estados Unidos tem grande destaque em publicações nesta linha de pesquisa, seguido da Espanha e França. Na América Latina, o Brasil é o país com maior número de publicações. Dentre as tecnologias emergentes não térmicas, a radiação ionizante é a tecnologia mais estudada enquanto que o plasma frio atmosférico é a tecnologia com menos publicações na América Latina.

Assim como as tecnologias emergentes não térmicas, as térmicas também têm sido bastante estudadas, e num âmbito internacional a técnica de processamento com mais estudos na base de dados Scopus é a de micro-ondas, sendo a menos estudada a de aquecimento por radiofrequência. Os países que mais contribuem com pesquisas sobre essas tecnologias são Estados Unidos e China. A América Latina segue a mesma tendência mundial, ou seja, a maior parte dos estudos se concentra na técnica de micro-ondas e a menos estudada é ARF. Dentre os países da América Latina, o Brasil é que possui maior número de publicações.

As tecnologias emergentes surgem como uma opção as tecnologias convencionais de processamento, visando manter o alimento seguro e melhorar as características nutricionais, físico-químicas e sensoriais do produto. Para validar essas tecnologias e torna-las viáveis a um nível industrial é necessário



que alguns parâmetros sejam melhores esclarecidos e estudados, como as variáveis de cada processo, a aplicação de cada tecnologia a diferentes matrizes alimentares, o custo de investimento, limitações das tecnologias, energia de consumo e impactos ambientais.

A divulgação sobre a aplicação das tecnologias emergentes em alimentos deve ser feita ao consumidor, para demonstrar as vantagens dessas tecnologias frente a tecnologias convencionais de processamento. Os fatores limitantes do uso dessas tecnologias atualmente são custo de investimento, falta de conhecimento sobre formas de utilização e parâmetros de processo e falta de regulamentação.



5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cappato, L.P.; Ferreira, M.V.S.; Guimaraes, J.T.; Portela, J.B.; Costa, A.L.R.; Freitas, M.Q.; Cunha, R.L.; Oliveira, C.A.F.; Mercali, G.D.; Marzack, L.D.F.; Cruz, A.G. Ohmic heating in dairy processing: Relevant aspects for safety and quality. *Trends in Food Science & Technology*, v.62, p.104–112, 2017.
- Charoux, C.M.G.; Ojha, K.S.; O'Donnell, C.P.; Cardoni, A.; Tiwari, B.K. Applications of airborne ultrasonic technology in the food industry. *Journal of Food Engineering*, v.208, p.28–36, 2017.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. *Recommended international code of practice general principles of food hygiene: CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003*. 2003.
- Guimarães, J.T.; Balthazar, C.F.; Scudino, H.; Pimentel, T.C.; Esmerino, E.A.; Ashokkumar, M.; Freitas, M.Q.; Cruz, A.G. High-intensity ultrasound: A novel technology for the development of probiotic and prebiotic dairy products. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.57, p.12–21, 2019.
- Hernández-Hernández, H.M.; Moreno-Vilet, L.; Villanueva-Rodríguez, S.J. Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel non-thermal processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*.
- Jermann, C.; Koutchma, T.; Margas, E.; Leadley, C.; Ros-Polski, V. Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v.31, p.14-27, 2015.
- Ma, H.; Lin, Y.; Jin, Y.; Gao, M.; Li, H.; Wang, Q.; Ge, S.; Cai, L.; Huang, Z.; Van Le, Q.; Xia, C.. Effect of ultrasonic pretreatment on chain elongation of saccharified residue from food waste by anaerobic fermentation. *Environmental Pollution*, v.268, 115936, 2020.
- Misra, N.N.; Koubaa, Mohamed; Roohinejad, Shahin; Juliano, Pablo; Alpas, Hami; Inácio, Rita S.; Saraiva, Jorge A.; Barba, Francisco J. Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. *Food Research International*, v.97, p.318-339, 2017.
- Moreno -Vilet, L.; Hernández -Hernández, H. M.; Villanueva -Rodríguez, 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.
- Nunes, L.; Tavares, G.M. Thermal treatments and emerging technologies: impacts on the structure and techno-functional properties of milk proteins. *Trends in Food Science & Technology*, v.90, p.88-89, 2019.



Rocha, R.S.; Silva, R.; Guimarães, J.T.; Balthazar, C.F.; Pimentel, T.C.; Neto, R.P.C.; Tavares, M.I.B.; Esmerino, E.A.; Freitas, M.Q.; Cappato, L.P.; Calvacanti, R.N.; Rodrigues, F.N.; Raices, R.S.L.; Silva, M.C.; Cruz, A.G.
Possibilities for using ohmic heating in Minas Frescal cheese production. Food Research International,v.131, 109027, 2020.