

ARTIGO TÉCNICO

TECNOLOGIAS DE CONGELAMENTO E EFEITOS SOBRE A QUALIDADE DOS ALIMENTOS

Autores: Hayala Caroline L. A. Araujo¹, Ricardo Schmitz Ongaratto^{1,2}

¹Instituto Federal do Rio de Janeiro, ²Universidade Federal do Rio de Janeiro

Autor para correspondência: hayala.caroline@gmail.com



DESTAQUE

A velocidade de congelamento e a manutenção da cadeia de frio são determinantes para preservar a estrutura, qualidade e estabilidade dos alimentos congelados.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de baixas temperaturas é um dos métodos mais antigos de conservação dos alimentos, onde há dados de que os homens pré-históricos já guardavam o produto da caça em meio ao gelo para consumo posterior, e, já no século VIII a.C, os chineses utilizavam o gelo do inverno sob a terra ou em covas para utilização no verão. Uma das grandes inovações da tecnologia dos alimentos foi a produção contínua de frio para aplicação na indústria de alimentos, iniciada no século XIX. (Ordoñez, 2005). Nos dias atuais, o congelamento segue como uma técnica de preservação bem estabelecida, que é utilizada para manter o frescor de alguns produtos alimentícios perecíveis durante o período de armazenamento, transporte e distribuição. O congelamento de alimentos é complexo pois envolve transferência simultânea de calor, massa e uma progressão de mudanças

físicas e químicas (Fadiji *et al.*, 2021). O objetivo deste trabalho é apresentar as principais tecnologias de congelamento utilizadas na indústria de alimentos e discutir sua influência sobre a formação de cristais de gelo, a qualidade dos produtos e a importância da manutenção da cadeia de frio.

2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

Atualmente o mercado dispõe de uma variedade de métodos e equipamentos para congelamento (Quadro 1) e a escolha de cada um deles depende da composição do alimento, custo, finalidade do processo e tempo de preservação (Spoto e Vanzela, 2006).

Quadro 1 – Principais tecnologias de congelamento utilizadas na produção de alimentos

Tecnologia	Princípio	Vantagem	Limitação	Aplicações
Congelamento por ar	Utiliza ar frio como meio de transferência de calor, promovendo a remoção gradual do calor do alimento até atingir temperaturas inferiores ao ponto de congelamento.	Método versátil e de baixo custo. Pode ser utilizado para diferentes tipos e dimensões de alimentos.	Pode causar maior desidratação e formação de cristais de gelo.	Marmitas e refeições prontas, carnes, vegetais, produtos de panificação e alimentos pré-cozidos.
Congelamento por contato	O alimento é colocado em contato direto ou indireto com superfícies metálicas refrigeradas, como placas, favorecendo a transferência de calor por condução.	Proporciona congelamento rápido e menor perda de umidade.	Requer equipamentos específicos e apresenta maior limitação para produtos com formatos de diferentes.	Produtos planos ou embalados, filés, hambúrgueres, e algumas refeições prontas.
Congelamento por imersão	Emprega líquidos refrigerantes, promovendo elevada transferência de calor entre o meio refrigerante e a superfície do produto.	Alta eficiência de transferência de calor e possibilidade de congelamento rápido e relativamente uniforme.	Necessidade de controle rigoroso do meio refrigerante e de proteção adequada do alimento.	Carnes, pescados, frutas, vegetais e determinados produtos alimentícios embalados.
Congelamento criogênico	Utiliza nitrogênio líquido ou CO ₂ , ou dióxido de carbono, que entram em contato com o produto e promovem remoção extremamente rápida de calor.	Favorece o congelamento ultrarrápido e elevada preservação da qualidade.	Elevado custo operacional, necessidade de equipamentos e sistemas de segurança específicos.	Produtos de alto valor agregado, refeições prontas, carnes, pescados, frutas e vegetais.

Fonte: Elaborado pela autora com base na literatura consultada. Ordoñez (2005) e Jha *et al.* (2024).

2.1 Cadeia de frio na produção de alimentos

A gestão da cadeia de frio desempenha um importante papel na redução da perda dos alimentos e favorece a conservação a longo prazo (Jha *et al.*, 2024). A principal diferença entre congelamento e refrigeração é justamente essa mudança de estado da água. A formação de cristais de gelo no congelamento mais lento, torna grande parte da água imobilizada e indisponível como solvente e fator reativo, tornando a difusão das espécies químicas muito limitadas, reduzindo consideravelmente a velocidade das reações enzimáticas e químicas. Como efeito global do congelamento, há a diminuição da água na fase líquida. Esta redução, junto com o emprego de baixas temperaturas, é o que permite a conservação do alimento durante longos períodos, portanto, ao contrário da refrigeração, o metabolismo celular é reduzido significativamente (Ordoñez, 2005). Embora a conservação a frio reduza a velocidade das reações bioquímicas e do crescimento microbiano, resultados na literatura indicam que esse método não elimina completamente os riscos sanitários (Jha *et al.*, 2024).

2.2 Relação da velocidade de congelamento com as características dos alimentos

A velocidade de congelamento está diretamente relacionada às características dos cristais de gelo formados, constituindo um dos fatores que influenciam a qualidade dos alimentos congelados. De modo geral, maiores velocidades de congelamento favorecem a formação de cristais de gelo menores e mais numerosos, enquanto as velocidades mais lentas tendem a favorecer o crescimento de cristais maiores. A formação de gelo provoca a concentração progressiva de solutos na fase não congelada, estabelecendo gradientes de potencial químico que favorecem a migração de água e podem ocasionar alterações na estrutura celular. Consequentemente, a formação e o crescimento dos cristais de gelo podem contribuir para danos estruturais aos tecidos e, após o descongelamento, para alterações de textura e aumento da perda de exsudato (Ordoñez, 2005).

Nesse contexto, a escolha do sistema de congelamento desempenha papel fundamental na preservação das características do alimento. Apesar do mercado de alimentos congelados permanecer em franca expansão, ainda exige alto custo na construção e manutenção de diversos equipamentos envolvidos na cadeia de frio. No Brasil, além de deficiência técnica nos equipamentos utilizados, existem problemas relacionados ao pouco conhecimento sobre o controle ideal de temperaturas de alimentos resfriados e congelados. Para evitar a quebra da cadeia de frio que ocasiona danos e riscos à inocuidade dos alimentos, é necessária uma rigorosa atuação de órgãos reguladores, como a Vigilância Sanitária (Souza *et al.*, 2013).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O congelamento permanece como uma das principais estratégias para a conservação de alimentos, pela manutenção das características físicas, químicas e sensoriais quando realizado de forma adequada. Entretanto, sua eficiência depende não apenas da tecnologia empregada, mas da velocidade de congelamento e da manutenção da cadeia de frio durante todas as etapas de produção. A escolha do método deve considerar as características do alimento, a finalidade do processo e os custos envolvidos. Além disso, embora as baixas temperaturas reduzam significativamente a atividade microbológica e as reações de deterioração, elas não eliminam totalmente os riscos sanitários, tornando indispensável o controle contínuo da temperatura. Dessa forma, o conhecimento das tecnologias de congelamento e da cadeia de frio é essencial para assegurar a qualidade, a segurança e a estabilidade dos alimentos congelados.

REFERÊNCIAS

FADIJI, T. *et al.* Finite element method for freezing and thawing industrial food processes. **Foods**, v. 10, n. 4, 2021. DOI: 10.3390/foods10040869.

JHA, P. K. *et al.* Cryogenic vs. mechanical freezing impact on quality of sea bass. **International Journal of Refrigeration**, v. 160, p. 411–422, 2024. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2024.01.019

ORDOÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

SOUZA, M.C. *et al.* Emprego do frio na conservação de alimentos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 1027-1046, 2013. ISBN 978-85-7892-136-1.

SPOTO, M.H.F. *et al.* **Processamento mínimo e congelamento**. In: OETTERER, Marília; REGITANO-D'ARCE, Marisa Aparecida Bismara; SPOTO, Marta Helena Fillet (org.). Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos. Barueri, SP: Manole, 2006. cap. 10, p. 495–542.