TÉCNICA DE CRIOCONCENTRAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES: UMA BREVE REVISÃO

Valter Oliveira de Souto[1], Fábio Martins Campos[2], Marcelo Lazzarotto[3]

[1]Doutorando em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil (valter.o.souto@hotmail.com)
[2]Técnico de Laboratório do Instituto Federal do Paraná - Campus Jaguariaíva, Jaguariaíva, Paraná, Brasil
[3]Pesquisador nível A da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Brasil

Resumo: A crioconcentração é uma técnica eficaz, simples e de baixo custo. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sobre a técnica de crioconcentração e suas aplicações. A crioconcentração já foi utilizada na preservação de compostos bioativos de sucos de frutas e vinho e na produção de concentrado de suco de maçã, laranja, uva e chá verde. Perpetuando como uma técnica promissora, a crioconcentração pode ser utilizada no desenvolvimento de produtos alimentícios com alto valor agregado.

Palavras-chave: concentração em blocos; concentração por congelamento; tecnologia emergente; tecnologia limpa

INTRODUÇÃO

A concentração de alimentos líquidos é considerada uma importante operação unitária amplamente utilizada pela indústria de alimentos. Essa tecnologia tem como objetivo remover a água dos produtos alimentícios. Desta forma, aumenta o teor de sólidos totais, reduzindo o volume do produto e acarretando na redução de custos para embalagem e transporte, bem como maior estabilidade bioquímica e microbiológica para prolongar a vida de prateleira do produto (ZIELINSKI *et al*., 2018; ORELLANA-PALMA *et al*., 2019).

Possuindo diversas aplicações, a concentração pode ser alcançada por meio dos seguintes mecanismos, como a evaporação, osmose reversa ou simplesmente tecnologia por membrana e crioconcentração. Segundo Handojo *et al*. (2019) a técnica de concentração amplamente utilizada é a evaporação (uso de calor). No entanto, os compostos bioativos podem sofrer degradação, devido à alta sensibilidade ao aumento da temperatura (JIAO *et al*., 2004). Na concentração por membranas são utilizadas baixas temperaturas e mínimo consumo energético, mantendo a qualidade dos compostos termoinstáveis. No entanto, apresenta limitações devido a alguns fenômenos decorrentes do processo, como o efeito *fouling* (entupimento dos poros da membrana), impelindo a sua troca constante, aumentando os custos do processo (AIDER; DE HALLEUX; AKBACHE, 2007). A crioconcentração proporciona um concentrado de alta qualidade, diminui a deterioração química (devido à baixa atividade enzimática e microbiológica), nenhuma perda de componentes voláteis, preservação das propriedades sensoriais, preservação dos compostos termicamente sensíveis, preservação da cor e aumento do valor nutricional dos produtos alimentares (BELÉN *et al*., 2012; RIBEIRO *et al*.; 2017; ORELLANA-PALMA *et al*., 2019; MIYAWAKI; INAKUMA, 2020).

A técnica de crioconcentração ou simplesmente denominada de concentração por congelamento é uma tecnologia emergente em que a solução alimentar aquosa é concentrada por meio do congelamento parcial ou total da água (PETZOLD *et al*., 2013a). A crioconcentração é um método utilizado para concentrar um soluto em uma solução com base na separação de seus cristais de gelo puros de uma solução concentrada por congelamento e permite a obtenção de produtos de alto valor nutritivo, biológico e sensorial, com grande potencial de aplicação pela indústria de alimentos (ORELLANA-PALMA *et al*., 2017; ZIELINSKI *et al*., 2018).

A crioconcentração possui como princípio o congelamento e descongelamento de um alimento líquido, e consiste em três etapas principais: congelamento, descongelamento e separação. Neste método são obtidas duas frações, sendo que a primeira consiste em um alimento líquido concentrado e a segunda, de gelo contendo o mínimo de sólidos solúveis. A eficiência desse processo depende de um fino controle, monitoramento e sincronia dessas três etapas (IRITANI *et al*., 2013, MORENO *et al.*, 2014; ADORNO *et al*., 2017; ORELLANA-PALMA *et al.*, 2020; ORELLANA-PALMA *et al.*, 2021). Entretanto, quando

comparados a processos térmicos de concentração, a crioconcentração apresenta algumas desvantagens, como o baixo rendimento de produção e reduzido efeito sobre micro-organismos e enzimas (AMRAN *et al.*, 2016; MIYAWAKI; INAKUMA, 2021). Diante disto, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica a respeito da técnica de crioconcentração e suas aplicações.

METODOLOGIA

A pesquisa se deu por meio de levantamento bibliográfico com abordagem qualitativa e considerando um recorte temporal de 9 anos, no período de 2013 a 2021. Como mecanismo de busca utilizou-se o descritor "crioconcentração" e como critério de inclusão a ocorrência do mesmo pelo menos uma vez no título e/ou no corpo do texto, e como critério de sub inclusão tratar especificamente de acerca da relação de: "congelamento em blocos, crioconcentração de alimentos e aplicações de crioconcentração em bebidas". Para a recuperação da produção científica, foram consultadas as seguintes bases de dados: Google Acadêmico, Portal de periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), WEB OF SCIENCE, SCIENCEDIRECT e SCIELO.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação as técnicas de concentração usualmente utilizadas, a técnica de crioconcentração em blocos é a mais comum, simples e de baixo custo. Na crioconcentração, o líquido completamente congelado é separado do gelo e do concentrado com o auxílio de forças gravitacionais, como a centrifugação (ZIELINSKI *et al.*, 2018). Com isso, verifica-se que o interesse em estudar a técnica de crioconcentração cresceu depois de 2005. Os primeiros trabalhos relacionados com esta técnica foram publicados em 1994 e até o momento existem 153 publicações relacionados a técnica de crioconcentração e suas aplicações (Figura 1). Nos últimos 5 anos foram produzidos 66 trabalhos sobre a crioconcentração com mais de 550 citações em 2021 (WEB OF SCIENCE, 2022).

O uso da centrifugação na crioconcentração por congelamento, permite a recuperação acelerada dos solutos por meio da aplicação de força centrífuga e aumenta a eficiência da crioconcentração em bloco. Durante o processo de centrifugação, o bloco de gelo atua como um sólido poroso e o suco concentrado flui através dos canais de drenagem por diferença de pressão motriz maior do que a força gravitacional (ZIELINSKI *et al.*, 2018). A crioconcentração por congelamento é uma tecnologia bastante eficaz para proteger os compostos bioativos presentes nos alimentos, como os polifenóis. Possuindo inúmeras aplicabilidades, a crioconcentração tem sido utilizada para melhorar a qualidade nutricional de alimentos líquidos, sendo considerada uma ferramenta promissora para concentração de bioingredientes em produtos naturais. Com isso, pesquisas e inovações a respeito da crioconcentração estão propondo sistemas associados, como processos de concentração de congelamento em bloco ou concentração de congelamento progressivo (BOAVENTURA *et al.*, 2015; ORELLANA-PALMA *et al.*, 2017).

Quando comparada com a técnica de evaporação (alta temperatura) e a tecnologia de membrana (baixa concentração), a crioconcentração favorece

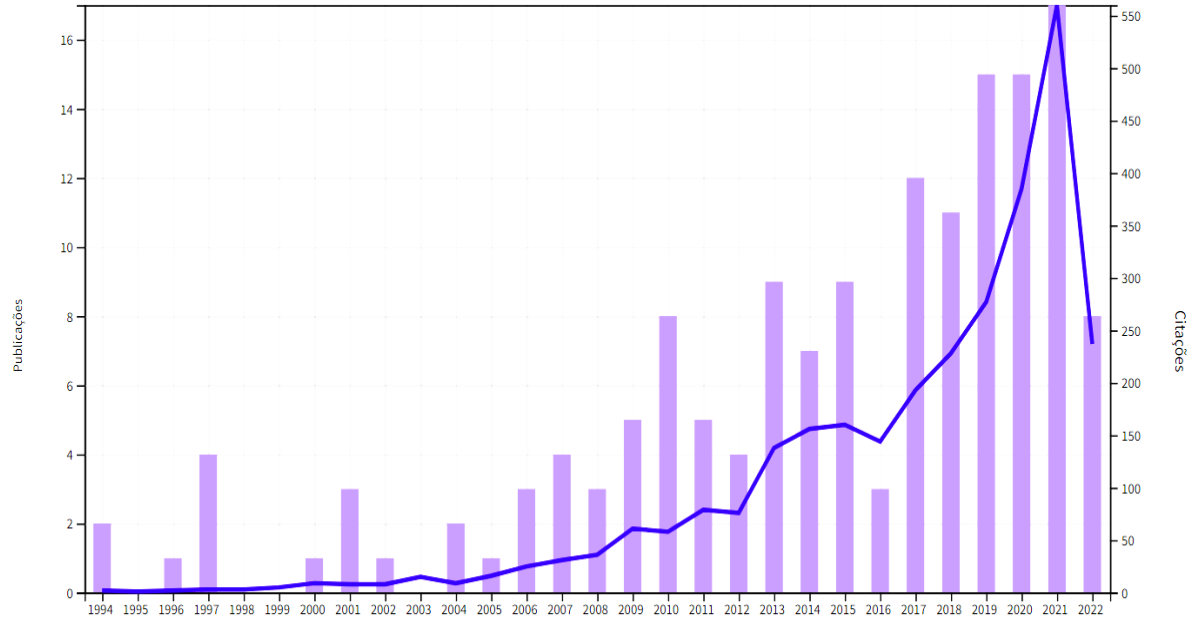

Figura 1. Números de citações e publicações ao longo do tempo

vantagens significativas para a produção de um concentrado de alta qualidade. Sendo assim, o processo deve ocorrer em baixas temperaturas, onde não exista interface com o vapor e o líquido, resultando em poucas ou nenhuma perda de compostos voláteis. Por isso, o aroma, sabor e qualidade dos alimentos concentrados são extremamente elevados e esses benefícios tornam a crioconcentração particularmente adequada para a concentração de diversos produtos, tais como sucos de frutas, chá, extratos de café e extratos aromáticos (PETZOLD *et al*., 2013a; PETZOLD *et al*., 2013b).

Com grande aplicação industrial e com altíssima potencialidade, alguns autores utilizaram a crioconcentração em diversos estudos. Petzold *et al*. (2013b), estudaram e analisaram o uso da centrifugação como uma força motriz para remover a solução concentrada da matriz de gelo em uma concentração congelada de soluções de sacarose em uma única etapa. Os autores relataram uma recuperação de aproximadamente 0,73 kg de sacarose por 1 kg de sacarose inicial e verificaram que o soluto recuperado foi independente da concentração inicial e do procedimento de congelamento. Orellana-Palma *et al*. (2017), investigaram o uso da crioconcentração em bloco assistido a vácuo sob diferentes condições de congelamento e tempo de processo para proteger os polifenóis na concentração de suco de mirtilo. Os polifenóis analisados apresentaram alta retenção no concentrado final por concentração de congelamento no bloco assistido a vácuo.

Zielinski *et al*. (2018), investigaram a utilização da crioconcentração em bloco assistida por centrifugação em suco de maçã para a produção de um concentrado de alta qualidade, com potencial de utilização pela indústria de alimentos. Com isso, os autores verificaram que os níveis de fenólicos aumentaram significativamente com cada ciclo de concentração de congelamento realizado. Orellana-Palma *et al*. (2019), avaliaram a melhoria da crioconcentração centrífuga por meio da recuperação do concentrado da fração de gelo aplicada ao suco de laranja. Os pesquisadores constataram que os solutos nas amostras concentradas aumentaram progressivamente seis vezes após três ciclos em comparação com a concentração inicial de sólidos.

Orellana-Palma *et al*. (2021), estudaram o impacto da cristalização por congelamento em bloco assistido por filtro centrífugo nos parâmetros físico-químicos, conteúdo fenólico, antocianinas e flavonoides e parâmetros de processos aplicados a suco de mirtilo. Verificaram um aumento na eficiência do processo numa porcentagem de 81 a 86% e maiores concentrações de conteúdo bioativo no suco de mirtilo estudado. Meneses *et al*. (2021), avaliaram o efeito de três estágios de concentração de congelamento em blocos sobre o teor de sólidos, polifenóis, catequinas, atividade antioxidante e qualidade sensorial de extrato aquoso de chá verde. Com isso, observaram que o extrato de chá verde concentrado aumentou o teor de compostos bioativos após a técnica de concentração, preservando suas propriedades funcionais e atributos sensoriais analisados.

Albergamo *et al.* (2020) estudaram um sub-produto ("água de uva") da crioconcentração do mosto e relataram que existe um grande potencial para a sua utilização. Visto que possui parâmetros físico-químicos semelhantes a água mineral e ainda apresenta aspectos nutricionais, aromatizantes, saborizantes e propriedades funcionais características da uva, além de representar uma solução inovadora e lucrativa para a agroindústria vitivinícola. A crioconcentração de suco de uva utilizando um sistema de crioconcentradores em sequência acoplados a um cristalizador de bobinas foi avaliada por Safiei *et al*. (2017), que observaram uma alta retenção de polifenóis e uma concentração eficiente do suco de uva. Parâmetros operacionais como temperatura do refrigerante (-8,0 ºC), vazão de circulação (3,0 L/min.) e tempo de operação (20 min.) foram determinantes para confirmar a viabilidade e eficiência operacional e produtiva do sistema avaliado.

Wu *et al*. (2017) avaliaram a influência da crioconcentração em compostos aromáticos e fenólicos, atributos de cor e propriedades sensoriais do vinho Cabernet Sauvignon. Os resultados obtidos mostraram que a crioconcentração melhorou os atributos da cor, aparência, aroma e sabor do vinho Cabernet Sauvignon e ainda reduziu os níveis de ácidos voláteis, elevou os teores de álcool, ésteres, antocianinas e glicerol, e manteve as demais propriedades físico-químicas do vinho. Zhang *et al*. (2016) realizaram a crioconcentração em suco de uva para elaboração de vinhos e observaram que este processo preservou os compostos fenólicos e elevou os teores de açúcares, dispensando o processo de chaptalização. Além disso, os vinhos produzidos a partir do crioconcentrado foram melhores avaliados sensorialmente em relação a vinhos chaptalizados.

Em experimento conduzido nos laboratórios da Embrapa Uva e Vinho, Campos *et al*. (2022) submeteram quatro litros de suco de uva a duas etapas de crioconcentração em blocos (Figura 2) e estudaram a influência desse processo nas características físico-químicas do suco. Os resultados mostraram a elevação dos teores de extrato seco, sólidos totais e cinzas. Já os níveis de pH e acidez total diferiram significativamente entre si. A eficiência da primeira etapa de crioconcentração foi de 65,811% ± 1,897%, enquanto da segunda etapa de cioconcentração foi de 53,435% ± 0,139%.

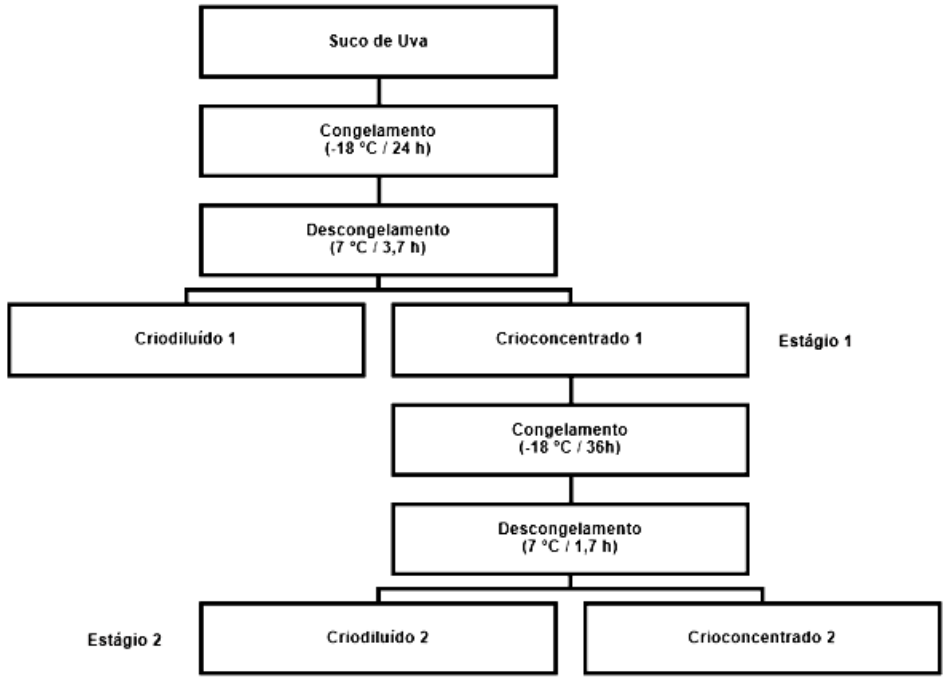

Figura 2. Fluxograma do processo de crioconcentração

Embasado nos resultados dos estudos mencionados e na literatura, o aperfeiçoamento do processo de crioconcentração em blocos trará benefícios ao setor alimentício, a qualidade dos produtos e aos consumidores.

CONCLUSÃO

A crioconcentração é uma tecnologia emergente bastante promissora e pode auxiliar a indústria de alimentos no desenvolvimento de produtos com elevado valor nutricional. A utilização do princípio da crioconcentração também pode ser empregada em equipamentos de baixo custo comercial a fim de serem utilizadas por pequenos e médios produtores, no qual poderão potencializar e disseminar produtos alimentícios de alto valor agregado. E dessa forma, contribuir com a economia circular quando aplicado na transformação de matérias-primas regionais.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa; ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná; a CAPES e a Embrapa Uva e Vinho.

REFERÊNCIAS

ADORNO, W. T.; REZZADORI, K.; AREND, G. D.; CHAVES, V. C.; REGINATTO, F. H.; DI LUCCIO, M.; PETRUS, J. C. Enhancement of phenolic compounds content and antioxidant activity of strawberry (*Fragaria* x *ananassa*) juice by block freeze concentration technology. **International Journal of Food Science & Technology (Print)**, v. 52, p. 1-7, 2017.

ALBERGAMO, A.; COSTA, R.; BARTOLOMEO, G.; RANDO, R.; VADALÀ, R.; NAVA, V.; DUGO, G. Grape water: reclaim and valorization of a by-product from the industrial cryoconcentration of grape (*Vitis vinifera*) must. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 100, n. 7, p. 2971-2981, 2020.

AMRAN, N. A.; SAMSURI, S.; SAFIEI, N. Z.; ZAKARIA, Z. Y.; JUSOH, M. Review: parametric study on the performance of progressive cryoconcentration system. **Chemical Engineering Communications**, v. 203, n. 7, p. 957-975, 2016.

BOAVENTURA, B. C. B.; DA SILVA, E. L.; LIU, R. H.; PRUDÊNCIO, E. S.; DI PIETRO, P. F., BECKER, A. M.; AMBONI, R. D. D. M. C. Effect of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) infusion obtained by freeze concentration technology on antioxidant status of healthy individuals. **Food Science and Technology**, v. 62, n. 2, p. 948-954, jul. 2015.

CAMPOS, F. M.; DE SOUTO, V. O.; PEREIRA, G. E.; LAZZAROTTO, M. Crioconcentração: processo agroindustrial a ser usado em sucos de uva. **FRUSUL-Simpósio de Fruticultura da Região Sul**, v. 3, n. 1, 2022.

IRITANI, E. KATAGIRI, N.; OKADA, K.; CAO, D. Q.; KAWASAKI, K. Improvement of concentration performance in shaking type of freeze concentration. **Separation and Purification Technology**, v. 120, p. 445-451, 2013.

HANDOJO, L. A., KHOIRUDDIN, K., WARDANI, A. K., HAKIM, A. N., & WENTEN, I. G. Advancement in Forward Osmosis (FO) Membrane for Concentration of Liquid Foods. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, 547, 2019.

MENESES, D.L.; RUIZ, Y.; HERNANDEZ, E.; MORENO, F. L. Multi-stage block freeze-concentration of green tea (Camellia sinensis) extract. **Journal of Food Engineering**, [S.L.], v. 293, p. 110381, mar. 2021.

MIYAWAKI, O.; INAKUMA, T. Development of progressive freeze concentration and its application: a review. **Food and bioprocess technology,** v. 14, n. 1, p. 39-51, 2021.

MORENO, F. L.; HERNÁNDEZ, E.; RAVENTÓIS, M.; ROBLES, C.; RUIZ, Y. A process to concentrate coffe extract by the integration of falling film and block freeze-concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 128, p. 88-95, 2014.

ORELLANA-PALMA, P.; PETZOLD, G.; PIERRE, L.; PENSABEN, J. M. Protection of polyphenols in blueberry juice by vacuum-assisted block freeze concentration. **Food and Chemical Toxicology**, [S.L.], v. 109, p. 1093-1102, nov. 2017.

ORELLANA-PALMA, P.; GONZÁLES, Y.; PETZOLD, G. Improvement of Centrifugal Cryoconcentration by Ice Recovery Applied to Orange Juice. **Chemical Engineering & Technology**, [S.L.], v. 42, n. 4, p. 925-931, 28 fev. 2019.

ORELLANA-PALMA, P.; LAZO-MERCADO, V.; GIANELLI, M. P.; HERNANDEZ, E.; ZUNIGA, R. N.; PETZOLD, G. Influence of cryoconcentration on quality attributes of apple juice (*Malus Domestica* cv. *Red Fuji*). **Applied Sciences**, v. 10, n. 3, p. 959-976, 2020.

ORELLANA-PALMA, P.; GUERRA-VALLE, M.; ZÚÑIGA, R. N. Centrifugal Filter-Assisted Block Freeze Crystallization Applied to Blueberry Juice. **Processes**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 421, 26 fev. 2021.

PETZOLD, G.; NIRANJAN, K.; AGUILERA, J. M. Vacuum-assisted freeze concentration of sucrose solutions. **Journal of Food Engineering**, [S.L.], v. 115, n. 3, p. 357-361, abr. 2013a.

PETZOLD, G.; AGUILERA, J. M. Centrifugal freeze concentration. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [S.L.], v. 20, p. 253-258, out. 2013b.

SAFIEI, N. Z.; NGADI, N.; JOHARI, A.; ZAKARIA, Z. Y.; JUSOH, M. Grape juice concentration by progressive freeze concentrator sequence system. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 1, p. 1-11, 2017.

WEB OF SCIENCE. **Relatório de citações 2925 resultados de principal coleção do Web of Science entre 1994 a 2022.** Tópico "Cryoconcentration". [Acesso em 11 jul. 2022]. Disponível em: http:// https://www.webofscience.com/wos/woscc/citation-report/2ed4a536-7221-4780-83e7-aa478c54a775-42d1b17b.

WU, Y.-Y.; XING, K.; ZHANG, X. X.; WANG, H.; WANG, Y.; WANG, F.; LI, J. M. Influence of freeze concentration technique on aromatic and phenolic compounds, color attributes, and sensory properties of Cabernet Sauvignon wine. **Molecules**, v. 22, n. 6, p. 899-917, 2017.

ZHANG, Q.; SUN, X.; SHENG, Q.; CHEN, J.; HUANG, W.; ZHAN, J. Effect of suspension freeze-concentration technology on the quality of wine. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 37, n. 1, p. 39-46, 2016.

ZIELINSKI, A. A.; ZARDO, D. M.; ALBERTI, A.; BORTOLINI, D. G.; BENVENUTTI, L.; DEMIATE, I. M.; NOGUEIRA, A. Effect of cryoconcentration process on phenolic compounds and antioxidant activity in apple juice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S.L.], v. 99, n. 6, p. 2786-2792, 18 dez. 2018.