



## TECNOLOGIA DE CRIOCONCENTRAÇÃO APLICADA EM BEBIDAS À BASE DE UVA: UMA REVISÃO

**Fábio Martins Campos<sup>1</sup>, Morgana Keiber<sup>2</sup>, Valter Oliveira de Souto<sup>2</sup>, Celso Guarani Ruiz de Oliveira<sup>3</sup>, Giuliano Elias Pereira<sup>3</sup>, Marcelo Lazzarotto<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Técnico de Laboratório do Instituto Federal do Paraná - Campus Jaguariaíva, Jaguariaíva, Brasil (fabio.campos@ifpr.edu.br)

<sup>2</sup> Doutorando em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil

<sup>3</sup> Analista da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Brasil

<sup>4</sup> Pesquisador nível A da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Brasil

**Resumo:** Essa breve revisão de literatura tem como objetivo analisar estudos relevantes acerca da aplicação do processo de crioconcentração em vinho e suco de uva. A crioconcentração consiste em um processo não-térmico de concentração de sucos e vinhos capaz de preservar a maior parte das características químicas, nutricionais, funcionais e sensoriais dos produtos, tendo como resultados extratos concentrados de alta qualidade e água com grande pureza.

**Palavras-chave:** Concentração por congelamento; crioconcentração; suco de uva; mosto; vinho.

### INTRODUÇÃO

A água é o principal componente dos alimentos líquidos. O estudo do seu comportamento é essencial para promover adequada preservação dos constituintes da matéria-prima, bem como adequado processamento (MIYAWAKI, 2018). A concentração de alimentos líquidos é uma operação unitária muito importante, visto que alimentos concentrados ocupam menos espaço e são mais leves. Na indústria de alimentos, a concentração pode colaborar com a redução de custos com processamento, armazenamento e transporte. As principais metodologias descritas na literatura para concentração de alimentos líquidos são evaporação, concentração por membranas e concentração por congelamento (PETZOLD *et al.*, 2016).

A evaporação ou concentração por ebulição, consiste na remoção parcial de água presente nos alimentos líquidos por meio de fervura e liberação do vapor d'água. Apesar de ser um método de baixo custo, capaz de originar produtos altamente concentrados, quando comparada à concentração por membranas e por congelamento, tem maior consumo de energia. Além disso, as altas temperaturas utilizadas no processo podem comprometer as características sensoriais e nutricionais do alimento, afetando assim sua qualidade (SÁNCHEZ *et al.*, 2011).

O método de concentração por membranas, conhecido como osmose reversa, consiste em operações unitárias nas quais água e alguns solutos, em uma determinada solução, são removidos seletivamente a partir de uma membrana semipermeável. Por se tratar de um processo que não exige mudança de fase, é o método que requer o menor consumo de energia dentre os demais. Entretanto, as membranas utilizadas geralmente apresentam elevado custo e a concentração máxima de sólidos totais obtida com o processo é de até 30% (SÁNCHEZ *et al.*, 2011). A qualidade do produto e os custos de processamento são médios entre evaporação e concentração por congelamento (MIYAWAKI; INAKUMA, 2021).

A concentração por congelamento ou crioconcentração, promove a concentração de alimentos líquidos a partir do congelamento e da subsequente separação de uma parte da água congelada (AIDER; HALLEUX, 2009). O grau de concentração dos produtos obtidos é mais alto do que na osmose reversa, porém, mais baixo do que na concentração por evaporação (SÁNCHEZ *et al.*, 2011). O custo e o rendimento da concentração por congelamento variam de acordo com o método escolhido (AIDER; HALLEUX, 2009).

A crioconcentração caracteriza-se como uma tecnologia não térmica e de baixo impacto ambiental



que, por operar com baixas temperaturas, ocasiona alterações sensoriais mínimas no produto final, tendo como resultado um concentrado de alta qualidade. Por esta particularidade, esta é uma tecnologia emergente na indústria de alimentos e de nutraceuticos (PETZOLD *et al.*, 2016).

Entre as frutas, a uva se destaca como uma das maiores fontes de compostos com atividade antioxidante da alimentação, em função da presença de flavonoides, antocianinas, resveratrol e taninos em sua composição (DA SILVA *et al.*, 2019; TAVARES *et al.*, 2019). Além do potencial antioxidante, os compostos fenólicos presentes na uva também apresentam ação neuroprotetora, antimicrobiana, anticancerígena, anti-inflamatória, antifúngica, antitrombótica, antidiabética e anti-obesidade (SMERIGLIO *et al.*, 2016; KOOH *et al.*, 2017). Por esta razão, a uva e seus derivados, como sucos e vinhos, vêm sendo cada vez mais estudados e consumidos, em virtude da sua relevância para a saúde. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo reunir os trabalhos principais publicados até o momento sobre uso da tecnologia de crioconcentração em bebidas à base de uva, alcóolicas e não alcóolicas, apresentando os principais achados científicos e as perspectivas futuras.

#### METODOLOGIA

Realizou-se uma pesquisa exploratória em repositórios digitais da área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, nas seguintes bases de dados: Science Direct, Web of Science, Scielo, Google Scholar e Portal de Periódicos da Capes. As palavras-chaves utilizadas na busca foram: *cryoconcentration*, *cryoconcentration technology*, *freeze concentration*, *freeze-concentrated*, *grape*, *grape juice*, *grape wine*, *grape pomace*, *grape most*, sendo utilizadas de forma isolada e combinada. Foram selecionados artigos publicados em inglês, dos últimos 20 anos.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### TÉCNICA DE CRIOCONCENTRAÇÃO

Os métodos de crioconcentração podem ser classificados em duas categorias: métodos com formação de pequenos cristais de gelo e métodos com formação de grandes cristais de gelo (MIYAWAKI; INAKUMA, 2021). A crioconcentração por suspensão é um método complexo que envolve trocadores de calor de paredes raspadas para a geração de pequenos cristais de gelo, tubo de recristalização para o crescimento dos cristais e torre de lavagem para a separação dos cristais de gelo. Em função da alta complexidade e alto custo, apresenta limitada aplicação na indústria alimentícia (AIDER; HALLEUX, 2009).

O método de crioconcentração progressiva caracteriza-se como um processo no qual ocorre a formação de um único e grande cristal de gelo, facilitando assim sua separação da solução mãe. Esse sistema é composto de um compartimento cilíndrico, um banho de resfriamento e um sistema de condução da amostra, sendo o cristal formado na superfície de resfriamento do reservatório de cristalização (MIYAWAKI; INAKUMA, 2021).

A crioconcentração em blocos é um método que consiste no congelamento parcial ou total de um alimento líquido, formando um único e grande cristal. O processo ocorre em três etapas: congelamento, descongelamento e a separação do líquido concentrado da fração de gelo. No congelamento parcial, ocorre a introdução de um tubo refrigerante no centro da solução de alimentação, enquanto que, no congelamento total a solução é congelada integralmente, sendo ambos os processos seguidos pelo descongelamento gravitacional simples (AIDER; HALLEUX, 2009) ou por processos assistidos, como centrifugação (PETZOLD; AGUILERA, 2013) e bomba à vácuo (PETZOLD *et al.*, 2013). Entretanto, a eficiência da crioconcentração em blocos é limitada, quando comparada a outros métodos, sendo necessária a realização de várias operações para obter um extrato com alto nível de concentração (MIYAWAKI; INAKUMA, 2021).

Nos últimos anos, a crioconcentração em blocos vem sendo relatada como promissora e eficaz para a obtenção de produtos alimentícios com maior valor nutritivo e com maior preservação das propriedades sensoriais e funcionais. Com isso, a crioconcentração vem sendo aplicada na concentração de erva-mate (BOAVENTURA *et al.*, 2013), chá verde (*Camellia sinensis*) (MENESES *et al.*, 2021), café (Moreno *et al.*, 2014) e alguns tipos de suco de fruta, incluindo maçã (ORELLANA-PALMA *et al.*, 2020), mirtilo (ORELLANA-PALMA *et al.*, 2021), e laranja (PETZOLD *et al.*, 2019a; PETZOLD *et al.*, 2019b).

##### CRIOCONCENTRAÇÃO DE SUCO DE UVA

A crioconcentração de alimentos líquidos, como o suco e mosto da uva, consiste na cristalização fracionada da água (líquido) a gelo (sólido) através do congelamento e a posterior remoção do gelo, utilizando técnicas de colunas de lavagem ou separação mecânica. Este processo é capaz de reter altas concentrações de compostos aromáticos voláteis e preservar os nutrientes do alimento, gerando um ingrediente concentrado e de alta qualidade nutricional e funcional, que pode ser utilizado como uma base natural para o desenvolvimento de novos produtos, e ainda, contribuir para a redução dos



custos com transporte e armazenamento na indústria (MIYAWAKI; INAKUMA, 2021). Entretanto, quando comparada a processos térmicos de concentração, a criocongentração apresenta desvantagens como: baixo rendimento de produção, reduzido efeito sobre micro-organismos e enzimas e elevados custos de aquisição de equipamentos, refrigeração e operação (AMRAN *et al.*, 2016; SÁNCHEZ-MACHADO *et al.*, 2009).

Nos últimos anos, a criocongentração de sucos de uva vem sendo objeto de estudo de alguns trabalhos conduzidos em países da Europa e na Malásia. Na Itália, Albergamo *et al.* (2020) estudaram um sub-produto (“água da uva”) da criocongentração do mosto de uvas das variedades ‘Grillo’ e ‘Moscato D’Alessandria’. Os autores 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. Outro ponto importante destacado pelos autores é o reaproveitamento e valorização de um sub-produto que representa cerca de 65 % (v/v) do suco de uva inicial, que deixa de ser resíduo para ser consumido como uma bebida pasteurizada ou gerar um possível ingrediente para a indústria alimentícia.

Na Espanha, Hernández *et al.* (2010) examinaram o processo de criocongentração em mosto de uva da variedade Macabeo utilizando criocongentrador de filme descendente. Como resultado, obtiveram uma taxa de concentração média de 1,38 °Brix/h, sendo que o teor de sólidos solúveis alcançado foi de 29,5 °Brix, equivalente a uma elevação de 89,94% dos °Brix do suco de uva inicial (16,4 °Brix). A vazão de operação do equipamento foi de 0,8 L/s e consumiu entre 0,58 - 1,00 kWh/kg de gelo. A produção de gelo variou entre 1,32 e 1,05 gm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> para o suco inicial e o mais concentrado, respectivamente. A associação de parâmetros como a impureza relativa do gelo, cálculo da eficiência da concentração, estimativa da energia consumida e o monitoramento do conteúdo de sólidos solúveis (°Brix) do suco e do gelo comprovam a viabilidade do processo de criocongentração de filme descendente.

Na Malásia, a criocongentração de suco de uva utilizando um sistema de criocongentradores em sequência acoplados a um cristalizador de bobinas foi avaliada por Safiee *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 °C), 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.

Apesar do crescente interesse pelo estudo deste método de concentração de alimentos líquidos, até o presente momento não existe, no Brasil, uma legislação específica vigente para produtos criocongentrados à base de uva ou de qualquer outro alimento.

## CRIOCONGENTRAÇÃO DE VINHO

A concentração de alimentos líquidos é uma das operações unitárias mais importantes na indústria de alimentos. Dentre os processos tecnicamente viáveis para a obtenção de concentrados líquidos, a criocongentração se destaca por ser um método eficiente na preservação de álcool e de compostos aromáticos, sendo estas, características presentes no vinho.

Pesquisas realizadas na última década vêm demonstrando os potenciais da criocongentração aplicada a esta matéria-prima no Chile e na China. Wu *et al.* (2017) avaliaram a influência da criocongentração em blocos na qualidade do vinho tinto produzido a partir de uvas Cabernet Sauvignon provenientes da região de Xinjiang, China. Os resultados obtidos mostraram que a criocongentração melhorou os atributos da cor, aparência, aroma e sabor da amostra, elevou significativamente os teores de álcool e glicerol, aumentou a concentração de ésteres e antocianinas, reduziu os níveis de ácidos voláteis e manteve as demais propriedades físico-químicas, quando comparado a amostra inicial. Além disso, na avaliação sensorial o vinho criocongentrado apresentou melhores caracteres de fragrância e melhor sensação na boca. Diante dos achados, os autores sugeriram que o tratamento de concentração do vinho por congelamento pode ser uma boa escolha para melhorar a qualidade do vinho.

Petzold *et al.* (2016) estudaram a eficiência da criocongentração em blocos assistida por bomba à vácuo em vinho tinto, produzido a partir de uvas da variedade Cabernet Sauvignon proveniente da região do Valle Central, no Chile. Os autores observaram que após aplicar cinco minutos de sucção com vácuo (40 kPa), o conteúdo de sólidos da fração concentrada aumentou significativamente (8 °Brix para 25 °Brix), em relação ao teor de sólidos presente na amostra inicial, observando ainda que a maior concentração ocorreu principalmente nas primeiras frações criocongentradas. A metodologia adotada obteve eficiência de 90% em um curto intervalo de tempo (15 minutos), observando também altos valores de pureza na fração de gelo obtida. Com relação aos teores de álcool, acidez, polifenóis totais e pH, os autores observaram aumento significativo na fração concentrada, com intensificação da cor. Desse modo, sugerem que a técnica utilizada no estudo é eficiente na obtenção de amostras com possível



aplicação gastronômica e industrial, em função das suas propriedades altamente atrativas.

Zhang *et al.* (2016) avaliaram a viabilidade da criocongeração de suco de uva branca e tinta com baixos teores de açúcar para uso na produção de vinho. Os sucos utilizados na pesquisa foram obtidos de uvas da região de Xinjiang, China, e foram criocongenerados em equipamento de criocongeração por suspensão em escala piloto. Após obtenção dos sucos criocongenerados, estes foram aplicados na produção de vinho branco e tinto, os quais foram submetidos à avaliação de parâmetros físicos e químicos, teor de polifenóis e atributos sensoriais. Os resultados mostraram que a metodologia utilizada foi capaz de elevar o teor de sólidos solúveis, de 14 °Brix para 23 °Brix, bem como, o conteúdo fenólico. Além disso, os vinhos branco e tinto obtidos a partir do mosto criocongenerado apresentavam qualidade sensorial superior aos vinhos controle (feitos a partir do mosto de uva chaptalizado), segundo os resultados da análise sensorial. Dessa forma, os autores sugeriram a criocongeração por suspensão como uma alternativa promissora à tecnologia tradicional de chaptalização, destacando a praticidade de aplicação da tecnologia de concentração por congelamento na indústria do vinho.

Por se tratar de um processo contestável, a chaptalização não é permitida em alguns países, como a Itália, Argentina, Espanha, Portugal e África do Sul. Mas é adotada e regulamentada em outros países, como o Brasil, Canadá, Nova Zelândia e Reino Unido (ENO CULTURA, 2020).

#### CRIOCONGERAÇÃO DE PRODUTOS À BASE DE UVA: PERSPECTIVAS ATUAIS E FUTURAS

Tendo em vista o elevado teor nutricional, sensorial e funcional dos produtos obtidos a partir da uva, é notório o crescente interesse pelo desenvolvimento de pesquisas que possibilitem a implementação de tecnologias de processamento mais sustentáveis, sob o ponto de vista econômico, ambiental, eficientes em termos de rendimento e qualidade do produto final, e seguras. Assim, observa-se que na última década a concentração por congelamento de produtos à base de uva vem ganhando cada vez mais espaço no meio científico.

Analisando os trabalhos já publicados dentro desta temática, observa-se que os mesmos vêm sendo conduzidos principalmente em alguns países do continente Europeu, principal região vitícola do mundo, com destaque para a Espanha e a Itália. Além disso, observa-se ainda a realização de vários estudos em países do continente asiático, especialmente na China, que contempla a segunda maior superfície vitícola do mundo (OIV, 2019). Entretanto, um fator

limitante para melhor entendimento e ampla divulgação dos dados é que muitos dos trabalhos produzidos pelos chineses encontram-se publicados no idioma oficial do país, o mandarim.

Até o presente momento, as cultivares mais estudadas nas pesquisas de criocongeração por congelamento são as das uvas Macabeo, Red Globe, Thompson, Cabernet Sauvignon, Grillo e Moscato. Com relação ao método de concentração por congelamento mais utilizado, observa-se que a criocongeração em blocos se destaca, possivelmente em função do menor investimento necessário e também da facilidade de execução (MIYAWAKI; INAKUMA, 2021). Tendo em vista os excelentes resultados verificados até o presente momento, no que diz respeito a aspectos qualitativos e quantitativos dos extratos criocongenerados, acredita-se que estes ganhem cada vez popularidade no meio científico e industrial.

#### CONCLUSÃO

Os achados deste trabalho de revisão permitem constatar que, até o presente momento, há um número limitado de estudos que tenham avaliado a aplicação da concentração por congelamento em produtos à base de uva, sendo estes realizados principalmente no Chile, China, Espanha, Itália e Malásia. Contudo, os resultados já observados reforçam a viabilidade e eficiência do método na melhora das características nutricionais, sensoriais e funcionais de suco de uva, mosto e vinho. Sabe-se que líquidos concentrados são opções vantajosas para a indústria de alimentos, uma vez que podem ocasionar a diminuição nos custos com logística e processamento, aumento da vida de prateleira e redução da produção de resíduos.

Por se tratar de uma tecnologia não térmica e de baixo impacto ambiental, que apresenta resultados promissores não só em bebidas à base de uva mas também em vários outros alimentos líquidos já estudados, entende-se que a pesquisa e o aprimoramento do método podem trazer inúmeros benefícios para as indústrias alimentícia e farmacêutica, no que tange à qualidade dos produtos, processamento e redução de custos, e também para o consumidor final.

#### 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; CAPES e Embrapa Uva e Vinho.

#### REFERÊNCIAS

AIDER M.; HALLEUX D. Cryoconcentration technology in the bio-food industry: principles and



applications. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 3, p. 679-685, 2009.

ALBERGAMO, A.; COSTA, R.; BARTOLOMEO, G.; RANDO, R.; VADALÀ, R.; NAVA, V.; GERVASI, T.; TOSCANO, G.; GERMANÒ, M. P.; D'ANGELO, V.; DITTA, F.; 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. Parametric study on the performance of progressive cryoconcentration system. **Chemical Engineering Communications**, v. 203, n. 7, p. 957-975, 2016.

BOAVENTURA, B. C. B.; MURAKAMI, A. N. N.; PRUDENCIO, E. S.; MARASCHIN, M.; MURAKAMI, F. S.; AMANTE, E. R.; AMBONI, R. D. M. C. Enhancement of bioactive compounds content and antioxidant activity of aqueous extract of mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) through freeze concentration technology. **Food Research International**, v. 53, n. 2, p. 686-692, 2013.

DA SILVA, M. J. R.; PADILHA, C. V. S.; LIMA M. S.; PEREIRA, G. E.; VENTURINI FILHO, W. G.; MOURA, A. F.; TECCHIO, M. A. Grape juices produced from new hybrid varieties grown on Brazilian rootstocks: bioactive compounds, organic acids and antioxidant capacity. London, **Food Chemistry**, v. 289, n. 15, p. 714-722, 2019.

ENO CULTURA 2020. Conteúdo técnico: Chaptalização. <https://www.enocultura.com.br/chaptalizacao/>. Acessado: 18 Jul 2022.

HERNÁNDEZ, E.; RAVENTOS, M.; AULEDA, J. M.; IBARZ, A. Freeze concentration of must in a pilot plant falling film cryoconcentrator. **Innovative Food Science and Emerging Technology**, v. 11, n. 1, p. 130-136, 2010.

KHOO, H. E.; AZLAN, A.; TANG, S. T.; LIM, S. M. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. **Food & Nutrition Research**, v. 61, n. 1, 1361779, 2017.

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**, v. 209, 110381, 2021.

MIYAWAKI O. Water and freezing in food. **Food Science and Technology Research**, v. 24, n. 1, p.1-21, 2018.

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.; RAVENTÓS, M.; ROBLES, C.; RUIZ, Y. A process to concentrate coffee extract by the integration of falling film and block freeze-concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 128, p. 88-95, 2014.

OIV 2019 - International Organisation of Vine and Wine 2019. Statistical report on world vitiviniculture. International Organisation of Vine and Wine Intergovernmental Organisation 2019. <https://www.oiv.int/public/medias/6782/oiv-2019-statistical-report-on-world-vitiviniculture.pdf>. Acessado: 18 Jul 2022.

ORELLANA-PALMA P.; LAZO-MERCADO, V.; GIANELLI, M. P.; HERNÁNDEZ, E.; ZÚÑIGA, 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.; GONZÁLEZ, Y.; PETZOLD, G. Improvement of centrifugal cryoconcentration by ice recovery applied to orange juice. **Chemical Engineering Technology**, v. 42, n. 4, p. 925-931, 2019a.

ORELLANA-PALMA, P.; GUERRA-VALLE, M.; ZÚÑIGA, R. N. Centrifugal filter-assisted block freeze crystallization applied to blueberry juice. **Processes**, v. 9, n. 3, p. 421-434, 2021.

PETZOLD G.; AGUILERA, J. M. Centrifugal freeze concentration. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 20, p. 253-258, 2013.

PETZOLD G.; ORELLANA P.; MORENO J.; CERDA E.; PARRA P. Vacuum-assisted block freeze concentration applied to wine. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 36, p. 330-335, 2016.

PETZOLD G.; ORELLANA P.; MORENO J.; VALERIA P. Physicochemical properties of cryoconcentrated orange juice. **Chemical Engineering Transactions**, v. 75, p. 37-42, 2019b.

PETZOLD, G.; NIRANJAN, K.; AGUILHERA, J. M. (2013) Vacuum-assisted freeze concentration of sucrose solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 115, p. 357-361, 2013.

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.

SÁNCHEZ J.; HERNÁNDEZ E.; AULEDA J. M.; RAVENTÓS M. Freeze concentration technology applied to dairy products. **Food Science Technology International**, v. 17, n. 1, p. 5-13, 2011.



SÁNCHEZ-MACHADO, J. A.; RUIZ, Y.; AULEDA J. M.; HERNANDEZ, E.; RAVENTÓS, M. Freeze concentration in the fruit juices industry. **Food Science and Technology International**, v. 15, n. 4, p. 303-315, 2009.

SMERIGLIO, A.; BARRECA, D.; BELLOCO, E.; TROMBETTA, B. Chemistry, pharmacology and health benefits of anthocyanins. **Phytotherapy Research**, v. 30, n. 8, p. 1265-1286, 2016.

TAVARES, I. M. C.; CASTILHOS, M. B. M.; MAURO M.; RAMOS, A. M.; SOUZA, R. T.; GÓMEZ-ALONSO, S.; GOMES, E.; SILVA, R.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; LAGO-VANZELA, E. BRS Violeta (BRS Rúbea x IAC 1398-21) grape juice powder produced by foam mat drying. Part I: Effect of drying temperature on phenolic compounds and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 298, 124971, 2019.

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.