



CRIOCONCENTRAÇÃO EM BLOCO ASSISTIDA POR VÁCUO APLICADA AO SUCO DE UVA INTEGRAL

Edilia G. O. Leite^{1*}, Ana L. C. Andrade¹, Carlos H. V. Veiga¹; Miguel A. C. Santos¹, Danielle C. B. Honorato¹, Michael S. Batista¹, Fábio M. Campos¹

¹Instituto Federal do Paraná, Campus Jaguariaíva, Jaguariaíva, Paraná, Brasil.

*e-mail: gabrielaedilia1@gmail.com

Palavras-Chave: crioconcentrado, criodiluído, concentração.

Introdução

O suco de uva é uma bebida “zero álcool” não fermentada e nutritiva, que reflete os atributos de cor, aroma e sabor da uva que a originou (Bender et al., 2020; Rizzon; Meneguzzo, 2007). As cultivares *Vitis labrusca* L. e seus híbridos são as principais variedades utilizadas para elaboração de suco de uva no Brasil (Moro et al., 2025). Segundo o Sistema de Declarações Vinícolas e no painel da viticultura gaúcha, a produção de suco de uva no estado do rio grande do sul representa mais de 90,0% da produção nacional (Protas et al., 2025).

Em 2025, essa produção total de suco de uva foi de 88.610.486,00 litros, sendo 30.010 litros suco adoçado (0,03%), 27.247.360 litros suco concentrado (30,75%) e suco integral 61.333.115,58 litros suco integral (69,22%) (CONSEVITIS, 2026). Apesar da participação percentual não ser a majoritária, o suco concentrado permanece essencial para a indústria devido à sua versatilidade, sendo usado como base para elaboração de sucos reconstituídos, néctares, geleias e doces. Além disso, o suco de uva concentrado é o mais indicado para exportação, por possuir uma logística otimizada decorrente do menor volume e peso transportados, maior vida útil sem conservantes químicos e a facilidade de padronização de cor e sabor independentemente das características da safra (Campos et al., 2026).

O suco de uva concentrado pode ser obtido por meio de evaporação à vácuo, concentração por membranas ou crioconcentração (Orellana-Palma; Gonzalez; Petzold et al., 2019). A evaporação à vácuo é o processo mais difundido, entretanto, possui altos custos energéticos, operacionais, de instalação e de manutenção (Ali et al., 2021; Dadrasnia et al., 2021; Madoumier et al., 2020, Prestes et al., 2022). Além disso, as altas temperaturas da evaporação podem diminuir compostos termolábeis e bioativos, alterando as propriedades sensoriais do suco (Prestes et al., 2022). Já a tecnologia de membranas retém melhor cor, aroma e sabor, além de apresentar menor custo energético e de instalação quando comparado a evaporação à vácuo (Prestes et al., 2022). No entanto, não consegue alcançar as concentrações atingidas pela evaporação a vácuo, além de apresentarem problemas com



incrustações, entupimentos, dificuldade de limpeza, necessidade de troca regular de membranas (Aider; Halleux, 2009 ; Chabarov; Aider, 2014 ; Muñoz et al., 2019).

A crioconcentração, por sua vez, quando comparada a evaporação demanda aproximadamente $335,0 \text{ KJ kg}^{-1}$ de água durante o congelamento, valor inferior à energia necessária nos processos de evaporação (aproximadamente $2260,0 \text{ KJ kg}^{-1}$ de água), visto que o calor latente de vaporização é maior que o calor latente de fusão (Jusoh; Yunus; Hassan, 2009 ; Qin et al., 2021). O grau de concentração alcançado com a crioconcentração é maior do que na concentração por membranas, e inferior a evaporação à vácuo (Moreno et al., 2014; Amran et al., 2016; Petzold et al., 2016).

Por ocorrer em temperaturas negativas, a crioconcentração é uma técnica que preserva componentes termolábeis, como compostos voláteis (sabores e aromas) e outros compostos bioativos (antioxidantes, compostos fenólicos, antocianinas e vitamina C), devido ao processo ocorrer em temperaturas negativas (Sperotto et al., 2025; Souto et al., 2026; Vásquez-Castillo; Hernández; Achaerandio, 2025). Existem quatro métodos de concentração por congelamento: em suspensão, progressivo, filme descendente e em bloco (Campos et al., 2026). Este último processo geralmente ocorre três etapas: congelamento, descongelamento e separação (Campos et al., 2026; Sperotto et al., 2025). Durante o congelamento, a medida que ocorre a formação de cristais de gelo, um líquido torna-se cada mais concentrado, instalando-se entre os cristais de gelo (Aider; Halleux, 2009; Roos, 2021). Algumas técnicas auxiliares são aplicadas à crioconcentração em bloco para facilitar a separação e torná-la mais eficiente, como a centrifugação e o vácuo (Campos et al., 2026; Petzold et al., 2013; Petzold; Aguilera, 2013).

Vásquez-Castillo, Hernández e Achaerandio (2025) demonstraram que a acoplação de vácuo e centrifugação ao sistema de crioconcentração em blocos melhorou a eficiência do processo de concentração de suco de romã. Picolli (2015) pesquisou os efeitos da crioconcentração em blocos de três estágios assistida por centrifugação aplicada a sucos integrais de uvas brancas e tintas e observou um aumento no teor de sólidos solúveis totais de $26,50^\circ\text{Brix}$ nas uvas brancas e $28,02^\circ\text{Brix}$ nas uvas tintas. Considerando essas informações, o presente trabalho teve como objetivo determinar o processo de crioconcentração em bloco assistida por vácuo mais eficiente para elaboração de crioconcentrado de suco de uva.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em triplicata com volumes de dois litros de suco de uva integral por tratamento. As amostras foram submetidas ao congelamento (Tratamento 1: $-20,0 \pm 2,0^\circ\text{C}/12\text{h}$; Tratamento 2: $-20,0 \pm 2,0^\circ\text{C}/24\text{h}$ e Tratamento 3: $-20,0 \pm 2,0^\circ\text{C}/48\text{h}$) e subsequente descongelamento assistido por fluxo de ar a $(21,0 \pm 2,0^\circ\text{C})$. Foram obtidos um litro de crioconcentrado e um litro de criodiluído.



Os teores de extrato seco total (AOAC 950.27-1950) foram obtidos pela diferença entre a massa da amostra (cerca de 5,0 g) e o conteúdo de água e compostos voláteis por secagem em estufa de secagem com circulação e renovação de ar (Solidsteel SSDi, Piracicaba, Brasil), a temperatura de $105,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, até obtenção de massa constante (AOAC, 2016).

De acordo com as metodologias descritas no Compêndio de métodos internacionais de análise de vinhos e mostos da Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2022), a densidade relativa (OIV-MA-AS2-01) e o teor total de sólidos solúveis (OIV-MA-AS2-01A/2021) foram determinados utilizando um densímetro de concentração (Anton Paar DMA 4500M, Áustria), as cinzas (OIV-MA-AS2-04) por incineração em forno de mufla (Electra M10, Alemanha), o pH (OIV-MA-AS313-15) com o medidor de pH da Hanna Instruments (HI 3221, Romênia) e a acidez titulável (OIV-MA-AS313-01) por titulação com NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$. O teor de matéria orgânica foi determinado pela diferença o teor de sólidos solúveis totais e o teor de cinzas (Rizzon, 2010).

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado a 765 nm, após reação com o reagente de Folin-Ciocalteu, usando um espectrofotômetro UV-VIS (Shimadzu 1800, Kyoto, Japão), conforme método colorimétrico utilizado por Lazzarotto et al. (2020). Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por litro de amostra (mEq. L^{-1} GAE).

Conforme Aider e Ounis (2012), o fator de concentração (FC) foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{FC} = \frac{\text{TCc ou TCd}}{\text{TCm}} \times 100$$

Onde: TCc: teor do composto crioconcentrado; TCd: teor do composto criodiluído; TCm= teor do composto do mosto.

Para avaliar a eficiência (E) de crioconcentração foi utilizada a metodologia proposta por Belén et al. (2012), conforme a seguinte equação:

$$\text{E (\%)} = \frac{\text{FCc} - \text{FCd}}{\text{FCc}} \times 100$$

Onde: FCc: fator de concentração do crioconcentrado; FCd: fator de concentração do criodiluído.

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os dados foram submetidos à análise de variância, teste de Tukey a $p < 0,05$, utilizando o IBM SPSS Statistics versão 20.0 (IBM, Boston, MA, EUA).

Resultados e Discussão

Os resultados mostraram que a etapa de separação (descongelamento) durou 58, 45 e 37 minutos nos Tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente. Apesar do menor tempo de descongelamento ser observado no tratamento 3, o tratamento 2 foi o mais eficiente em todos os parâmetros estudados, conforme informações relatadas nessa seção. Os resultados das análises físico-químicas estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos de suco, crioconcentrado e criodiluído.

Tratamento	Parâmetros	Suco de uva	Crioconcentrado	Criodiluído
1	Acidez titulável (g de ácido tartárico L ⁻¹)	4,87 ± 0,01 ^b	6,89 ± 0,09 ^a	3,85 ± 0,10 ^c
	Densidade relativa (g cm ⁻³)	1,0684 ± 0,0001 ^b	1,1139 ± 0,0001 ^a	1,0297 ± 0,0001 ^c
	Sólidos solúveis totais (° Brix)	17,15 ± 0,01 ^b	27,20 ± 0,02 ^a	7,57 ± 0,01 ^c
	Extrato seco total (%)	16,64 ± 0,10 ^b	26,52 ± 0,16 ^a	6,93 ± 0,18 ^c
	Cinzas (%)	0,2474 ± 0,0111 ^b	0,3931 ± 0,0012 ^a	0,1951 ± 0,0029 ^c
	Matéria orgânica (%)	16,39 ± 0,09 ^b	26,13 ± 0,16 ^a	6,73 ± 0,17 ^c
	Polifenóis totais (mg de GAE L ⁻¹)	3522,94 ± 62,77 ^b	5557,52 ± 83,54 ^a	1655,36 ± 45,33 ^c
	pH	3,66 ± 0,01 ^a	3,20 ± 0,01 ^c	3,33 ± 0,01 ^b
2	Acidez titulável (g de ácido tartárico L ⁻¹)	4,87 ± 0,01 ^b	8,31 ± 0,14 ^a	2,55 ± 0,09 ^c
	Densidade relativa (g cm ⁻³)	1,0684 ± 0,0001 ^b	1,1183 ± 0,0001 ^a	1,0126 ± 0,0011 ^c
	Sólidos solúveis totais (° Brix)	17,15 ± 0,01 ^b	28,17 ± 0,01 ^a	3,87 ± 0,17 ^c
	Extrato seco total (%)	16,64 ± 0,10 ^b	27,60 ± 0,63 ^a	3,77 ± 0,22 ^c
	Cinzas (%)	0,2474 ± 0,0111 ^b	0,3346 ± 0,0040 ^a	0,1356 ± 0,0170 ^c
	Matéria orgânica (%)	16,39 ± 0,09 ^b	27,27 ± 0,62 ^a	3,63 ± 0,10 ^c
	Polifenóis totais (mg de GAE L ⁻¹)	3522,94 ± 62,77 ^b	6554,11 ± 120,88 ^a	917,64 ± 26,76 ^c
	pH	3,66 ± 0,02 ^a	3,63 ± 0,01 ^a	3,63 ± 0,01 ^a
3	Acidez titulável (g de ácido tartárico L ⁻¹)	4,87 ± 0,01 ^b	7,79 ± 0,27 ^a	3,27 ± 0,32 ^c
	Densidade relativa (g cm ⁻³)	1,0684 ± 0,0001 ^b	1,1071 ± 0,0001 ^a	1,0241 ± 0,0001 ^c
	Sólidos solúveis totais (° Brix)	17,15 ± 0,01 ^b	25,77 ± 0,01 ^a	6,57 ± 0,01 ^c
	Extrato seco total (%)	16,64 ± 0,10 ^b	25,65 ± 0,17 ^a	6,27 ± 0,01 ^c
	Cinzas (%)	0,2474 ± 0,0111 ^b	0,4180 ± 0,0040 ^a	0,1787 ± 0,0036 ^c
	Matéria orgânica (%)	16,39 ± 0,09 ^b	25,23 ± 0,17 ^a	6,09 ± 0,01 ^c
	Polifenóis totais (mg de GAE L ⁻¹)	3522,94 ± 62,77 ^b	5870,54 ± 97,63 ^a	1482,66 ± 36,06 ^c
	pH	3,66 ± 0,02 ^a	3,41 ± 0,01 ^c	3,50 ± 0,01 ^b

Letras distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0% de significância.

Nos níveis de acidez titulável foram observados aumentos de 2,20 g de ácido tartárico L⁻¹ (Tratamento 1), 3,44 g de ácido tartárico L⁻¹ (Tratamento 2) e 2,92 g de ácido tartárico L⁻¹ (Tratamento 3), com eficiência de concentração de 44,13 ± 0,72%, 69,32 ± 0,57% e 58,08 ± 2,66%, nos tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente. Similarmente Petzold et al. (2016) observaram um aumento de 5,24 ± 0,10 g de ácido tartárico L⁻¹ (vinho) para 8,95 ± 0,04 g de ácido tartárico L⁻¹ (vinho crioconcentrado). Semelhantemente Zhang et al. (2016) observaram a variação de 2,24 g de ácido tartárico L⁻¹ (vinho tinto chaptalizado) e 2,65 g de ácido tartárico L⁻¹ (vinho branco chaptalizado) para 2,63 g de ácido tartárico (vinho tinto crioconcentrado) e 2,91 g de ácido tartárico L⁻¹ (vinho branco crioconcentrado).

No parâmetro densidade relativa, o tratamento 2 apresentou maior aumento de com 0,0499 g cm⁻³, seguido pelo tratamento 1 (0,0455 g cm⁻³) e 3 (0,0387 g cm⁻³), conforme tabela 1. A crioconcentração dos sucos dos tratamentos 1, 2 e 3 resultaram em um aumento dos



teores de sólidos solúveis totais de 10,05 °Brix, 11,02 °Brix e 8,62 °Brix, respectivamente, com eficiência de concentração de $72,17 \pm 0,02\%$ (Tratamento 1), $86,50 \pm 0,63\%$ (Tratamento 2) e $74,51 \pm 0,03\%$ (Tratamento 3). Com aumentos superiores, Hernández et al. (2010) detectaram um aumento de 16,40 °Brix no suco de uva Macabeo processado em criocentrador de filme descendente. Já Petzold et al. (2016) alcançou um aumento de 17,00 °Brix no teor de sólidos solúveis totais, aplicando a criocentrção em bloco assistida por vácuo em mosto de Cabernet Sauvignon.

O extrato seco total foi obtido através da retirada de água e compostos voláteis das amostras. Com eficiência de concentração de $86,11 \pm 0,52\%$, o maior aumento no teor de extrato seco total foi registrado no tratamento 2 (10,96%), seguido pelo tratamento 1 (9,88%) com eficiência de concentração de $73,87 \pm 0,52\%$ e tratamento 3 (9,01%) com eficiência de concentração de $75,56 \pm 0,12\%$. As cinzas são formadas principalmente por sais alcalinos e metais alcalino-terrosos que influenciam, juntamente com os ácidos orgânicos, os níveis de pH das amostras (Rizzon; Miele, 2002). O criocentrado apresentou um aumento no teor de cinzas 1,59 (Tratamento 1), 1,35 (Tratamento 2) e 1,69 (Tratamento 3) vezes superior ao teor de cinzas do suco inicial. Já a eficiência de concentração foi de $50,37 \pm 0,59\%$ no tratamento 1, $59,54 \pm 4,60\%$ no tratamento 2 e $57,25 \pm 0,44\%$ no tratamento 3. O teor de matéria orgânica registrou aumento no teor de matéria orgânica de 9,74% (tratamento 1), 10,88% (tratamento 2) e 8,84% (tratamento 3), com eficiência de $74,23 \pm 0,52\%$, $86,78 \pm 0,12\%$ e $75,86 \pm 0,13\%$, respectivamente. Com menor eficiência de concentração, Campos et al. (2022) submeteram suco de uva a dois estágios de criocentrção, registrando um aumento de extrato seco total de 8,68% no 1º estágio, com eficiência de $65,81 \pm 1,90\%$ e de 11,22% no 2º estágio, com eficiência de $53,44 \pm 0,14\%$. Já os níveis de cinzas subiram de 0,0278% no 1º estágio e 0,0456% no 2º estágio.

O teor de polifenóis totais aumentou 2034,58 mg de GAE L⁻¹ no tratamento 1, 3031,17 mg de GAE L⁻¹ no tratamento 2 e 2347,60 mg de GAE L⁻¹ no tratamento 3, com eficiência de $70,22 \pm 0,37\%$, $86,00 \pm 0,15\%$ e $74,75 \pm 0,19\%$, respectivamente. Da mesma forma, Petzold et al. (2016) detectaram uma variação no teor de polifenóis totais de 3,70 mg de GAE L⁻¹ no vinho controle para $6,59 \pm 0,03$ mg de GAE L⁻¹ no vinho criocentrado. Semelhantemente, Zhang et al. (2016) encontraram maiores teores de compostos fenólicos totais em vinhos brancos e tintos provenientes de mostos criocentrados em relação aos vinhos chaptalizados.

O criocentrado deteve os maiores teores sólidos solúveis totais, de polifenóis totais, extrato seco total, cinzas, matéria orgânica, assim como os maiores níveis de acidez titulável e densidade relativa. O pH foi o único parâmetro que não sofreu influência similar aos demais. Diferentemente, os resultados obtidos por Petzold et al. (2016) e Zhang et al. (2016) observaram um aumento no pH de $3,37 \pm 0,10$ (vinho) para $3,76 \pm 0,10$ (vinho criocentrado) e de 3,75 (vinho branco chaptalizado) para 4,06 (vinho branco



crioconcentrado), respectivamente.

Conclusões

Diante do exposto, os resultados obtidos pelos parâmetros analisados mostraram que a técnica foi eficiente para a concentração do suco de uva nos três tratamentos. No entanto, o Tratamento 2 alcançou eficiência superior aos outros dois em todos os parâmetros, destacando-se e tornando-se o tratamento recomendado para estudos futuros.

Agradecimentos

Este estudo foi apoiado pelo IFPR - Campus de Jaguariaíva, IFRS - Campus Bento Gonçalves, e pelo CNPq, e foi parcialmente financiado pela CAPES – Bolsa nº 001.

Referências

- AIDER, M.; HALLEUX, D. Cryoconcentration technology in the bio-food industry: Principles and applications. *LWT- Food Science and Technology*, 42(3), 679–685, 2009.
- AIDER, M.; OUNIS, W. B. Skim milk cryoconcentration as affected by the thawing mode: gravitational vs. microwave-assisted. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 195-202, 2012.
- ALI, E.; ORFI, J.; ALANSARY, H.; SOUKANE, S.; ELCIK, H.; ALPATOVA, A.; GHAF FOUR, N. Cost analysis of multiple effect evaporation and membrane distillation hybrid desalination system. *Desalination*, 517, 115258, 2021.
- 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*, 203(7), 957-975, 2016.
- AOAC. **Official Methods of Analysis**. The Association of Official Analytical Chemists International. 20^o ed. Gaithersburg, Maryland, 2016.
- BELÉN, F.; SÁNCHEZ, J.; HERNÁNDEZ, E.; AULEDA, J. M.; RAVENTÓS, M. One option for the management of wastewater from tofu production: Freeze concentration in a falling-film system. *Journal of Food Engineering*, 110(3), 364-373, 2012.
- BENDER, A.; SOUZA, A. L. K.; CALIARI, V.; MALGARIM, M. B.; COSTA, V. B.; GOULART, C. Caracterização físico-química e sensorial de sucos da uva Isabel em cortes com diferentes variedades produzidas na região do Vale do Rio do Peixe-SC. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, e2019187, 2020.
- CAMPOS, F. M.; SOUTO, V. O.; PEREIRA, G. E.; LAZZAROTTO, M. Crioconcentração: processo agroindustrial a ser usado em sucos de uva. *In.: Anais do 3^o Simpósio de Fruticultura da Região Sul - ISSN 2526-9909*, 1, 2022, Chapecó-SC. Resumos [...]. Chapecó: SBF, p.1. Disponível em: <https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/FRUSUL/article/view/16343>.
- CAMPOS, F. M.; SOUTO, V. O.; SPEROTTO, G.; OLIVEIRA, J. B.; CELSO GUARANI RUIZ DE OLIVEIRA, C. G. R.; FRONZA, J.; PEREIRA, G. E.; LAZZAROTTO, M. Physicochemical and colorimetric characterization of cryoconcentrated grape juices and their impact on *Saccharomyces cerevisiae* fermentation. *Semina: Ciências Agrárias*, 47(1), 235-254, 2026.
- CAMPOS, F. M.; SOUTO, V. O.; SPEROTTO, G.; OLIVEIRA, J. B.; CELSO GUARANI RUIZ DE OLIVEIRA, C. G. R.; FRONZA, J.; PEREIRA, G. E.; LAZZAROTTO, M. Application of freeze concentration in grape-based beverages. *Ciência Rural*, 56(6), e20250115, 2026.
- CHABAROV, A.; AIDER, M. Mathematical modeling and experimental validation of the mass transfer during unidirectional progressive cryoconcentration of skimmilk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 21, 151–159, 2014.



CONSEVITIS - Pannel da produção vitivinícola do Rio Grande do Sul. 2026. Disponível em: <https://observatorio.consevitis-rs.com.br/wine-production>. Acessado em: 29 Jul. 2026.

DADRASNIA, A.; BONA MUÑOZ, I.; YÁÑEZ, E. H.; LAMKADDAM, I. U.; MORA, M.; PONSÁ, S.; AHMED, M.; ARGELAGUET, L. L.; WILLIAMS, P. M.; OATLEY-RADCLIFFE, D. L. Sustainable nutrient recovery from animal manure: A review of current best practice technology and the potential for freeze concentration. **Journal of Cleaner Production**, 315, 1–17, 2021.

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**, 11(1), 130-136, 2010.

JUSOH, M.; YUNUS, R. M.; HASSAN, M. A. A. Performance investigation on a new design for progressive freeze concentration system. **Journal of Applied Sciences**, 9(17), 3171–3175, 2009.

LAZZAROTTO, S. R. S.; SCHERRUTH, M. S. F.; CALIXTO, P. S.; CARRARO, M. M.; SILVEIRA, A. C.; LAZZAROTTO, M. Método de Folin Ciocalteu adaptado para quantificar polifenóis em extratos de erva-mate. **Revista movimenta**, 13(3), 419-426, 2020.

MADOUMIER, M.; AZZARO-PANTEL, C.; GÉSAN-GUIZIOU, G. Including cleaning and production phases in the eco-design of a milk evaporation process. **Food and Bioproducts Processing**, 123, 427–436, 2020.

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**, 128, 88-95, 2014.

MORO, L.; SANTOS, D. F.; FURLAN, M. F. M.; TAVARES, A. R.; HERNANDES, J. L.; PURGATTO, E.; TECCHIO, M. A. Exploring grape juice volatile compounds after inactive yeast extract foliar treatment using SPME and GC–MS. **Discover Food**, 5(15), 2025, 2025.

MUÑOZ, I. B.; RUBIO, A.; BLANCO, M.; RAVENTÓS, M.; HERNÁNDEZ, E.; PRUDÊNCIO, E. S. Progressive freeze concentration of skimmed milk in an agitated vessel: Effect of the coolant temperature and stirring rate on process performance. **Food Science and Technology International**, 25(2), 150–159, 2019.

OIV - International Organization of Vine and Wine. (2022). **Compendium of international methods of wine and must analysis**. v. 1 e 2. Paris, France. 2022 ed. Disponível em: <https://www.oiv.int/standards/compendium-of-international-methods-of-wine-and-must-analysis>.

ORELLANA-PALMA, P.; GONZALEZ, Y.; PETZOLD, G. Improvement of Centrifugal Cryoconcentration by Ice Recovery Applied to Orange Juice. **Chemical Engineering & Technology**, 42(4), 925–931, 2019.

PETZOLD G.; AGUILERA, J. M. Centrifugal freeze concentration. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 20, 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**, 36, 330-335, 2016.

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

PICOLLI, K. R. PICCOLI, K. R. **Influência da criocongeração nas propriedades reológicas de sucos de uva**. 2015. 71 p. Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

PRESTES, A. A.; HELM, C. V.; ESMERINO, E. A.; SILVA, R.; CRUZ, A. G.; PRUDÊNCIO, E. S. Freeze concentration techniques as alternative methods to thermal processing in dairy manufacturing: A review. **Food Science**, 87, 488–502, 2022.

PROTAS, J. F. S.; LAZZAROTTO, J. J. **Panorama mundial da vinha e do vinho no ano de 2023**. Brasília: Embrapa Uva e Vinho, 2025. 23 p.

QIN, F. G. F.; DING, Z.; PENG, K.; YUAN, J.; HUANG, S.; JIANG, R.; SHAO, Y. Freeze concentration of apple juice followed by centrifugation of ice packed bed. **Journal of Food Engineering**, 291, 1–35, 2021.



RIZZON, L. A. **Metodologia para análise de mosto e suco de uva**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 78 p.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. **Suco de uva**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. 45p.

RIZZON; L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e tecnologia de alimentos**, 22(2), 192-198, 2002.

ROOS, Y. H. Glass transition and re-crystallization phenomena of frozen materials and their effect on frozen food quality. **Foods**, v. 10, n. 2, p. 447– 457, 2021.

SOUTO, V. O.; CAMPOS, F. M.; SPEROTTO, G.; SILVA, A. L. F.; COMPARIN, S. J.; ALMEIDA, R. S.; ALVES, T. C. O.; ALMEIDA, J. M.; NASCIMENTO, N. M.; WENDING, I.; LAZZAROTTO, M. Bebida funcional naturalmente cafeinada à base de suco de uva e extrato crioconcentrado de erva-mate. **Journal of Food Science**, 91(5), e71158, 2026.

SPEROTTO, G.; MARÇAL, E. N.; CAMPOS, F. M.; SOUTO, V. O.; COMPARIN, S. J.; NOGUEIRA, A.; LAZZAROTTO, M. Cold-driven strategies as pre-fermentative techniques on winemaking: A review. **Food Chemistry**, 463, 141504, 2025.

VÁSQUEZ-CASTILLO, F. M.; HERNÁNDEZ, E.; ACHAERANDIO, I. Cryoconcentration in Block Assisted by Centrifugation-Vacuum to Pomegranate Juice: A New Improved Method. **Food and Bioprocess Technology**, 18, 496–507, 2025.

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**, 37(1), 39-46, 2016.