

Produção de ésteres por leveduras não-*Saccharomyces*: uma exploração

RESUMO

As leveduras *Saccharomyces* são amplamente utilizadas em fermentações em escala industrial, no entanto, há um interesse crescente no uso de leveduras não-*Saccharomyces*, especialmente pelo potencial de produção de ésteres, compostos de reconhecida importância para o perfil aromático de diferentes produtos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi explorar o potencial de produção de ésteres por leveduras não-*Saccharomyces*. Para conduzir esse estudo, foram selecionadas 30 linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* isoladas de uvas Merlot. A levedura *S. cerevisiae* foi utilizada para comparação. As leveduras foram inoculadas em frascos de extração, contendo levedura-manitol-ágar (YMA) e incubadas a 28 °C por 5 dias. A extração dos ésteres foi realizada por microextração em fase sólida (MEFS) e analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM). Foram identificados 12 ésteres produzidos pelas 30 linhagens de leveduras não-*Saccharomyces*. Os resultados desse estudo demonstraram que as linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* são capazes de produzir os acetil ésteres (acetato de etila, acetato de feniletila, acetato de heptila, acetato de isoamila) e etil ésteres (decanoato de etila, hexanoato de etila e octanoato de etila) em maior proporção do que a levedura *S. cerevisiae*. As leveduras não-*Saccharomyces* avaliadas produzem compostos com características relevantes para aplicações industriais, especialmente para o desenvolvimento de alimentos e bebidas fermentados com características sensoriais distintas.

PALAVRAS-CHAVE: fermentação; leveduras; compostos de aroma; ésteres.

Pamela Martinez Lima

palima_1985@yahoo.com.br
<http://orcid.org/0000-0001-9717-1356>
Mestrado Profissional em Nutrição e Alimentos, Instituto Tecnológico de Alimentos para a Saúde, Escola da Saúde, Unisinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Juliano Garavaglia

julianoqr@ufcspa.edu.br
<http://orcid.org/0000-0002-2608-392X>
Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Natali Alexandra Ohlweiler

natali_ohlweiler@hotmail.com
Instituto Tecnológico de Alimentos para a Saúde, Escola da Saúde, Unisinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Pamela Maria Correa

pamela.maria.corr@gmail.com
Instituto Tecnológico de Alimentos para a Saúde, Escola da Saúde, Unisinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Laura Konzen Cruz

lurakonzen@gmail.com
Instituto Tecnológico de Alimentos para a Saúde, Escola da Saúde, Unisinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Tanise Gemelli

taniseq@unisinos.br
<http://orcid.org/0000-0001-8144-2780>
Mestrado Profissional em Nutrição e Alimentos, Instituto Tecnológico de Alimentos para a Saúde, Escola da Saúde, Unisinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Jessica Fernanda Hoffmann

jessica.hoffmann@outlook.com.br
<http://orcid.org/0000-0002-9185-3820>
Mestrado Profissional em Nutrição e Alimentos, Instituto Tecnológico de Alimentos para a Saúde, Escola da Saúde, Unisinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

INTRODUÇÃO

As leveduras desempenham papel fundamental nos processos fermentativos para produção de bebidas fermentadas, pois além da formação de etanol e gás carbônico, contribuem significativamente para a produção de compostos aromáticos, dentre eles os ésteres, os quais podem fornecer particularidades em relação a complexidade aromática de cada bebida (GSCHAEDLER, 2017). Em vinhos, cervejas e sidras o processo de fermentação é comumente realizado utilizando a espécie *Saccharomyces cerevisiae* (ESCALANTE, 2016), no entanto, há um crescente interesse no emprego de leveduras não-*Saccharomyces* pertencentes aos gêneros *Hanseniaspora*, *Issatchenkia*, *Pichia*, *Schizosaccharomyces*, *Brettanomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Candida* e *Torulaspota* (GAMERO *et al.*, 2016; VARELA, 2016).

Diversos estudos têm demonstrado que as leveduras não-*Saccharomyces* apresentam potencial de redução do teor de etanol, elevação da acidez, incorporação da cor, melhora da estabilidade e a promoção do aspecto sensorial, especialmente no perfil de compostos voláteis de bebidas fermentadas (CHEN *et al.*, 2018 ; DOMIZIO *et al.*, 2011; HU *et al.*, 2018; VARELA, 2016). Dentre os compostos voláteis produzidos durante os processos fermentativos, os ésteres são moléculas que atuam diretamente na qualidade sensorial de alimentos e bebidas fermentadas. Em cervejas, vinhos e sidras, a presença de ésteres específicos tem sido utilizada como um diferencial de mercado, pois isso oferece ao produto características sensoriais únicas (VARELA, 2016; HOLT *et al.*, 2018; MORATA *et al.*, 2020).

Em vinhos, os ésteres acetato de isoamila, acetato de feniletila e acetato de isobutila são desejados por proporcionarem aromas florais ou frutados, o que contribui para o frescor dessas bebidas, mas por outro lado, a produção em excesso de acetato de etila e alguns ácidos orgânicos, como o ácido acético e ácido láctico, são indesejáveis (MORATA *et al.*, 2020). Dessa forma, conhecer quais são os compostos voláteis produzidos por leveduras não-*Saccharomyces* é importante, pois vai auxiliar na seleção de linhagens para posterior aplicação industrial desses microrganismos.

Assim, o objetivo com o presente estudo foi avaliar o potencial de produção de ésteres das linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* do banco de microrganismos do Laboratório de Biologia Celular e Molecular do Instituto Tecnológico em Alimentos para a Saúde (itt Nutrifer).

MATERIAIS E MÉTODOS

ISOLAMENTO DAS LEVEDURAS NÃO-*Saccharomyces*

Foram utilizadas 30 linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* (NS) depositadas no Banco de Microrganismos do Laboratório de Biologia Celular e Molecular do Instituto Tecnológico em Alimentos para a Saúde (itt Nutrifer). As leveduras foram isoladas de vinhedos da cultivar de Uva Merlot, plantados no Vale dos Vinhedos, na cidade de Bento Gonçalves, na região da Serra Gaúcha e na cidade de Vacaria, na região dos Campos de Cima da Serra. A identificação do gênero (*Saccharomyces* ou não-*Saccharomyces*) foi realizada por PCR Multiplex

(Reação em Cadeia da Polimerase) e visualização por microscópio (CROSATO *et al.*, 2018). A levedura *Saccharomyces cerevisiae* (SC) foi utilizada como controle.

CONDIÇÕES DE CULTIVO DAS LEVEDURAS PARA EXTRAÇÃO DOS ÉSTERES

As leveduras foram inoculadas em vials de 20 mL contendo 10 mL de meio levedura manitol ágar (do inglês, *Yeast Mannitol Agar* (YMA), solidificado em forma de bisel. Posteriormente, os vials foram incubados em estufa à 28 °C por 5 dias. Após esse período, os vials foram encaminhados para a extração dos ésteres.

A extração dos ésteres foi realizada pela técnica de microextração em fase sólida (MEFS). Antes da exposição da fibra, os vials foram aquecidos a 80 °C por 20 minutos para volatilização das moléculas. Posteriormente, a fibra de polidimetilsiloxano / divinilbenzeno / carboxeno (PDMS / DVB / CAR) (Supelco, Bellefonte, PA, EUA) foi exposta ao headspace por 10 minutos. Após o tempo de exposição, a fibra foi recolhida e inserida no injetor do cromatógrafo para a desorção dos compostos. O tempo de desorção térmica foi de 10 min a 250 °C no modo *splitless* (GARAVAGLIA *et al.*, 2014).

ANÁLISE DOS ÉSTERES POR CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA A ESPECTROMETRIA DE MASSAS (CG-EM)

A análise de ésteres foi realizada em um sistema de cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas (Shimadzu GCMS QP 2010 Plus), de acordo com o método proposto por Garavaglia *et al.* (2014). Para a separação dos compostos voláteis foi utilizado a coluna capilar ZBWAX (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm) com polietilenoglicol (Supelco) utilizando gás hélio (grau de pureza 99,99%, White Martins, São Paulo, Brasil) como gás de arraste em um fluxo de 1 mL/min. A temperatura do forno foi de 50 °C mantida por 1 min e após, aumentada para 80 °C a uma taxa de 3 °C/min e, após um aumento adicional para 200 °C a uma taxa de 20 °C/min. O tempo de corrida foi de 17 min. O espectrômetro de massas foi operado com ionização de impacto de elétrons de 70 eV, temperatura da fonte de íons e interface de 250 °C. Os compostos foram analisados no modo de varredura, na faixa *m/z*: 40 a 400.

Os compostos foram identificados a partir da comparação dos espectros de massas experimentais com os espectros teóricos contidos na biblioteca NIST11. A integração dos picos foi realizada no modo automático e o valor de área de cada composto identificado foi anotado. The process of postpackaging pasteurization was performed through the immersion of bags in stainless steel tank (Mecamau "São José" Ltda., Espírito Santo do Pinhal, São Paulo, Brazil) with hot water, and maintained for 1 minute after the internal temperature the bag have reached 75 °C. The cooling of the product was carry out in basins with ice water until the internal temperature reaches values below 30 °C. Then, the product was stored at 28 °C, 5 °C and -18 °C (treatments).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

O mapa de calor (*heat map*) foi utilizado para estimar as diferenças nas áreas dos ésteres produzidos entre as linhagens de leveduras não-*Saccharomyces*. O mapa de calor foi construído no software MEV 4.8.1 (<http://mev.tm4.org/>).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ÉSTERES POR LEVEDURAS NÃO-*Saccharomyces*

Foram identificados 12 ésteres produzidos em meio ágar YMA por linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* (Tabela 1). O perfil qualitativo dos ésteres indica que as linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* são capazes de produzir os mesmos ésteres que a levedura *S. cerevisiae*. As vias envolvidas na formação desses compostos aromáticos, como a via Ehrlich, ou as enzimas específicas responsáveis pela síntese de ésteres (ATF1P, ATF2P em *S. cerevisiae*), também estão presentes em leveduras não-*Saccharomyces*. No entanto, a regulação da expressão, ou possivelmente a funcionalidade das enzimas (especificidade do substrato ou eficiência catalítica), diferem nas leveduras não-convencionais em comparação com a espécie *S. cerevisiae* (HIRST; RICHTER, 2016; GAMERO *et al.*, 2016).

Para avaliar a variação dos ésteres produzidos foi construído um *heat map* com o valor das áreas de cada composto (Figura 1). A coloração vermelha indica uma produção relativamente alta (maior valor de área), enquanto a cor verde indica uma produção relativamente baixa (menor valor de área) de cada éster identificado. Conforme pode ser observado, os compostos que obtêm maior destaque foram o acetato de etila, acetato de feniletila, acetato de heptila, acetato de isoamila, decanoato de etila, hexanoato de etila e octanoato de etila (Figura 1).

Para a molécula acetato de etila, as linhagens NS2, NS3, NS6, NS7, NS8, NS9, NS10, NS13, NS14, NS18 e NS21 apresentaram maior valor de área do que a *S. cerevisiae*. O acetato de etila é um composto que contribui com o aroma frutado em alimentos e bebidas fermentadas (RAVASIO *et al.*, 2018). Além do potencial de produção de aromas, o acetato de etila pode ser utilizado como solvente industrial em tintas para madeira e papel e como solvente para celulose (LOSER *et al.*, 2013). As espécies pertencentes aos gêneros *Candida*, *Hansenula* e *Pichia* já foram descritas por ter a capacidade de produzir maior teor acetato de etila do que *S. cerevisiae*. (PADILLA *et al.* 2016). Cabe destacar que acetato de etila em níveis maiores que 150 mg/L conferem caráter de deterioração em vinhos (VIANA *et al.*, 2008).

Dezesseis linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* produziram maior área de acetato de feniletila do que a levedura *S. cerevisiae*. O destaque vai para a linhagem NS6 que produziu 20x mais acetato de feniletila do que *S. cerevisiae*. O acetato de feniletila é responsável pelo aroma de rosas e mel (HIRST; RICHTER, 2016). Pela característica volátil o acetato de feniletila é utilizado como molécula flavorizante nas indústrias de alimentos, de perfumes e de cosméticos (PARK *et al.*, 2009). As leveduras não-*Saccharomyces*, como por exemplo, *H. guilliermondii* e *H. uvarum* foram relatadas por produzirem altos teores de acetato de feniletila quando utilizadas em fermentações mistas com *S. cerevisiae*, no entanto, produziram teores de acetato de etila que afetaram negativamente a qualidade sensorial dos vinhos (PADILLA *et al.* 2016). Por outro lado, a *H. vineae* produziu altos níveis de acetato de feniletila e baixos níveis de ácido acético e acetato de etila (VIANA *et al.*, 2009).

Tabela 1. Ésteres produzidos por diferentes linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* (NS) em meio ágar YMA.

Leveduras	Acetato de decila	Acetato de etila	Acetato de feniletila	Acetato de heptila	Acetato de isoamil	Acetato de isobutila	Acetato de nonila	Acetato de octila	Butanoato de etila	Decanoato de etila	Hexanoato de etila	Octanoato de etila
SC*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
NS1	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+
NS2	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
NS3	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
NS4	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-
NS5	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+
NS6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
NS7	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
NS8	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+
NS9	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
NS10	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
NS11	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
NS12	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+
NS13	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
NS14	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
NS15	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
NS16	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
NS17	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
NS18	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
NS19	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
NS20	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
NS21	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
NS22	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
NS23	-	-	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+
NS24	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
NS25	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
NS26	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-
NS27	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-
NS28	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-
NS29	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
NS30	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-

NOTA: + = detectado; - = não-detectado. SC= Levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

O acetato de heptila só foi produzido por três linhagens de leveduras não-*Saccharomyces*, sendo que a linhagem NS3 apresentou o dobro da área da *S. cerevisiae*. Esse composto foi relatado como o responsável pelo aroma de pera, pêssigo e amêndoas em vinhos (XI *et al.*, 2011), o que torna essas leveduras interessantes para a produção de bebidas fermentadas.

O acetato de isoamila foi produzido por 29 das linhagens de leveduras não-*Saccharomyces*. No entanto, apenas as linhagens NS15 e NS9 apresentaram maior

valor de área do que a *S. cerevisiae*. O acetato de isoamila é responsável pelo aroma de banana em bebidas fermentadas (RAVASIO *et al.*, 2018). No estudo realizado por Domizio *et al.* (2011), também foi demonstrado que algumas linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* apresentam capacidade de produzir este composto, especialmente *Pichia anomala*, *Hanseniaspora osmophila* e *Zygosaccharomyces florentinus*.

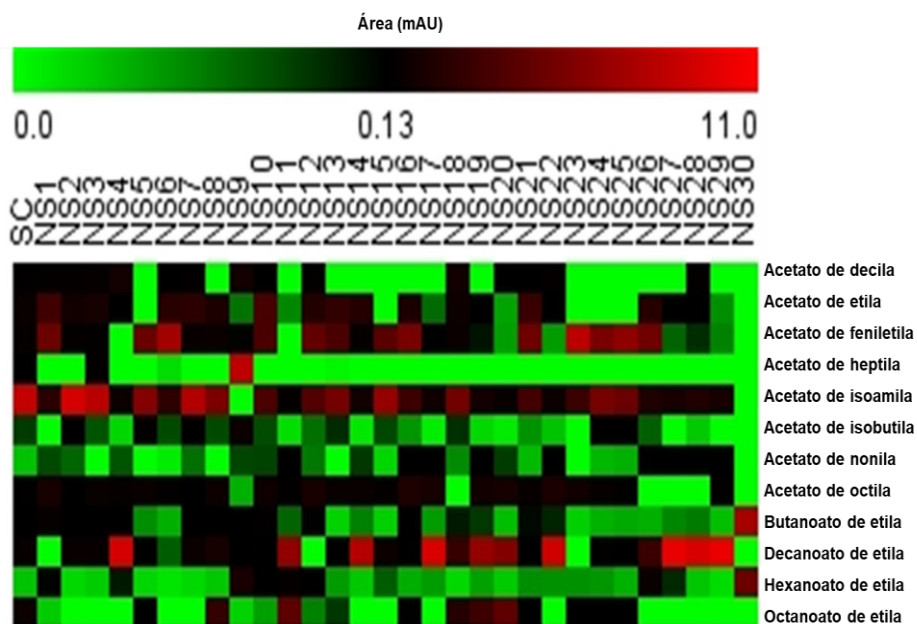


Figura 1. Mapa de calor (*heat map*) representando o aumento ou a diminuição dos ésteres produzidos pelas 30 linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* (NS) e *S. cerevisiae* (SC). Cada linha representa um éster identificado e cada coluna a área média para cada amostra. A coloração vermelha indica uma produção relativamente alta, enquanto a cor verde indica uma produção relativamente baixa de cada éster identificado.

Para o composto decanoato de etila, quatorze linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* produziram áreas maiores do que a *S. cerevisiae*, destacando as linhagens NS4, NS22, NS30, NS11 que apresentaram áreas 20x maiores do que *S. cerevisiae*. O composto decanoato de etila contribui para o aroma de uva e floral (GAMERO *et al.*, 2016).

O composto hexanoato de etila apresentou áreas maiores em 18 linhagens de leveduras não-*Saccharomyces*, com maior destaque a NS26 que apresentou área 28x maior que *S. cerevisiae*. Para o composto octanoato de etila, a linhagem NS11 produziu 10x mais do que *S. cerevisiae*. A produção de hexanoato de etila (aroma frutado e maçã verde) e octanoato de etila (aroma frutado, doce, abacaxi, pêra e fruta verde) em altas proporções parece ser uma característica das leveduras *Torulaspora delbrueckii* (CANONICO *et al.*, 2018).

Os resultados desse trabalho indicaram que as linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* são capazes de produzir ésteres importantes em fermentações industriais de cerveja e vinho, o que indica que há uma oportunidade de estudos nessa área. No entanto, é muito importante que essas espécies de leveduras sejam

identificadas e que as avaliações de produção de ésteres sejam realizadas em processos fermentativos em mosto utilizando as culturas nas formas pura, mista e sequencial para avaliar o impacto da adição dessas na qualidade global das amostras.

CONCLUSÕES

Os resultados desse estudo demonstraram que as linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* são capazes de produzir os ésteres acetil ésteres (acetato de etila, acetato de feniletila, acetato de heptila, acetato de isoamila) e etil ésteres (decanoato de etila, hexanoato de etila e octanoato de etila) em maior proporção do que a levedura *S. cerevisiae*. As diferenças nos perfis de produção ésteres entre as linhagens de leveduras não-*Saccharomyces* oferecem muitas possibilidades para o desenvolvimento de alimentos e bebidas fermentadas com características sensoriais distintas.

Production of esthers by non-*Saccharomyces* yeasts: a screening

ABSTRACT

Saccharomyces yeasts are widely used in industrial-scale fermentation, however, there is a growing interest in the use of non-*Saccharomyces* yeasts, especially for the potential of esters, an important class of metabolites that contribute to the flavor of different products. Thus, the objective of this work was to explore the potential of ester production by non-*Saccharomyces* yeasts. To conduct this study, 30 strains of non-*Saccharomyces* yeasts isolated from Merlot grapes were selected and kept in the Microorganisms Bank of the Laboratory of Cellular and Molecular Biology itt Nutrifor. *S. cerevisiae* yeast was used for comparison. The yeasts were inoculated in extraction flasks, containing YMA agar medium and incubated at 28 °C for 5 days. The extraction of the esters was performed by solid-phase microextraction (SPME) and analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). The results of this study demonstrated that non-*Saccharomyces* yeast strains can produce acetyl esters (ethyl acetate, phenyl ethyl acetate, heptyl acetate, isoamyl acetate) and ethyl esters (ethyl decanoate, ethyl hexanoate and octanoate of ethyl) in greater proportion than *S. cerevisiae*. The non-*Saccharomyces* yeasts evaluated produce compounds with characteristics relevant to industrial applications, especially for the development of fermented foods and beverages with different sensory characteristics.

KEYWORDS: fermentation; yeasts; aroma compounds; esters.

REFERÊNCIAS

- CANONICO, L.; COMITINI, F.; CIANI, M. *Torulaspota delbrueckii* for secondary fermentation in sparkling wine production. **Food microbiology**, v. 74, p. 100-106, 2018.
- CHEN, K. *et al.* Use of non-*Saccharomyces* yeasts and oenological tannin in red winemaking: Influence on colour, aroma and sensorial properties of young wines. **Food Microbiology**, v. 69, p. 51–63, 2018.
- CROSATO, G. *et al.* Genetic variability and physiological traits of *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from “Vale dos Vinhedos” vineyards reflect agricultural practices and history of this Brazilian wet subtropical area. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 34, n. 8, p. 105, 2018.
- DOMIZIO, P. *et al.* Outlining a future for non-*Saccharomyces* yeasts: selection of putative spoilage wine strains to be used in association with *Saccharomyces cerevisiae* for grape juice fermentation. **International journal of food microbiology**, v. 147, n. 3, p. 170-180, 2011.
- ESCALANTE, W. D. E. Perspectives and Uses of Non-*Saccharomyces* Yeasts in Fermented Beverages. **Intech**, v. 1, p. 13, 2016.
- GAMERO, A. *et al.* High-throughput screening of a large collection of non-conventional yeasts reveals their potential for aroma formation in food fermentation. **Food microbiology**, v. 60, p. 147-159, 2016.
- GARAVAGLIA, J. *et al.* A new method for rapid screening of ester-producing yeasts using in situ HS-SPME. **Journal of microbiological methods**, v. 103, p. 1-2, 2014.
- GSCHAEDLER, A. Contribution of non-conventional yeasts in alcoholic beverages. **Current Opinion in Food Science**, v. 13, p. 73–77, 2017.
- HIRST, M. B.; RICHTER, C. L. Review of aroma formation through metabolic pathways of *Saccharomyces cerevisiae* in beverage fermentations. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 67, n. 4, p. 361–370, 2016.
- HOLT, S. *et al.* Bioflavoring by non-conventional yeasts in sequential beer fermentations. **Food microbiology**, v. 72, p. 55-66, 2018.
- HU, K. *et al.* Wine aroma response to different participation of selected *Hanseniaspora uvarum* in mixed fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. **Food Research International**, v. 108, p. 119-127, 2018.
- LÖSER, C. *et al.* Formation of ethyl acetate from whey by *Kluyveromyces marxianus* on a pilot scale. **Journal of biotechnology**, v. 163, n. 1, p. 17-23, 2013.
- MORATA, A. *et al.* Contribution of Non-*Saccharomyces* Yeasts to Wine Freshness. A Review. **Biomolecules**, v. 10, n. 1, p. 34, 2020.

PADILLA, B.; GIL, J. V.; MANZANARES, P. Past and future of non-*Saccharomyces* yeasts: from spoilage microorganisms to biotechnological tools for improving wine aroma complexity. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 411, 2016.

PARK, Y. C.; SHAFFER, C. E. H.; BENNETT, G. N. Microbial formation of esters. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 85, n. 1, p. 13, 2009.

VARELA, C. The impact of non-*Saccharomyces* yeasts in the production of alcoholic beverages. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 100, n. 23, p. 9861-9874, 2016.

VIANA, F. *et al.* Increasing the levels of 2-phenylethyl acetate in wine through the use of a mixed culture of *Hanseniaspora osmophila* and *Saccharomyces cerevisiae*. **International journal of food microbiology**, v. 135, n. 1, p. 68-74, 2009.

VIANA, F. *et al.* Rational selection of non-*Saccharomyces* wine yeasts for mixed starters based on ester formation and enological traits. **Food Microbiology**, v. 25, n. 6, p. 778-785, 2008.

RAVASIO, D. *et al.* Adding flavor to beverages with non-conventional yeasts. **Fermentation**, v. 4, n. 1, p. 15, 2018.

XI, Z. *et al.* Impact of cover crops in vineyard on the aroma compounds of *Vitis vinifera* L. cv Cabernet Sauvignon wine. **Food Chemistry**, v. 127, n. 2, p. 516-522, 2011.

Recebido: 10 ago. 2020.

Aprovado: 06 jun. 2021.

DOI: 10.3895/rebrapa.v11n2.12984

Como citar:

LIMA, P. M. *et al.* Produção de ésteres por leveduras não-*Saccharomyces*: uma exploração. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 11, n. 2, p. 77-86, abr./jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>

Correspondência:

Jessica Fernanda Hoffmann

Instituto Tecnológico de Alimentos para a Saúde, Escola da Saúde, Unisinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

