

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 26/02/2027.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas
Campus de São José do Rio Preto

ANTONIO DE OLIVEIRA FERRAZ

**SÍNTESE DE ÁLCOOIS SUPERIORES E ÉSTERES DERIVADOS DE
AMINOÁCIDOS POR *SACCHAROMYCES CEREVISIAE***

São José do Rio Preto
2025



ANTONIO DE OLIVEIRA FERRAZ

**SÍNTESE DE ÁLCOOIS SUPERIORES E ÉSTERES DERIVADOS DE AMINOÁCIDOS
POR *SACCHAROMYCES CEREVISIAE***

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, para obtenção do título de Mestre em Microbiologia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a.
Eleni Gomes

Coorientador: Dr.
Thiago Hideyuki Kobe Ohe

São José do Rio Preto
2025

F381s

Ferraz, Antonio de Oliveira

Síntese de álcoois superiores e ésteres derivados de aminoácidos por *Saccharomyces cerevisiae* / Antonio de Oliveira Ferraz. -- São José do Rio Preto, 2025
103 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Eleni Gomes

Coorientador: Thiago Hideyuki Kobe Ohe

1. Leveduras. 2. *Saccharomyces cerevisiae*. 3. Compostos orgânicos voláteis. 4. Aminoácidos. 5. Cromatografia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

ANTONIO DE OLIVEIRA FERRAZ

**SÍNTESE DE ÁLCOOIS SUPERIORES E ÉSTERES DERIVADOS DE AMINOÁCIDOS
POR *SACCHAROMYCES CEREVISIAE***

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Microbiologia, junto ao Programa de Pós-Graduação em Microbiologia, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Data da defesa: 26/02/2025

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Eleni Gomes
UNESP – Ibilce, Câmpus de São José do Rio Preto

Prof. Dr. Roberto da Silva
UNESP – Ibilce, Câmpus de São José do Rio Preto

Prof^a. Dr^a. Sandra Regina Ceccato Antonini
UFSCar - Araras

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José Antônio e Ana Lúcia, pelo apoio constante, sem o qual tornaria a condução dessa pesquisa em algo muito mais árduo.

À Laura Viana, pelo companheirismo e pelo carinho, os quais foram imprescindíveis nesse período de trabalho duro e desafiador.

Aos meus colegas de laboratório, pelos ensinamentos essenciais nessa etapa e pelas palavras de incentivo.

À minha orientadora, Eleni Gomes e ao meu coorientador, Thiago Ohe, pelas correções e auxílio no direcionamento e execução dessa pesquisa.

Ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce - UNESP) e ao programa de Pós-Graduação em Microbiologia.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Inerente ao sofrimento há uma conquista.”
(Viktor E. Frankl, *Em busca de sentido* p. 89)

RESUMO

Os ésteres são compostos orgânicos voláteis (VOC's) produzidos por uma gama de microrganismos e dentre estes, as leveduras. Os VOC's são responsáveis pelo perfil aromático de bebidas (vinhos, espumantes, cervejas, cachaças, etc), além de serem potenciais biocombustíveis e antimicrobianos. O estudo desses compostos, com enfoque na produção pelas leveduras é de grande importância, pois o entendimento dessas vias metabólicas pode levar à otimização de processos fermentativos para incremento de aromas desejados nas diferentes bebidas. Além dos ésteres, os álcoois superiores também são encontrados em fermentações com leveduras, tendo em vista que estes são os seus precursores. A indústria de bebidas é um mercado muito interessante para ser explorado, com uma crescente demanda por novas bebidas e/ou novos sabores. A variação do aroma de uma bebida difere com o perfil dos álcoois superiores e ésteres presentes. A adição de aminoácido no mosto pode direcionar a produção de alguns ésteres e provocar uma maior variação no perfil sensorial da bebida. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo produzir, extrair e identificar ésteres derivados de aminoácidos e álcoois superiores durante a fermentação alcoólica utilizando a linhagem de referência *Saccharomyces cerevisiae* CA11. O meio de cultivo desses microrganismos foi composto por glicose, micronutrientes, vitaminas e aminoácidos. As leveduras foram cultivadas em meio com adição de aminoácidos como isoleucina, leucina, valina, metionina, prolina, lisina, fenilalanina e histidina foram testados utilizando *vials* de 20 mL utilizando o método de microextração em fase sólida (HS-SPME) *in situ*, a qual tem como vantagem a junção dos passos de concentração e extração dos compostos voláteis de interesse. A identificação dos ésteres e álcoois foi feita por cromatografia em fase gasosa acoplada com detector de ionização em chama (GC-FID) e cromatografia em fase gasosa acoplada com detector de massas (GC-MS). Com esse estudo pode-se ver que os aminoácidos impactam de maneira substancial a produção de aroma pela levedura. A isoleucina contribuiu com um grande aumento de diversidade dos compostos aromáticos gerados. Esse mesmo aminoácido contribuiu com um aumento de octanoato de etila (76,58%), etil decanoato (90,37%) e álcool feniletílico (101,65%). A fenilalanina ocasionou em um aumento de 159,5% do álcool feniletílico. O farelo de soja como suplemento não ocasionou em nenhuma diferença na produção de compostos aromáticos. Conclui-se, portanto, que a adição de aminoácidos a 150 ppm no mosto é de valia para a diversificação de aroma durante a fermentação e que há aplicabilidade na indústria de bebidas. Enquanto que, na concentração de 1g/L o farelo de soja não alterou em nada o perfil.

Palavras-chave: leveduras; *Saccharomyces cerevisiae*; compostos orgânicos voláteis; aminoácidos; cromatografia.

ABSTRACT

Esters are volatile organic compounds (VOCs) produced by a wide range of microorganisms, including yeasts. VOCs are responsible for the aromatic profile of beverages (wines, sparkling wines, beers, cachaças, etc.), as well as being potential biofuels and antimicrobials. The study of these compounds, with a focus on their production by yeasts, is of great importance because understanding these metabolic pathways can lead to the optimization of fermentation processes to increase the desired aromas in different beverages. In addition to esters, higher alcohols are also found in yeast fermentations, as these are their precursors. The beverage industry is a very interesting market to explore, with a growing demand for new drinks and/or new flavors. The variation in the aroma of a drink differs according to the profile of the higher alcohols and esters present. The addition of amino acids to the must can direct the production of some esters and cause greater variation in the sensory profile of the drink. The aim of this study was therefore to produce, extract and identify esters derived from amino acids and higher alcohols during alcoholic fermentation using the reference strain *Saccharomyces cerevisiae* CA11. The medium used to grow these microorganisms was composed of glucose, micronutrients, vitamins and amino acids. The yeasts were grown in a medium with added amino acids such as isoleucine, leucine, valine, methionine, proline, lysine, phenylalanine and histidine were tested using 20 mL vials using the in situ solid phase microextraction (HS-SPME) method, which has the advantage of combining the concentration and extraction steps of the volatile compounds of interest. The esters and alcohols were identified using gas chromatography coupled with a flame ionization detector (GC-FID) and gas chromatography coupled with a mass detector (GC-MS). This study shows that amino acids have a substantial impact on yeast aroma production. Isoleucine contributed to a large increase in the diversity of aromatic compounds generated. This same amino acid contributed to an increase in ethyl octanoate (76.58%), ethyl decanoate (90.37%) and phenylethyl alcohol (101.65%). Phenylalanine led to a 159.5% increase in phenylethyl alcohol. Soybean meal as a supplement did not cause any difference in the production of aromatic compounds. It can therefore be concluded that the addition of amino acids at 150 ppm in the must is valuable for diversifying the aroma during fermentation and that it is applicable in the beverage industry. At a concentration of 1g/L, soybean meal did not alter the profile in any way.

Keywords: yeasts; *Saccharomyces cerevisiae*; volatile organic compounds; amino acids; chromatography.

LISTA DE FIGURAS

1 REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1 - Fatores abióticos que interferem na fermentação.....	25
Figura 2 - Via de Ehrlich.....	34
Figura 3 - Formação de ésteres.....	35
Figura 4 - Panorama da produção de compostos aromáticos.....	36
Figura 5 - Esquema com os produtos provenientes da fermentação alcoólica.....	40
Figura 6 - Esquema representando a reutilização do etanol.....	42
Figura 7 - Comércio de produtos advindos da fermentação (2023).....	43

2 VALIDAÇÃO DO MÉTODO

Figura 1 - Curva de calibração de biomassa <i>S. cerevisiae</i> CA11.....	60
Figura 2 - Curva de calibração de biomassa <i>S. cerevisiae</i> N38.....	60
Figura 3 - Curva de crescimento da <i>S. cerevisiae</i> CA11.....	61
Figura 4 - Curva de crescimento da <i>S. cerevisiae</i> N38.....	62
Figura 5 - Cromatogramas da fermentação com o aminoácido isoleucina após 12 horas (GC-FID). A= Controle biótico sem aminoácido; B= fermentação com isoleucina, C= Controle abiótico; D= Sobreposição.....	63
Figura 6 - Cromatogramas da fermentação com o aminoácido leucina após 12 horas (GC-FID). A= Controle biótico sem aminoácido; B= fermentação com leucina, C= Controle abiótico; D= Sobreposição.....	64
Figura 7 - Cromatogramas da fermentação com o aminoácido valina após 12 horas (GC-FID). A= Controle biótico sem aminoácido; B= fermentação com valina, C= Controle abiótico; D= Sobreposição.....	65
Figura 8 - Cromatogramas da fermentação com o aminoácido metionina após 12 horas (GC-FID). A= Controle biótico sem aminoácido; B= fermentação com metionina, C= Controle abiótico; D= Sobreposição.....	66
Figura 9 - Cromatogramas da fermentação com o aminoácido lisina após 12 horas (GC-FID). A= Controle biótico sem aminoácido; B= fermentação com lisina, C= Controle abiótico; D= Sobreposição.....	67
Figura 10 - Cromatogramas da fermentação com o aminoácido prolina após 12 horas (GC-FID). A= Controle biótico sem aminoácido; B= fermentação com prolina, C= Controle abiótico; D= Sobreposição.....	68

3 EFEITOS DA ADIÇÃO DE AMINOÁCIDOS AO MEIO DE CULTIVO NA SÍNTESE DE ÁLCOOIS SUPERIORES E ÉSTERES

Figura 1 - Abundância relativa dos compostos encontrados nas fermentações.....	78
Figura 2 - Gráficos de abundância relativa individualizados.....	79
Figura 3 - Produção de 3-Metil-1-Butanol entre os aminoácidos.....	80
Figura 4 - Produção de Etil Decanoato entre os aminoácidos.....	80
Figura 5 - Produção de Octanoato de Etila entre os aminoácidos.....	81
Figura 6 - Produção de Álcool Feniletílico entre os aminoácidos.....	81
Figura 7 – Produção de etanol entre os diferentes aminoácidos depois de 12 horas de fermentação. Controle = controle biótico sem aminoácidos.....	82

4 EFEITOS DA ADIÇÃO DE FARELO DE SOJA AO MEIO DE CULTIVO NA SÍNTESE DE ÁLCOOIS SUPERIORES E ÉSTERES

Figura 1 - Fermentação <i>S. cerevisiae</i> em melaço de cana.....	94
Figura 2 - Fermentação <i>S. cerevisiae</i> em melaço de cana com adição de farelo de soja (1 g/L).....	94
Figura 3 - Abundância relativa dos compostos encontrados em todos os pontos.....	95
Figura 4 - Abundância relativa discriminada depois de 12 horas de fermentação.....	95
Figura 5 - Abundância relativa discriminada depois de 24 horas de fermentação.....	96
Figura 6 - Produção de 3-Metil-1-Butanol entre os tratamentos e tempos.....	96
Figura 7 - Produção de Álcool Feniltetílico entre os tratamentos e tempos.....	97
Figura 8 - Produção de Octanoato de Etila entre os tratamento e tempos.....	97
Figura 9 - Produção de Ácido acético entre os tratamentos e tempos.....	98
Figura 10 - Produção de 1-Menthol entre os tratamentos depois de 24 horas.....	98
Figura 11 - Produção de etanol entre os tratamentos e tempos da fermentação.....	99

LISTA DE TABELAS

1 REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1 - Compostos voláteis derivados de aminoácidos.....	28
Tabela 2 - Principais compostos aromáticos presentes na cerveja.....	29
Tabela 3 - Principais compostos aromáticos presentes no vinho.....	31
Tabela 4 - Principais compostos aromáticos presentes na cachaça.....	32
Tabela 5 - Lista de pesquisadores que utilizaram leveduras em seus trabalhos vencedores do prêmio Nobel.....	39

2 VALIDAÇÃO DO MÉTODO

Tabela 1 - Composição da base de nitrogênio para cultivo de leveduras.....	55
--	----

3 EFEITOS DA ADIÇÃO DE AMINOÁCIDOS AO MEIO DE CULTIVO NA SÍNTESE DE ÁLCOOIS SUPERIORES E ÉSTERES

Tabela 1 - Composição da base de nitrogênio para cultivo de leveduras.....	74
Tabela 2 - Relação entre os compostos encontrados os aminoácidos adicionados.....	77
Tabela 3 - Variações percentuais dos compostos encontrados entre os diferentes aminoácidos.....	82
Tabela 4 – Variação percentual da produção de etanol entre os tratamentos.....	83
Tabela 5 - Relação entre os compostos produzidos durante as fermentações e seus respectivos aromas.....	84

4 EFEITOS DA ADIÇÃO DE FARELO DE SOJA AO MEIO DE CULTIVO NA SÍNTESE DE ÁLCOOIS SUPERIORES E ÉSTERES

Tabela 1 - Aromas dos compostos produzidos durante as fermentações.....	100
---	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo;
Acetil-CoA	Acetilcoenzima A;
ATP	Adenosina Trifosfato;
FAB's	<i>Fermented alcoholic beverages;</i>
GRAS	<i>Generally recognized as safe;</i>
HS-SPME	<i>Headspace solid-phase microextraction;</i>
LBMA	Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Aplicada;
m.a.a	Milhões de anos atrás;
MAC	<i>Make-accumulate-consume;</i>
UNESP	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
VOC's	<i>Volatile organic compounds.</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

Da	Dalton;
kb	Kilobases;
Mb	Megabases;
mg	Miligramas;
mL	Mililitros
nm	Nanômetros.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	17
2. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	19
3. OBJETIVOS.....	20
3.1 OBJETIVOS GERAIS.....	20
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20

1 REVISÃO DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO.....	21
2. COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (VOC'S).....	22
2.1 COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS E SEUS EFEITOS NO AROMA DE BEBIDAS.....	24
2.1.1 Cerveja e seus compostos aromáticos.....	29
2.1.2 Vinho e seus compostos aromáticos.....	30
2.1.3 Cachaça e seus compostos aromáticos.....	32
2.2 BIOSÍNTESE DE ÁLCOOIS SUPERIORES, ÉSTERES ACETATO E ÉSTERES ETÍLICOS.....	33
2.2.1 Biossíntese de álcoois superiores.....	33
2.2.2 Biossíntese de ésteres acetato e ésteres etílicos.....	34
3. UM BREVE HISTÓRICO DO USO DA SACCHAROMYCES CEREVISIAE.....	36
4. METABOLISMO FERMENTATIVO.....	39
5. MERCADO PARA OS PRODUTOS ADVINDOS DA FERMENTAÇÃO.....	42
6. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	44
REFERÊNCIAS.....	45

2 VALIDAÇÃO DO MÉTODO

1. INTRODUÇÃO.....	53
2. OBJETIVOS.....	54
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
3.1 MICRORGANISMO.....	54
3.2 COMPOSIÇÃO E PREPARO DOS MEIOS DE CULTIVO.....	55
3.3 CURVA DE CALIBRAÇÃO DE FORMAÇÃO DE BIOMASSA.....	56
3.4 CURVA DE CRESCIMENTO.....	56
3.5 OTIMIZAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE.....	57

3.6 MODELO EXPERIMENTAL.....	57
3.7 EXTRAÇÃO E ANÁLISE DOS COMPOSTOS FORMADOS.....	58
3.7.1 Análises preliminares no GC-FID.....	59
4. RESULTADOS.....	59
4.1 CURVAS DE CALIBRAÇÃO DE BIOMASSA.....	59
4.2 CURVAS DE CRESCIMENTO.....	61
4.3 ANÁLISES PRELIMINARES GC-FID.....	62
5. DISCUSSÃO.....	69
6. CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS.....	70

3 EFEITOS DA ADIÇÃO DE AMINOÁCIDOS AO MEIO DE CULTIVO NA SÍNTESE DE ÁLCOOIS SUPERIORES E ÉSTERES

1. INTRODUÇÃO.....	72
2. OBJETIVOS.....	73
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	73
3.1 MICRORGANISMO.....	73
3.2 COMPOSIÇÃO E PREPARO DOS MEIOS DE CULTIVO.....	73
3.3 ENSAIOS DAS FERMENTAÇÕES COM AMINOÁCIDO.....	74
3.4 EXTRAÇÃO E ANÁLISE DOS COMPOSTOS FORMADOS.....	75
3.4.1 Análises no GC-MS.....	76
3.4.2 Análise da produção de etanol.....	76
4. RESULTADOS.....	77
4.1 COMPOSTOS VOLÁTEIS ENCONTRADOS.....	77
4.2 PRODUÇÃO DE ETANOL.....	82
5. DISCUSSÃO.....	83
6. CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS.....	87

4 EFEITO DA ADIÇÃO DE FARELO DE SOJA AO MEIO DE CULTIVO NA SÍNTESE DE ÁLCOOIS SUPERIORES E ÉSTERES

1. INTRODUÇÃO.....	89
2. OBJETIVOS.....	90
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	90
3.1 MICRORGANISMO.....	90

3.2 COMPOSIÇÃO E PREPARO DOS MEIOS DE CULTIVO.....	90
3.3 MEDIÇÃO DE PH, DENSIDADE ÓPTICA E AÇÚCAR REDUTOR.....	90
3.4 MODELO EXPERIMENTAL.....	91
3.5 EXTRAÇÃO E ANÁLISE DOS COMPOSTOS FORMADOS.....	92
3.5.1 Análises no GC-MS.....	92
3.5.2 Análise da produção de etanol.....	93
4. RESULTADOS.....	93
4.1 CURVA DE CRESCIMENTO, PH E AÇÚCARES.....	93
4.2 ABUNDÂNCIA RELATIVA DOS COMPOSTOS ENCONTRADOS.....	95
4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS COMPOSTOS ENCONTRADOS.....	96
4.4 PRODUÇÃO DE ETANOL.....	99
5. DISCUSSÃO.....	99
6. CONCLUSÃO.....	100
REFERÊNCIAS.....	101
 4. CONCLUSÃO GERAL.....	 103

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os microrganismos são capazes de produzir uma grande variedade de compostos de interesse para as diversas indústrias. As indústrias de alimentos e bebidas sempre se adaptou aos costumes e avanços da humanidade, tendo portanto, espaço para novos produtos.

As leveduras, que há séculos têm sido exploradas na produção e transformação de alimentos são capazes de produzir diversos compostos que impactam de maneira positiva na qualidade e diversificação de bebidas alcoólicas, um campo sempre com grandes perspectivas para a investigação científica para inovação tecnológica para desenvolvimento de novos produtos ou atribuição de novas propriedades aos produtos convencionais.

A cachaça é a bebida destilada mais consumida no Brasil e a terceira mais consumida no mundo. Com um consumo majoritariamente interno, há uma exportação de apenas 1-2% dessa bebida (Embrapa, 2022). Quando se pensa em valor monetário, os 3 maiores importadores mundiais de cachaça são os Estados Unidos, Alemanha e Paraguai, os quais são responsáveis por movimentar a soma de ≈6,7 milhões de dólares (MAPA, 2022).

A marca de 4.969 mil registros de cachaças foi atingida em 2021, sendo esse número somente 3.533 em 2020, havendo, portanto, um aumento de 49,6%. Esse número contrasta significativamente o aumento de 15,3% de 2019 para 2020, explicitando uma tendência de crescimento (MAPA, 2022).

Quando se pensa em aroma na cachaça, álcoois superiores e ésteres são de grande importância. Compostos como acetato de etila e o álcool isoamílico são amplamente presentes e representam essas duas importantes classes de compostos para esse destilado. O álcool superior é facilmente um composto majoritário, enquanto o éster pode até vir a ser presente em grande quantidade, porém mesmo em pequenas concentrações ele ainda é responsável por grande parte do aroma (Bortoletto *et al.* 2021).

Dessa forma, esse trabalho visou estudar a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, o organismo hegemônico na indústria de bebidas, frente à adição de aminoácidos como fonte de nitrogênio e sua resposta na alteração da composição e concentração de ésteres e álcoois superiores derivados da biotransformação dos

mesmos. Tendo, portanto, como objetivo a geração de uma tecnologia que pode ser utilizada para a produção de compostos que podem contribuir com a melhoria da qualidade de bebidas alcoólicas, como cachaça.

REFERÊNCIAS

BORTOLETTO, Aline Marques; SILVELLO, Giovanni Casagrande; ALCARDE, André Ricardo. Aromatic profiling of flavor active compounds in sugarcane spirits aged in tropical wooden barrels. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s. l.], v. 24, p. 14, 2021.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cachaça**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana-pos-producao/cachaca>. Acesso em: 27 jan. 2025.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Anuário da Cachaça 2021**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2022.

4. CONCLUSÃO GERAL

Tendo em vista o discutido até aqui, pode-se concluir que: (i) os aminoácidos impactam de maneira substancial a produção de aroma pela levedura; (ii) a isoleucina contribuiu com um grande aumento de diversidade dos compostos aromáticos gerados; (iii) a isoleucina contribuiu com um grande aumento de octanoato de etila (76,58%), etil decanoato (90,37%) e álcool feniletílico (101,65%); (iv) a fenilalanina ocasionou em um aumento de 159,5% do álcool feniletílico; (v) A adição de isoleucina, leucina e valina ocasionou na queda da produção de etanol em aproximadamente 16%, 14% e 20% respectivamente; (vi) suplementar o meio com farelo de soja não ocasionou em nenhuma diferença na produção de compostos aromáticos nem na produção de etanol. Ademais, conclui-se que a suplementação do mosto com aminoácidos é viável para alterar o perfil aromático produzido durante a fermentação e que esse efeito pode ter aplicações nas indústrias de bebidas.