

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE SEIS LOTES DE CACHAÇAS ENVELHECIDAS EM BARRIS DE CARVALHO AMERICANO

Antonia I. Fernandes¹; Maria G. Cardoso¹; Wilton A. Santos¹; Wilder D. Santiago¹; Sara C. S. Silva¹; Pedro H. N. Barboza²; Danúbia A. C. S. Rezende¹; Vinicius S. Patrocínio³.

¹ Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras

² Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras

³ Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras

antonia.fernandes1@estudante.uflla.br

Palavras-Chave: Composição Química, Controle de Qualidade, Envelhecimento.

Introdução

Por definição da Instrução Normativa 539 de dezembro de 2022, a cachaça é definida como um produto exclusivamente brasileiro, resultante do processo de fermento-destilação do caldo de cana de açúcar crua e com graduação alcoólica entre 38% e 48% v/v a 20 °C. Em 2024, sua produção atingiu a marca de 292.459.906,27 litros, gerando empregos diretos e indiretos e garantindo sua contribuição para a economia brasileira, graças a sua exportação (Brasil, 2022; 2025).

As características químicas e sensoriais da cachaça são únicas e influenciadas por toda a cadeia produtiva, desde a matéria-prima utilizada até a destilação e, em alguns casos, o envelhecimento. Por ser uma bebida em ascensão dentro e fora do país, seja na sua forma *in natura*, drinks ou em bebidas derivadas, o controle de qualidade dessa bebida se faz cada vez mais necessário, a fim de garantir um produto em conformidade com a legislação, de alto padrão sensorial e seguro para o consumo.

O envelhecimento da cachaça recém-destilada, mesmo que seja uma etapa não obrigatória na cadeia produtiva, é um processo essencial para maximizar o valor agregado e os atributos sensoriais do produto final. Durante o tempo de armazenamento, reações físico-químicas entre o líquido e a superfície permitem a extração de compostos responsáveis por modificações de aspectos de cor, aroma e sabor, bem como pela redução de características indesejáveis. Tradicionalmente, utiliza-se barris fabricados de carvalho americano ou carvalho europeu, justificado por suas características químicas e sensoriais já conhecidas. No entanto, outras espécies vegetais brasileiras já vêm sendo exploradas para essa finalidade. Entre essas, cita-se as madeiras amburana, bálsamo, castanheira, freijó, jequitibá, jatobá, ipê amarelo, grápia e araribá.

O objetivo desse trabalho foi analisar os parâmetros físico-químicos de seis lotes de cachaças envelhecidas em barris de carvalho americano.

Material e Métodos

Seis amostras de cachaça envelhecidas durante o período de dezembro de 2018 a julho de 2022 em diferentes barris de carvalho foram coletadas de um produtor localizado no Campo das Vertentes, Minas Gerais, Brasil. Após coleta, as amostras foram identificadas pelos códigos (L1, L2, L3, L4, L5 e L6) e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Qualidade de Aguardente da Universidade Federal de Lavras (LAQA-UFLA), onde foram mantidas a temperatura ambiente e submetidas a análises físico-químicas e cromatográficas.

A determinação dos parâmetros físico-químicos foi realizada de acordo com a Instrução Normativa nº 24, de 8 de setembro de 2005 (Brasil, 2005). Já as concentrações de álcoois superiores (3-metilbutan-1-ol, 2-metilpropan-1-ol e propano-1-ol) e contaminantes (metanol, butan-1-ol e butan-2-ol) das amostras foram determinadas a partir de cromatografia gasosa, empregando a metodologia proposta por Santiago e colaboradores (2017). A identificação dos compostos foi realizada pela comparação dos tempos de retenção das amostras com os padrões e a quantificação foi realizada por padronização externa. Já a análise das concentrações de 2-propenal (acroleína) e carbamato de etila foram realizadas por métodos propostos por Alvarenga e colaboradores (2023), Anjos *et al.* (2011) e Machado *et al.* (2013), respectivamente, a utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados físico-químicos obtidos para os seis lotes de cachaças envelhecidas.

Tabela 1: Perfis físico-químicos de amostras de cachaças envelhecidas em carvalho americano.

Parâmetro	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Limite
Grau Alcoólico ¹	43,87±0,01	44,01±0,09	43,10±0,23	41,40±0,13	44,24±0,12	44,40±0,07	38,0 - 48,0
Furfural ²	1,22±0,02	1,46±0,04	1,19±0,10	0,80±0,04	1,10±0,11	1,07±0,02	5,0
Extrato Seco ³	0,53±0,00	0,49±0,00	0,51±0,00	0,30±0,00	0,32±0,00	0,32±0,00	-
Cobre ⁴	0,98±0,01	0,58±0,01	0,63±0,01	0,83±0,00	0,69±0,01	0,52±0,01	5,0
Aldeídos Totais ²	21,91±0,01	24,69±0,05	22,31±0,81	20,20±0,42	16,77±0,38	18,35±0,69	30,0
Ésteres Totais ²	116,62±0,04	114,26±0,24	103,37±0,89	89,49±1,78	99,71±0,27	90,39±4,07	200,0
Açúcares Totais	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6,0
Acidez Volátil ²	119,96±0,04	114,47±2,66	113,40±3,08	104,08±0,33	101,97±0,28	98,21±0,16	150,0
Álcoois Superiores ²	253,79±0,22	234,40±1,04	232,01±2,86	232,13±1,28	188,44±2,96	211,61±1,88	360,0
Metanol ²	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20,0
Butan-1-ol ²	0,57±0,12	0,57±0,02	0,53±0,01	0,71±0,09	0,54±0,08	0,63±0,04	3,0
Butan-2-ol ²	28,83±2,52	26,19±5,87	23,89±3,05	21,66±3,80	14,75±1,63	13,69±1,04	10,0
Carbamato de Etila ⁵	ND	ND	ND	ND	ND	ND	210
Acroleína ²	15,89±0,11	14,45±0,75	14,00±0,01	13,00±0,62	9,27±0,35	8,69±0,21	5

1: % v/v a 20 °C; 2: mg 100 mL⁻¹ de álcool anidro (a.a.); 3: g L⁻¹; 4: mg L⁻¹; 5: µg L⁻¹; ND: não detectado; álcoois superiores: somatório das concentrações dos álcoois propan-1-ol, 3-metilbutan-1-ol e 2-metilpropan-1-ol.

Fonte: os autores (2025).

Todas as amostras mantiveram-se dentro dos limites legais vigentes, exceto para os contaminantes butan-2-ol (álcool *sec*-butílico) e acroleína. A graduação alcoólica das amostras não sofreu grandes variações entre si, mantendo-se entre 41,40 e 44,40 % v/v a 20 °C. Durante o envelhecimento de bebidas, sabe-se que o teor alcoólico do líquido pode sofrer severas reduções. Quando não há o controle adequado de temperatura e umidade da sala de envelhecimento, a porosidade da madeira pode favorecer a evaporação do etanol.

É de se esperar que alguns parâmetros, como acidez volátil e extrato seco, aumentem durante o envelhecimento. O aumento da massa seca em bebidas envelhecidas pode ser justificado pela degradação de macromoléculas da superfície do barril em moléculas menores, como taninos e fenólicos, ao passo que o aumento da acidez pode estar relacionado com a oxidação de aldeídos em ácidos e pela extração de compostos da superfície do barril que apresentam natureza ácida (Santiago *et al.*, 2017; Cardoso, 2020).

Nesse estudo, as amostras apresentaram teores de álcoois superiores entre 188,44 e 253,79 mg 100 mL⁻¹ a.a., abaixo do limite estabelecido pela legislação vigente (Brasil, 2022). Os álcoois superiores consistem no somatório das concentrações de álcoois propan-1-ol, 3-metilbutan-1-ol e 2-metilpropan-1-ol, vulgarmente conhecidos como álcoois propílico, isoamilíco e isobutílico, respectivamente. A formação desses compostos está relacionada com a transformação de aminoácidos durante a fermentação, pela degradação do açúcar ou do desvio do metabolismo de aminoácidos pelas leveduras. Para garantir as concentrações ideais desses compostos na bebida, medidas de boas práticas de fabricação, como rápido processamento da matéria prima e corte adequado das frações, devem ser adotadas rigorosamente (Cardoso, 2020).

Todas as amostras analisadas nesse estudo estavam dentro dos limites legais para ésteres e aldeídos. A presença dos ésteres é de suma importância para características aromáticas da bebida, podendo conferir aromas frutados, como aroma de banana ou cítrico, e a quantidade desses em cachaças pode ser influenciado pelo processo de fermentação, destilação e envelhecimento. Já os aldeídos, formados na fermentação ou oxidação do etanol, podem influenciar de forma negativa ou positiva nas características da bebida: quando em quantidades exacerbadas, são responsáveis por aromas desagradáveis, intoxicação e dores de cabeça (Cardoso, 2020; Alvarenga *et al.*, 2023).

Nenhuma das amostras estudadas apresentou concentrações detectáveis de metanol e carbamato de etila pelos métodos aplicados (0,63 mg 100 mL⁻¹ a.a. e 1,71 µg L⁻¹, respectivamente), inferindo bom corte e manejo de matéria-prima e eficaz tratamento do caldo a ser fermentado (Cardoso, 2020; Cardoso *et al.*, 2025). As concentrações de butan-1-ol (álcool butílico) apresentaram valores médios equivalentes a 0,59 mg 100 mL⁻¹ a.a., sendo assim, inferior ao valor máximo permitido.

Para todas as amostras, os teores de acroleína mantiveram-se entre 8,69 mg 100 mL⁻¹ a.a. e 15,89 mg 100 mL⁻¹ a.a.. Coincidemente, todas as amostras também apresentaram elevados teores de álcool *sec*-butílico, entre 13,69 e 28,83 mg 100 mL⁻¹ a.a.. Resultados semelhantes a esses foram descritos por Alvarenga e colaboradores (2023), que apontaram que a relação direta desses dois compostos pode estar relacionada com as vias de formação desses: o álcool *sec*-butílico origina-se pela contaminação do mosto por microrganismos do gênero

Lactobacillus, pela redução enzimática ou oxidação do etanol. Já a formação da acroleína está relacionada com a conversão de glicerol em 3-hidroxipropinaldeído (3-HPA).

Conclusões

As amostras analisadas apresentaram valores físico-químicos para a maioria dos parâmetros exigidos pela instrução normativa em vigor. Os teores de acroleína e álcool sec-butílico mostraram-se acima dos limites legais. Em todas as amostras, os parâmetros mostraram-se próximos, indicando, assim, a homogeneidade da cadeia produtiva adotada pelo produtor, bem como a eficaz aplicação de boas práticas de fabricação. Os valores superiores dos contaminantes não-conformes com a legislação indicam a necessidade de monitoramento contínuo e otimização na cadeia produtiva, de modo a garantir a alta qualidade do produto final e a segurança do consumidor.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES – Código de Financiamento 001), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig – PPE 0035/2023) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Project CNPQ 311183/2022-0).

Referências

- ALVARENGA, G. F. *et al.* Correlation of the presence of acrolein with higher alcohols, glycerol, and acidity in cachaças. **Journal of Food Science**, v. 88, n. 4, p. 1753-1768, 2023.
- ANJOS, J. P. *et al.* Identification of ethyl carbamate during the aging of cachaça in an oak barrel (*Quercus* sp.) and a glass vessel. **Química Nova**, v. 34, p. 874-878, 2011.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Pecuária. **Instrução Normativa nº 24 de 08 de setembro de 2005. Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres.** 2005.
- BRASIL. 2022. Ministério da Agricultura e Pecuária (MAP). **Portaria MAPA nº 539 de 26 de dezembro de 2022. Estabelece os Padrões de Identidade e Qualidade da aguardente de cana e cachaça.** 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Anuário da Cachaça 2025: ano de referência 2024.** Brasília: MAPA/SDAV, 2025. 49 p.
- CARDOSO, M. G. *et al.* Quantification of the cyanogen Dhurrin at high levels in sugar cane varieties and its correlation as a precursor of ethyl carbamate in cachaças. **Australian Journal of Crop Science**, v. 19, n. 7, 2025.
- CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana.** 4 ed. Lavras: Editora da UFLA. 2020.
- MACHADO, A. M. R. *et al.* Determination of ethyl carbamate in cachaça produced from copper stills by HPLC. **Food Chemistry**, v. 138, p. 1233-1238, 2013.
- NASCIMENTO, R. F. *et al.* Qualitative and quantitative high-performance liquid chromatographic analysis of aldehydes in Brazilian sugar cane spirits and other distilled alcoholic beverages. **Journal of Chromatography A**, v. 782, n. 1, p. 13-23, 1997.
- SANTIAGO, W. D. *et al.* Cachaça stored in casks newly constructed of oak (*Quercus* sp.), amburana (*Amburana cearensis*), jatoba (*Hymenaea courbaril*), balsam (*Myroxylon peruvium*) and peroba (*Paratecoma peroba*): alcohol content, phenol composition, colour intensity and dry extract. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 123, p. 232-241, 2017.
- VILELA, F. J. *et al.* Determinação das composições físico-químicas de cachaças do Sul de Minas Gerais e suas misturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1089-1094, 2007.