

Avaliação dos parâmetros físico-químicos de aguardentes obtidas por fermentação com farelo de milho da Província de Inhambane em Moçambique

Evaluation of the physicochemical parameters of spirits obtained by fermentation with corn bran from Inhambane Province in Mozambique

Evaluación de los parámetros fisicoquímicos de aguardientes obtenidas por fermentación con salvado de maíz de la Provincia de Inhambane en Mozambique

Recebido: 16/06/2025 | Revisado: 07/07/2025 | Aceitado: 08/07/2025 | Publicado: 10/07/2025

Elsa Alexandre Guimarães Dique
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2986-7958>
Universidade Save, Brasil

E-mail: elsaalexandreguimaraes@gmail.com

Maria das Graças Cardoso
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8075-1725>
Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: mcardoso@ufla.br

Manuel Carlos Menez Tábuia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5084-6563>
Universidade Save, Brasil

E-mail: tabua.manuel@gmail.com

Antonia Isadora Fernandes
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7101-562X>
Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: fernandesisadora_@hotmail.com

Wilder Douglas Santiago
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4941-2527>
Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: wilderdsantiago@gmail.com

Resumo

A produção de aguardente em Moçambique é uma prática tradicional com grande relevância econômica e social, geralmente realizada de forma artesanal e rudimentar, com pouco embasamento técnico ou científico. As matérias-primas mais utilizadas incluem cana-de-açúcar, milho e sorgo, que são submetidas à fermentação espontânea e posteriormente destiladas em alambiques frequentemente construídos com materiais inadequados. Como consequência desse processo, obtém-se um produto final sem padronização, com baixa segurança alimentar e escasso conhecimento sobre sua composição química. Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo analisar os parâmetros físico-químicos de três aguardentes produzidas a partir de farelo de milho na província de Inhambane, região sul de Moçambique, comparando com os limites estabelecidos pela legislação brasileira para cachaças e aguardentes. As amostras foram coletadas e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Qualidade de Aguardente do Departamento de Química (LAQA/DQI) da Universidade Federal de Lavras-Minas Gerais/Brasil. As análises foram realizadas conforme as especificações estabelecidas pela Instrução Normativa nº 24 de 08/09/2005 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Pelos resultados, pode-se observar que as aguardentes produzidas em Moçambique a partir da fermentação com farelo de milho não atendem aos requisitos estabelecidos pela legislação brasileira vigente para bebidas alcoólicas. Esses resultados evidenciam a necessidade urgente de novos estudos sobre a produção de aguardente em Moçambique, visando à introdução de conhecimentos técnicos, uso de equipamentos adequados e aplicação de boas práticas de fabricação que assegurem a qualidade e a segurança da bebida para o consumidor.

Palavras-chave: Aguardente de milho; Controle de qualidade; Segurança alimentar; Contaminantes.

Abstract

The production of brandy in Mozambique is a traditional practice with great economic and social relevance, usually carried out in an artisanal and rudimentary manner, with little technical or scientific basis. The most commonly used raw materials include sugarcane, corn and sorghum, which are subjected to spontaneous fermentation and subsequently distilled in stills that are often built with inadequate materials. As a consequence of this process, a final product is obtained without standardization, with low food safety and little knowledge regarding its chemical

composition. Given this scenario, the present study sought to analyze the physical-chemical parameters of three distilled spirits produced from corn bran in the province of Inhambane, southern Mozambique, comparing them with the limits established by Brazilian legislation for cachaças and other spirits. The samples were collected and sent to the Quality Analysis Laboratory of Brandy of the Chemistry Department (LAQA/DQI) of the Federal University of Lavras, Minas Gerais, Brazil. The analyses were performed in accordance with the specifications established by Normative Instruction No. 24 of September 8, 2005 of the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply (MAPA). The results show that the spirits produced in Mozambique from fermentation with corn bran do not meet the requirements established by current Brazilian legislation for alcoholic beverages. These results highlight the urgent need for new studies on the production of spirits in Mozambique, seeking the introduction of technical knowledge, use of appropriate equipment and application of good manufacturing practices that ensure the quality and safety of the beverage for the consumer.

Keywords: Corn spirit; Quality control; Food safety; Contaminants.

Resumen

La producción de aguardiente en Mozambique es una práctica tradicional con gran relevancia económica y social, generalmente realizada de forma artesanal y rudimentaria, con escaso respaldo técnico o científico. Las materias primas más utilizadas incluyen caña de azúcar, maíz y sorgo, las cuales son sometidas a fermentación espontánea y posteriormente destiladas en alambiques frecuentemente construidos con materiales inadecuados. Como consecuencia de este proceso, se obtiene un producto final sin estandarización, con baja seguridad alimentaria y escaso conocimiento sobre su composición química. Ante este escenario, el presente estudio tuvo como objetivo analizar los parámetros físico-químicos de tres aguardientes producidos a partir de salvado de maíz en la provincia de Inhambane, región sur de Mozambique, comparándolos con los límites establecidos por la legislación brasileña para cachazas y aguardientes. Las muestras fueron recolectadas y enviadas al Laboratorio de Análisis de Calidad de Aguardiente del Departamento de Química (LAQA/DQI) de la Universidad Federal de Lavras, Minas Gerais/Brasil. Los análisis se realizaron conforme a las especificaciones establecidas por la Instrucción Normativa nº 24 del 08/09/2005 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento – MAPA. A partir de los resultados, se puede observar que los aguardientes producidos en Mozambique a partir de la fermentación con salvado de maíz no cumplen con los requisitos establecidos por la legislación brasileña vigente para bebidas alcohólicas. Estos resultados evidencian la necesidad urgente de nuevos estudios sobre la producción de aguardiente en Mozambique, con el fin de introducir conocimientos técnicos, utilizar equipos adecuados y aplicar buenas prácticas de fabricación que garanticen la calidad y la seguridad de la bebida para el consumidor.

Palabras clave: Bebida espirituosa de maíz; Control de calidad; Seguridad alimentaria; Contaminantes.

1. Introdução

A destilação de mostos fermentados para a produção de aguardentes iniciou em meados do século VIII e apresenta inúmeras particularidades devido ao modo de produção, desde a matéria-prima utilizada até o método de destilação do mosto, que são capazes de influenciar diretamente nos parâmetros químicos e sensoriais do produto final.

O Brasil lidera a produção e exportação mundial de aguardente de cana-de-açúcar e cachaça, movimentando aproximadamente 8.618.832 litros da bebida para 76 países distintos (Brasil, 2024). Pela expansão do consumo em âmbito nacional e internacional, a regulamentação e fiscalização da produção e dos teores de contaminantes e congêneres na cachaça mostra-se rigorosa e exigente, de modo que os produtores da bebida busquem melhoria contínua da bebida em todas as etapas de produção (Oliveira, 2023).

A produção de aguardente em Moçambique ainda é feita por pequenos produtores das regiões Norte, Centro e Sul, de forma precária e utilizando técnicas rudimentares. Como matéria-prima, comumente é utilizado melaço ou cereais, como milho, sorgo ou arroz. Atrelado à escassa tecnologia de produção, a pouca exigência de entidades fiscalizadoras e a ausência de legislações específicas referentes ao comércio da bebida no país, os consumidores de aguardentes em Moçambique estão severamente expostos à uma bebida de qualidade inferior e a substâncias nocivas à saúde.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar os parâmetros físico-químicos de 3 (três) aguardentes de farelo de milho produzidas na província de Inhambane, Sul de Moçambique, e comparar os resultados obtidos com os limites de contaminantes e congêneres estabelecidos pela Portaria 539 de 22 de dezembro de 2022 (Brasil, 2022).

2. Metodologia

Foram obtidas três amostras de aguardente de farelo de milho, obtidas de diferentes produtores dos distritos de Govuro, Vilanculos e Morrumbene, província de Inhambane, Sul de Moçambique, produzidas no ano de 2023. As amostras coletadas foram identificadas como E1, E2 e E3, respectivamente, e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Qualidade de Aguardente da Universidade Federal de Lavras (LAQA – UFLA).

Os parâmetros fisico-químicos foram avaliados de acordo com a Instrução Normativa nº 24 de 08 de setembro de 2005 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Brasil, 2005). Os parâmetros analisados foram exame organoléptico, grau alcoólico, acidez volátil, extrato seco, ésteres totais, aldeídos totais, furfural e cobre.

O teor de álcoois superiores e metanol foram quantificados seguindo o método proposto por Vilela *et al.* (2007) e Barbosa *et al.* (2022), utilizando um cromatógrafo gasoso com detector de ionização de chama (GC-FID) (Perkin Elmer, Clarus 580). A separação foi realizada utilizando uma coluna DB Wax (30 m x 0,25 m; 0,25 µm). A temperatura do injetor manteve-se a 150 °C, ao passo que a temperatura do detector se manteve em 170 °C. Utilizou-se nitrogênio como gás de arraste, em fluxo equivalente a 1,4 mL min⁻¹. A temperatura iniciou em 35 °C por quatro minutos, com taxa de aumento igual a 10 °C min⁻¹, mantendo-se a 80 °C por um minuto. Posteriormente, foi aquecida para 120 °C a uma taxa equivalente a 20 °C min⁻¹, mantida assim por um minuto. Por fim, a temperatura foi aumentada para 140 °C a uma taxa de 25 °C min⁻¹, mantida por trinta segundos. O tempo total de corrida foi de 13,14 minutos. A identificação dos compostos foi realizada por comparação do tempo de retenção dos compostos com relação aos padrões e a quantificação dos mesmos foi realizada por meio de padronização externa.

A quantificação de Carbamato de Etila (CE) nas amostras foi realizada de acordo com o método proposto por Anjos *et al.* (2011) e Machado *et al.* (2013). A análise consistiu na derivação prévia da amostra, com uma solução de xantidrol 0,02 mol L⁻¹ e ácido clorídrico 1,5 mol L⁻¹. As amostras foram injetadas em um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) Shimadzu, equipado com duas bombas de alta pressão (SPD-M20A), degaseificador (DGU-20A3) e interface (CBM-20A). A coluna utilizada foi uma Agilent-Zorbax Eclipse AAA (4,6 x 150 mm, 5µm), conectada à uma pré-coluna Agilent Zorbax Eclipse AAA (4,6 x 12,5 mm, 5µm), com detecção realizada por um detector de fluorescência configurado para os comprimentos de onda de excitação e emissão iguais a 233 e 600 nm, respectivamente. A fase móvel foi composta por solução de acetato de sódio 2 mM (Solvante A) e acetonitrila (solvente B). A eluição foi realizada em gradiente: 0 a 5 min (40-60% B); 5 a 10 min (60-70 B); 10 a 18 min (70- 80 % B); 18 a 19,5 min (80- 90% B); 19,5 a 25 min (90 – 40% B); 25 a 30 min (40% B), em fluxo igual a 0,75 mL min⁻¹.

A quantificação da acroleína foi realizada segundo Nascimento *et al.* (1997) e Zacaroni *et al.* (2011). As amostras de aguardente foram derivatizadas segundo a metodologia utilizada e injetadas no mesmo sistema HPLC citado. Foi utilizada uma coluna Agilent Zorbax Eclipse XDB-C18 (4,6 x 250 mm, 5µm), conectada a uma pré-coluna Agilent Eclipse XDB-C18 (4,6 x 12,5mm, 5µm). Foi utilizado um detector de arranjos de diodos, configurado a 365 nm. A fase móvel foi composta de água e ácido acético (98:2) (Solvante A) e metanol (Solvante B) em fluxo de 0,9 mL min⁻¹. O gradiente de eluição foi programado: 0-3 min (70%- 85% B); 3-10 min (85%-80%); 10-12 min (80%-70% B); 12-15 min (70%-70% B). A concentração do analito nas amostras foi determinado por meio de padronização externa.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 aponta os resultados obtidos para avaliação dos parâmetros fisico-químicos das amostras de aguardente moçambicanas. Pelo exame organoléptico, observou-se que a amostra E1 apresentou limpidez e ausência de partículas estranhas, enquanto a amostra E2 indicou presença de partículas suspensas e a amostra E3 indicou presença de partículas suspensas e turbidez. As partículas suspensas nas amostras podem ser oriundas de impurezas advindas do recipiente de

destilação ou do processo de envase da bebida, sendo possível solucioná-lo utilizando uma operação de filtração simples, por exemplo. Assim como nesse trabalho, analisando a viabilidade da produção de aguardente de umbu, Araújo (2023) justificou o grau de turbidez nas amostras por problemas durante a fermentação e destilação. Como a produção de aguardente em Moçambique ainda é muito rudimentar, as não conformidades podem ser explicadas por esses fatores.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos das aguardentes obtidas em Moçambique.

Parâmetro	E1	E2	E3	Limites mínimo e máximo
Graduação Alcoólica ¹	48,66 ± 0,34	32,32 ± 0,20	21,57 ± 0,02	38-48 (Cachaça) 38-54 (Aguardente)
Acidez volátil ²	118,74 ± 0,85	378,37 ± 1,61	225,22 ± 1,77	150
Ésteres Totais ²	68,80 ± 3,10	94,60 ± 2,04	78,57 ± 3,86	200
Aldeídos Totais ²	18,90 ± 0,51	12,80 ± 0,07	23,97 ± 0,02	30
Extrato seco ³	0,108 ± 0,00	0,246 ± 0,00	0,04 ± 0,00	-
Cobre ⁴	1,87 ± 0,16	16,43 ± 0,13	1,07 ± 0,15	5
Furfural ²	7,18 ± 0,36	1,81 ± 0,89	54,31 ± 0,14	5
Metanol ²	6,20 ± 0,32	42,09 ± 1,14	12,33 ± 0,03	20
Butan-1-ol ²	1,40 ± 0,01	1,05 ± 0,04	0,97 ± 0,03	3
Butan-2-ol ²	0,48 ± 0,01	8,95 ± 0,33	ND	10
Acroleína ²	ND	ND	ND	5
Álcoois superiores ^{2*}	158,98 ± 1,14	522,60 ± 1,10	181,35 ± 1,54	360
Carbamato de Etila ⁵	24,34 ± 0,14	84,32 ± 0,45	14,81 ± 0,27	210

* Álcoois Superiores = (Isobutílico + Isoamílico + Propílico); ** Média ± Desvio Padrão; 1: v/v a 20 °C; 2: mg 100 mL⁻¹ a.a.; 3: g L⁻¹; 4: mg L⁻¹; 5: µg L⁻¹; ND: Não Detectado.

Fonte: os autores (2025).

Das três amostras analisadas, apenas a amostra E1 apresentou graduação alcoólica de acordo com os limites estabelecidos pela legislação brasileira para aguardente (Brasil, 2022). A amostra E2 apresentou grau alcoólico de 32,32 % v/v a 20 °C, enquanto a amostra E3 apresentou graduação alcoólica de 21,56 % v/v a 20 °C, estando 15% e 43,25% abaixo do limite permitido, respectivamente. O baixo teor alcoólico presente nas aguardentes pode ter sido decorrente do longo período de fermentação (15 dias) e erros no processo de destilação. Alvarenga *et al.* (2023) explica que variáveis como fermentação incompleta, padronização errada, erros na destilação e embalagens inadequadas podem influenciar no teor alcoólico do produto final.

Os teores de acidez volátil nas amostras mantiveram-se entre 118,74 a 378,37 mg 100 mL⁻¹ álcool anidro (a.a.). A amostra E1 apresentou o menor teor de acidez volátil, estando em conformidade com o limite vigente, ao passo que a amostra E2 apresentou maior acidez entre as amostras. O valor máximo da acidez volátil pode ter sido o reflexo de um processo

fermentativo não controlado, em termos de matéria-prima e do fermento que não encontraram um ambiente favorável para o processamento. O uso de fermento não-adequado, bem como a ausência do controle de variáveis importantes para a fermentação ideal, como pH e aeração, pode ter sido cruciais para o aumento desse parâmetro (Schwan; Castro, 2020). Quando se encontram elevados valores de acidez, inúmeros problemas podem ocorrer, como a redução da qualidade do produto final. O excesso da acidez provoca um sabor indesejável. A alta acidez presente em aguardente pode ser atribuída a contaminação do próprio mosto fermentativo por bactérias acéticas e outras, seja na estocagem, e no próprio caldo, fazendo com que parte do substrato sofra a fermentação acética, elevando, assim acidez e diminuindo o rendimento da produção do etanol (Cardoso, 2020).

Segundo Silva *et al.* (2020), os ésteres possuem grande influência no sabor e aroma de bebidas destiladas e são formados durante a fermentação ou envelhecimento do destilado, com seus teores variando de acordo com as respostas metabólicas, espécie microbiana ou linhagem da levedura. Cardoso (2020) aponta que o principal éster encontrado em bebidas destiladas é o acetato de etila, representando cerca de 95% do teor total de ésteres. Nas três amostras de aguardentes, os valores de ésteres variaram entre 68,8 a 94,36 mg 100mL⁻¹ a.a., em conformidade com os limites vigentes. Durante o envelhecimento, o processo de esterificação ocorre mais rapidamente quando comparado ao da bebida descansada em toneis de inox. Isso foi comprovado por Miranda *et al.* (2008) que, ao analisar o perfil físico-químico de aguardentes envelhecidas, concluíram que o teor de ésteres foi maximizado em função do tempo de envelhecimento do produto. Posteriormente, Santiago e colaboradores (2014) também concluíram que as concentrações de ésteres em cachaças envelhecidas em barril de amburana aumentaram de 51,42 para 101,3 mg 100 mL⁻¹ a.a., ao passo que a bebida envelhecida em tonel de carvalho variou de 34,83 a 42,27 mg 100 mL⁻¹ a.a.

Os aldeídos são formados durante a fermentação, pela oxigenação do piruvato proveniente dos álcoois primários e possuem grande relevância no “flavour” da bebida, quando em concentrações adequadas. No entanto, em concentrações elevadas, podem acarretar mal-estar pós-consumo (ressaca). Neste estudo, todas as amostras apresentaram concentrações inferiores ao limite máximo estabelecido, com valor médio equivalente a 18,6 mg 100 mL⁻¹ a.a. para as amostras.

Pela portaria vigente para os Parâmetros de Identidade e Qualidade da cachaça e aguardente (PIQ's), ainda não há valores mínimo e máximo para o extrato seco. Cravo *et al.* (2019) explica que esse parâmetro está relacionado com o teor de sólidos presentes na cachaça, como açúcares, impurezas e, no caso de bebidas envelhecidas, compostos celulósicos extraídos da superfície vegetal. Para as amostras em estudo, foram encontrados os valores de 0,108 g L⁻¹ para a amostra E1, 0,246 g L⁻¹ para a amostra E2 e 0,04 g L⁻¹ para a amostra E3.

Apenas as amostras E1 e E3 estiveram de acordo com a legislação para a concentração de cobre, enquanto a amostra E3 apresentou valor 16,43 mg L⁻¹, estando, assim, em não-conformidade com esse parâmetro. O cobre é um metal inorgânico que, durante o processo de destilação, catalisa reações com compostos sulfurados e, consequentemente, melhora o aspecto sensorial da bebida. Se consumido em grandes concentrações, pode ocasionar intercorrências de saúde, como melanoma e epilepsia. Suas concentrações podem ser controladas a partir da limpeza do destilador para a remoção do azinhavre e por filtração da bebida em filtros adequados (Cardoso, 2020; Barbosa *et al.*, 2023).

Os teores de furfural nas amostras E1, E2 e E3 foram 7,18, 1,81 e 54,31 mg 100 mL⁻¹ a.a., respectivamente. O furfural é um composto oriundo da degradação térmica de açúcares e sua origem pode estar relacionada com o processo de fermentação, destilação ou envelhecimento (Zacaroni *et al.*, 2011; Cardoso, 2020). Para o controle desse parâmetro em aguardentes, sugere-se o melhor manejo da matéria-prima, sem que haja a queima da cana de açúcar, bem como o rápido processamento pós-colheita, manutenção da temperatura durante o processo de destilação e o envelhecimento em barris que não tenha sido tratado termicamente (tosta) (Masson *et al.*, 2007). Ribeiro *et al.* (2017) estudaram a influência do tipo de fermento (natural e selecionado) e o tratamento do caldo (clarificado e não clarificado), sobre a composição química da bebida.

Para o furfural, verificou-se que os tratamentos resultaram em destilados que apresentaram teores acima dos limites legais, mas a fermentação com a levedura natural possibilitou a maior formação de furfural quando comparada com a fermentação promovida pela levedura selecionada. Esses resultados podem ser uma vertente para justificar as altas concentrações de furfural em duas amostras em questão, uma vez que o processo fermentativo na obtenção das bebidas em questão foi realizado usando fermento selvagem.

Das três amostras estudadas, apenas a amostra E2 apresentou concentrações além dos limites legais para o metanol, correspondendo a $42,10 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a.. Cardoso (2020) explica que o metanol é um composto altamente tóxico para a saúde humana, devido à sua menor velocidade de oxidação. Quando consumido, é convertido a CO₂ e acarreta na acidose grave do sangue e danos ao sistema respiratório, ocasionando óbito. Suas concentrações elevadas na bebida podem ser provenientes da degradação da pectina e corte indevido de frações, por exemplo (Mognon *et al.*, 2009).

Todas as amostras analisadas apresentaram concentrações de butanol-1 dentro do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira ($3 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a.). Os valores, apresentados na Tabela 1 variaram de $0,97$ a $1,40 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a. para as amostras. Em relação ao butanol-2, a amostra E1 apresentou concentração igual a $0,48 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a., enquanto a E2 apresentou $8,95 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a.; ambas em conformidade com os limites recomendados ($10 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a.). Na amostra E3, o butanol-2 apresentou valores inferiores ao limite de detecção estabelecido pelo método utilizado ($0,48 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a.). O butanol-1 e butanol-2 são formados durante o processo de fermentação proveniente da contaminação do mosto pela bactéria *Clostridium acetobutylicum*, sendo a toxicidade desses contaminantes considerada relativamente alta, ao passo que a formação de butanol-2 está relacionada à contaminação do mosto por bactérias do gênero *Lactobacillus* e *Clostridium*. A concentração desses dois compostos no produto final pode influenciar negativamente na qualidade do produto final (Alvarenga *et al.*, 2023; Cardoso, 2020).

A acroleína (2-propenal) é definida como um aldeído tóxico, formado durante a fermentação e possível desencadeador de doenças degenerativas, como Alzheimer, câncer e diabetes. A exposição humana por esse composto ocorre principalmente pela ingestão de alimentos contaminados. Sua presença em cachaças pode estar relacionada ao metabolismo de bactérias *Bacillus amaracrylus* e *Lactobacillus colinoides* e deterioram o sensorial do produto final devido ao aroma picante (Alvarenga *et al.*, 2023; Jiang *et al.*, 2022; Masson *et al.*, 2012). Em nenhuma das amostras analisadas, foram detectadas concentrações maiores que o limite de detecção estabelecido pelo método analítico empregado ($0,14 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a.).

Os álcoois superiores consistem no somatório dos álcoois propílico, isoamílico e isobutílico e apresenta valor máximo estipulado em $360 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a. Nesse estudo, a amostra E1 apresentou um teor de $158,98 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a., enquanto a amostra E2 registrou $522,60 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a. e a amostra E3 apresentou valor de $181,35 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ a.a.. Conforme descrito por Corrêa (2020), os álcoois superiores são majoritariamente formados durante o processo fermentativo, por meio da degradação de aminoácidos pelas leveduras. A sua concentração na bebida é influenciada por diversos fatores, como a composição do mosto, concentração de nutrientes, teor de açúcares, pH, tipo de cepa de levedura empregada, bem como pelas condições de fermentação (temperatura, aeração, e quantidade de inóculo) e pelo tipo de destilação utilizada (alambique ou coluna). Além disso, os álcoois superiores podem ser originados por processos oxidativos ou pela conversão de aminoácidos durante a fermentação. Nessa via, os aminoácidos são metabolizados pelas leveduras, formando cetoácidos, os quais sofrem descarboxilação a aldeídos e posterior redução a álcoois superiores.

Machado *et al.* (2013) define o carbamato de etila (CE) como sendo uma substância química potencialmente carcinogênica e encontrado em alimentos e bebidas fermentadas. Além do processo de fermentação, em bebidas destiladas como cachaças e aguardentes, sabe-se que o equipamento utilizado no processo de destilação e o armazenamento do produto final são variáveis passíveis de maximizar o teor desse contaminante nas bebidas (Zacaroni *et al.*, 2011; Barbosa *et al.*, 2023). Como sua formação ainda não está totalmente esclarecida, torna-se desafiador a proposta de alternativas eficazes para a

erradicação desse composto. Nas aguardentes em questão, as concentrações de CE mantiveram-se aquém do limite proposto pelo MAPA, correspondente a 210 µg L⁻¹, com valores entre 14,81 µg L⁻¹ a 84,32 µg L⁻¹.

4. Conclusão

Todas as amostras avaliadas neste estudo apresentaram, ao menos, um parâmetro em desacordo com a legislação brasileira vigente aplicável a cachaças e aguardentes. Considerando que essas bebidas são amplamente consumidas na província de Inhambane, em Moçambique, torna-se evidente a urgência de investigações mais aprofundadas sobre bebidas fermento-destiladas no país. Além disso, destaca-se a necessidade de implementação de programas de controle de qualidade e de boas práticas de fabricação voltados à produção de aguardentes, com o objetivo de assegurar a oferta de produtos com qualidade superior e seguros para o consumo da população moçambicana.

Referências

- Alvarenga, G. F., Machado, A. M. R., Barbosa, R. B., Ferreira, V. R. F., Santiago, W. D., Teixeira, M. L., Nelson, D. L. & Cardoso, M. G. (2023). Correlation of the presence of acrolein with higher alcohols, glycerol, and acidity in cachaças. *Journal of Food Science*, 88(4), 1753-1768.
- Anjos, J.P., Cardoso, M. G., Sackz, A. A., Dórea, H. S., Santiago, W. D., Machado, A. M. R., Zacaroni, L. M. & Nelson, D. L. (2011). Evolution of the concentration of phenolic compounds in cachaça during aging in an Oak (*Quercus* sp.) Barrel. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22(7), 1307-1314.
- Araújo, P. M. (2023). *Produção de aguardente de umbu (Spondias tuberosa Arruda) em alambique de cobre*. (Monografia de graduação, 42f.). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB.
- Barbosa, R. B., Alvarenga, G. F., Ferreira, V. R. F., Santiago, W. D., Nelson, D. L. & Cardoso, M. G. (2023). Cachaça sold in polyethylene terephthalate packaging: Determination of the physical-chemical profile, polycyclic aromatic hydrocarbons and ethyl carbamate. *Ciência e Agrotecnologia*, 47.
- Barbosa, R.B., Santiago, W.D., Alvarenga, G.F., Da Silva, O., Ellan, R., Ferreira, V.R.F., Nelson, D.L., Cardoso, M.G. (2022). Physical-Chemical Profile and Quantification of Phenolic Compounds and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Cachaça Samples Aged in Oak (*Quercus* sp.) Barrels with Different Heat Treatments. *Food and Bioprocess Technology*.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária. (2005). Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. *Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres*.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária. (2022). *Portaria MAPA nº 539, de 26 de dezembro de 2022. Estabelece os Padrões de Identidade e Qualidade da aguardente de cana e cachaça*. Diário Oficial da União, 27 de dezembro de 2022, Seção 1, p. 13.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Anuário da Cachaça*. 2023. Brasília: MAPA/AECS. 2024.
- Cardoso, M. G. (2020). *Produção de aguardente de cana* (4^a ed.). Lavras: Editora UFLA.
- Corrêa, A. C. (2020). *Composição química e características sensoriais de cachaças monodestiladas produzidas com leveduras selecionadas e fermento natural*. (Tese de doutorado, 194f.). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- Cravo, F. D., Santiago, W. D., Lunguinho, A. S., Barbosa, R. B., Oliveira, R. E.S., Alvarenga, G. F., Santos, S. D., Souza, R. H. Z., Souza, E. C., Almeida, K. J., Souza, J. A., Nelson, D. L. & Cardoso, M. G. (2019). Composition of cachaças produced from five varieties of sugarcane and the correlation of the presence of dhurrin in the cane with that of ethyl carbamate in the product. *American Journal of Plant Science*, 10(2).
- Jiang, K., Huang, C., Zheng, J., Ou, J., Zhao, D. & Ou, S. Origin and Fate of Acrolein in Foods. *Foods*, 11(13), 1976.
- Machado, A. M. R., Cardoso, M. G., Saczk, A. A., Anjos, J. P., Zacaroni, L. M., Dórea, H. S. & Nelson, D. L. (2013). Determination of ethyl carbamate in cachaça produced from copper stills by HPLC. *Food Chemistry*, 138, 1233-1238.
- Masson, J., Cardoso, M. G., Vilela, F. J., Morais, A. R. & Anjos, J. P. (2007). Parâmetros físico-químicos e cromatográficos em aguardentes de cana queimada e não queimada. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, 31(6).
- Masson, J., Cardoso, M. G., Zacaroni, L. M., Anjos, J. P., Sackz, A. A., Machado, A. M. R. & Nelson, D. L. (2012). Determination of acrolein, ethanol, volatile acidity, and copper in different samples of sugarcane spirits. *Food Science Technology*, 32(3).
- Miranda, M. B., Martins, N. G. S., Belluco, A. E. S., Horii, J. & Alcarde, A. R. (2008). Perfil físico-químico de aguardente durante envelhecimento em toneis de carvalho. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, 28, 84-89.
- Mognon, C., Azevedo, M. S., Agnol, C. D. & Friedrich, M. T. (2009). *Avaliação do teor de metanol em cachaças comercializadas em Marau*. In Anais do VI Simpósio de Alimentos para a Região Sul (pp. 139-144).
- Nascimento, R. F., Marques, J. C., Lima Neto, B. S., Keukeleire, D. D. & Franco, D. W. (1997). Qualitative and quantitative high-performance liquid chromatographic analysis of aldehydes in Brazilian sugar cane spirits and other distilled alcoholic beverages. *Journal of Chromatography A*, 782(1), 13-23.

Oliveira, M. C. (2023). Influência de diferentes nutrientes no desenvolvimento do processo fermentativo sobre os reflexos no envelhecimento da cachaça: Uma revisão bibliográfica. *Ambeciências*, 2(1), 36-51.

Ribeiro, M. L. D., Ferreira, O. E., Teixeira, V., Mutton, M. A. & Mutton, M. J. R. (2017). Tratamento físico-químico do caldo de cana produz cachaça de qualidade. *Revista Ciência Agronômica*, 48(3), 458-463.

Santiago, W. D., Cardoso, M. G., Santiago, J. A., Gomes, M. S., Rodrigues, L. M. V., Brandão, R. M., Cardoso, R. R., D'ávila, G. B., Silva, B. L. & Caetano, A. R. S. (2014). Comparison and Quantification of the Development of Phenolic Compounds during the Aging of Cachaça in Oak (*Quercus* sp) and Amburana (*Amburana cearensis*) Barrels. *American Journal of Plant Sciences*, 5 (21), 3140-3150.

Schwan, R. F & Castro, H. A. Fermentação alcoólica. In: Cardoso, M. G. (2020). (ed). *Produção artesanal de aguardente*. Lavras: Editora UFLA.

Silva, L. E. B., Silva, J. C. S., Souza, W. C. L., Lima, L. L. C. & Santos, R. L. V. (2020). Desenvolvimento da cultura de milho (*Zea mays* L.): Revisão da literatura. *Direvista jornal*, 5(3), 1636-1657.

Tábua, M. C. M., Cardoso, M. G., Santiago, W. D., Gonçalves, G. S., Barbosa, R. B., Lunguinho, A. S., Oliveira, R. E. S., D'avila, G. B., Magalhães, M. L. & Nelson, D. L. (2018). Physicochemical and Chromatographic Profiles of Distilled Sugarcane Spirits Produced in Mozambique. *American Journal of Plant Science*, 9 (4).

Vilela, F. J., Cardoso, M. G., Masson, J. & Anjos, J. P. (2007). Determinação das composições físico-químicas de cachaças do Sul de Minas Gerais e suas misturas. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(4), 1089-1094.

Zacaroni, L. M., Cardoso, M. G., Saczk, A. A., Santiago, W. D. & Anjos, J. P. (2011). Caracterização e quantificação de contaminantes em aguardentes de cana. *Química Nova*, 34(2), 320-324.

Zacaroni, L. N., Cardoso, M. G., Saczk, A. A., Moraes, A. R., Anjos, J. P., Machado, A. M. R. & Nelson, D. L. (2011). Determination of phenolic compounds and coumarins in sugar cane spirit aged in different species of wood. *Analytical Letters*, 44(12), 2061-2073.