

Compostos voláteis em cachaças de alambique produzidas por leveduras selecionadas e por fermentação espontânea

¹ Raquel Cristina Fonseca Gonçalves, ¹ Mariana Mendonça Geraime Teodoro, ¹ Ana Maria de Resende Machado, ¹ Fátima de Cássia Oliveira Gomes, ¹ Fernanda Badotti, ² Maria das Graças Cardoso

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Avenida Amazonas 5253, Bairro Nova Suíça, CEP 30.421-169, Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mails: anamrmachado@deii.cefetmg.br, raquelfonseca13@gmail.com, marianageraime@gmail.com, fatimaog@dppg.cefetmg.br, fbadotti@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil. mcardoso@dqi.ufla.br

Resumo: A cachaça de alambique é uma bebida tradicional do Brasil e apreciada em todo o mundo. Atualmente, apenas 1% da cachaça produzida no país é exportada, entretanto, parte dos produtores possuem grande interesse em aumentar tal percentual. Constituída por água e etanol, a cachaça tem causado preocupação por parte dos produtores, visto que diante das novas exigências do mercado, esta bebida alcoólica vem perdendo o seu valor por parte dos consumidores. Uma das barreiras para aumentar a exportação é a variação na composição química da bebida entre safras, ocasionada, dentre outras razões, pelo precário controle do processo fermentativo (dificuldade em atender os padrões internacionais, barreiras técnicas, não tarifárias). A utilização de linhagens selecionadas de *Saccharomyces cerevisiae* no processo de fermentação representa uma alternativa para a obtenção de bebidas com características sensoriais constantes e de qualidade superior. Neste trabalho, foram avaliadas a composição química de cachaças produzidas por fermentação espontânea e por leveduras selecionadas. A concentração dos compostos voláteis das amostras analisadas está de acordo com os limites estabelecidos pela Instrução Normativa 13/2005. As bebidas produzidas por leveduras selecionadas produziram valores inferiores de acidez volátil e menor variação quando comparada àquelas obtidas por fermentação espontânea.

Palavras chave: Fermentação conduzida, *Saccharomyces cerevisiae*, Composição química.

Volatile compounds in alembic cachaças produced by selected yeast strains and by spontaneous fermentation

Abstract: The alembic cachaça is a traditional beverage from Brazil and appreciated throughout the world. Currently, only 1% of the cachaça produced in the country is exported, however, some of the producers have great interest in increasing this percentage. Constituted of water and ethanol, the cachaça has been causing concern on the part of the producers, since before the new exigencies of the market, this alcoholic beverage has lost its value by the consumers. One of the barriers to increase exportation is the variation in the chemical composition between harvests, caused, among other reasons, by the precarious control in the fermentation process (difficulty in meeting international standards, technical barriers, non-tariff barriers). The use of selected strains of *Saccharomyces cerevisiae* as starters in the fermentation process is an alternative for obtaining beverage with constant sensory characteristics and superior quality. In this study we evaluated the chemical composition of cachaças produced by spontaneous fermentation and selected yeasts strains. All samples showed concentrations of volatile compounds within the limits recommended by Normative Instruction 13/2005. The beverages produced by selected strains presented lower values of volatile acidity and lower variation when compared to those produced by spontaneous fermentation.

Keywords: Conducted fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*, Chemical composition.

Introdução

A cachaça de alambique é produzida por pequenos produtores rurais em todas as regiões do Brasil utilizando conhecimentos empíricos que passam de geração para geração (Bogusz et al., 2006 & Badotti et al., 2012). Assim, as bebidas apresentam grandes variações sensoriais entre os lotes produzidos.

Diante das novas exigências do mercado, os produtores vêm se preocupando em agregar valor à bebida, investindo em novas tecnologias, buscando o aperfeiçoamento do controle de qualidade química e sensorial que são fundamentais para que a cachaça se torne um produto menos sujeito a variações, possibilitando uma melhor aceitação por parte dos consumidores e exportadores (Santos, Faria, 2011, Moreira, et al., 2012 & Cardoso, 2013). As exportações de Cachaça em 2016, segundo o Instituto Brasileiro de Cachaça [IBRAC], cresceram 4,62% em valor e 7,87% em volume, totalizando US\$ 13,93 milhões e 8,3 milhões de litros (IBRAC, 2017).

A cachaça é constituída por água e etanol em proporções variáveis. Ainda, centenas de substâncias com funções orgânicas distintas denominadas componentes secundários, fazem parte da sua composição e são determinantes para a qualidade sensorial da bebida. Esses compostos químicos são formados durante as etapas de fermentação, destilação e armazenamento (Nobrega, 2003 & Nascimento et al., 2009). Os álcoois superiores constituem, quantitativamente, o maior grupo de substâncias voláteis nas bebidas destiladas e são formados pela reação de degradação de aminoácidos durante o processo de fermentação. Adicionalmente, as leveduras são capazes de reduzir aldeídos a álcool durante o processo fermentativo (Nykanen, Nykanen, 1991 & Moreira, et al., 2012). Diferentes álcoois superiores podem ser encontrados nas bebidas alcoólicas, como isoamílico (3-metil-1-butanol), propílico (1-propanol), isobutílico (2-metil-1-propanol), butílico (1-butanol), hexanol e 2-feniletanol. Entretanto, o álcool isoamílico é um dos compostos majoritários formado durante a fermentação e, dependendo da bebida, pode perfazer 40 a 70% da fração dos álcoois superiores (Vilela et al., 2007 & Pentead, Masini, 2009).

O metanol é um álcool particularmente indesejável na cachaça. É originado da degradação da pectina, um polissacarídeo presente na cana-de-açúcar. A pectina é constituída por um material polimérico, no qual grande parte dos grupos carboxílicos das unidades de ácidos galacturônicos encontram-se esterificados com metanol. As enzimas pectinametilesterase (PME), pectina metoxilase catalisam a reação de hidrólise dos grupamentos metil-éster presentes nas substâncias pécticas, hidrolisando somente os grupamentos adjacentes a grupos carboxílicos livres. Essas enzimas convertem a pectina em pectato e liberam metanol na bebida. O metanol é considerado um contaminante orgânico para as bebidas alcoólicas e apresenta alta toxicidade para o ser humano (McMahon et al., 2009 & Cardoso, 2013). Além de uma combinação adequada de álcoois superiores, a baixa acidez da cachaça também é importante para a sua qualidade. A acidez elevada nessas bebidas é usualmente atribuída à contaminação do mosto por bactérias lácticas e acéticas (Badotti et al., 2012). O ácido acético é o principal ácido orgânico presente na cachaça e sua concentração varia bastante entre diferentes marcas e lotes, sendo frequentemente responsável por 60 a 95% da acidez total em bebidas (Nykanen, Nykanen, 1991).

Os ésteres representam o maior grupo, em número de compostos da fração volátil. São formados pelas reações entre ácidos e álcoois produzidos durante a fermentação e pela atividade metabólica dos micro-organismos, sendo importantes para o sabor das bebidas (Nóbrega, 2003).

A concentração de compostos voláteis varia significativamente de uma bebida para outra, e essa oscilação pode estar relacionada a diversos fatores, dentre eles os micro-organismos predominantes na etapa de fermentação. Ao longo do processo fermentativo, diferentes espécies de leveduras podem ser isoladas, entretanto *Saccharomyces cerevisiae* é a levedura predominante e responsável pela fermentação alcoólica. A maioria das destilarias utiliza fermentação espontânea para iniciar o processo de produção da cachaça. Nesse sistema, o caldo de cana-de-açúcar é deixado à temperatura ambiente até que as leveduras

indígenas, provenientes do ambiente e do substrato, atinjam altas concentrações. Essas linhagens apresentam características fisiológicas e genéticas variadas, que influenciam na formação de compostos químicos e por consequência, no sabor da bebida. Processos fermentativos não controlados tendem a originar cachaças de baixa qualidade e de composição extremamente variada ao longo do período de produção (Badotti et al., 2012).

Uma estratégia que vêm sendo amplamente utilizada pela indústria de bebidas alcoólicas para aumentar a concentração de compostos desejáveis e prevenir a formação de substâncias indesejáveis é o emprego de leveduras selecionadas para conduzir a fermentação (Capece et al., 2010). Essas linhagens são usualmente isoladas do ambiente fermentativo com base em critérios como alta capacidade fermentativa e resistência a condições de estresse. Dessa forma, o uso de linhagens de *S. cerevisiae* no processo de produção de cachaça tem melhorado a qualidade da bebida em muitos alambiques. As características desejáveis incluem fermentação rápida e eficiente, tolerância ao estresse presente nas dornas, fermentação completa do substrato, alta captação e consumo de açúcar, baixa produção de ácido acético, formação de compostos desejáveis, produção eficiente de etanol e menores variações no sabor da bebida (Gomes et al., 2007 & Soares et al., 2011).

Neste trabalho foram quantificados os ácidos voláteis, ésteres e álcoois superiores de cachaças de alambique produzidas com inóculo de leveduras selecionadas e a partir de fermentações espontâneas. Os dados provenientes das análises físico-químicas e cromatográficas foram confrontados com os limites estabelecidos pela legislação em vigor, com o objetivo de avaliar a conformidade e a qualidade das cachaças obtidas a partir de linhagens selecionadas.

Material e métodos

Linhagens de leveduras e fermentação em escala de destilaria

Linhagens de *S. cerevisiae* isoladas em trabalho prévio (Badotti et al., 2010) foram utilizadas para conduzir o processo de

fermentação para a produção de cachaça em duas destilarias de Minas Gerais (denominadas destilarias A e B). Essas destilarias utilizam dornas de aço inox de capacidade de 1000 L e destilador de cobre com capacidade para 1200 L, características comuns na produção de cachaça de alambique. O inóculo usado para iniciar os processos fermentativos foi preparado conforme descrito por Gomes et al. (2007). As linhagens de *S. cerevisiae* foram cultivadas em meio ágar Sabouraud modificado (glicose 2%, peptona 1%, extrato de levedura 0,5% e ágar 2%) a 28 °C durante 48 h. A partir desse crescimento inicial, 1 mL da uma suspensão contendo aproximadamente 1×10^7 células foi usado para inocular frascos com 100 mL de caldo SCY (caldo de cana-de-açúcar 50%, glicose 0,5%, extrato de levedura 0,5% e água destilada 50%). Os frascos foram incubados em agitador horizontal (New Brunswick Scientific) a 150 rpm a 25 ± 1 °C durante 24 h. Após esse período, o pré-inóculo foi transferido para um frasco com 5 L de caldo SCY e incubado à temperatura ambiente (25 ± 3 °C) durante 24 h. Dez litros desse segundo pré-inóculo foram adicionados às dornas. O pré-inóculo foi misturado com 90 L de caldo de cana-de-açúcar a 8 °Brix. Após 24 h, 200 L de caldo de cana-de-açúcar a 10 °Brix foram adicionados às dornas de fermentação. No terceiro dia, mais 300 L de caldo de cana-de-açúcar a 12 °Brix foram adicionados. No quarto dia, 400 L de caldo de cana-de-açúcar a 20 °Brix foram adicionados às dornas contendo a linhagem de levedura selecionada, obtendo o volume final de 1000 L. Após 24 h, o mosto fermentado foi destilado e um novo ciclo de fermentação começou utilizando o mesmo fermento iniciador. Paralelamente, foram produzidas cachaças a partir de fermentação espontânea (fermento caipira). O preparo desse inóculo consistiu na multiplicação da microbiota natural (ou indígena) presente no caldo de cana-de-açúcar. Na primeira etapa, o caldo de cana-de-açúcar foi diluído a teores de açúcares próximos a 5 °Brix e o processo conduzido sob uma intensa aeração. A produção do fermento ocorreu dentro da própria dorna de fermentação e durou aproximadamente sete dias. Após essa etapa, o mesmo protocolo utilizado para linhagens selecionadas foi utilizado. Todo o experimento foi realizado de tal modo que as dornas atingiram a capacidade máxima (1000 L) no mesmo dia, e o mesmo lote do caldo de cana-

de-açúcar foi utilizado para cada processo de fermentação e de destilação. As amostras foram coletadas utilizando frascos de 500 mL estéreis, transportadas ao laboratório em banho de gelo e manipulados dentro de um período máximo de 24 h.

O mosto fermentado foi destilado em alambique de cobre utilizando o sistema de batelada descontínua. Durante a destilação foram separadas três frações do destilado: a cabeça, correspondendo à primeira fração e 5% do volume total; coração, a fração principal, com cerca de 80% do volume; e a fração final, denominada cauda, responsável por 15% do volume final do destilado. Amostras de cachaça provenientes do início, meio e fim (7, 14 e 21 dias respectivamente) dos processos fermentativos foram coletadas e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para posterior análise. Os experimentos foram realizados durante a safra 2011, sendo que duas linhagens selecionadas (LS1 e LS2) e uma fermentação espontânea (FE1) foram avaliadas na destilaria A e a terceira levedura selecionada (LS3), bem como a outra fermentação espontânea (FE2) foi conduzida na destilaria B.

Análise dos compostos químicos

A análise dos compostos voláteis foi realizada nas amostras de cachaças produzidas com 7, 14 e 21 dias após adição dos inóculos provenientes de leveduras selecionadas e de fermentação espontânea.

A determinação quantitativa de acidez volátil e ésteres foi realizada utilizando-se métodos descritos na literatura (Brasil, 2005). Os álcoois foram identificados por cromatografia gasosa (Bogusz et al., 2006) e quantificados por padronização externa através de curva analítica obtida por injeção de soluções padrão em mistura hidroalcoólica a 40 % v/v. Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) do método foram obtidos a partir dos parâmetros estatísticos das curvas analíticas, sendo $LD = 3s/a$ e $LQ = 10s/a$, onde s é o desvio padrão da regressão linear e a o coeficiente angular da reta (Cardeal et al., 2008).

Análise Estatística

As médias dos resultados obtidos foram submetidas à análise de variância, e comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 95% de confiança, utilizando o programa estatístico Sisvar 5.0 (Ferreira, 2008).

Resultados e discussão

As cachaças procedentes de fermentações conduzidas com as leveduras selecionadas apresentaram teor de acidez volátil médio significativamente inferior àquele apresentado por bebidas produzidas por fermentação espontânea. Com relação ao conteúdo de ésteres, as cachaças produzidas a partir de leveduras selecionadas e as obtidas por fermentação espontânea apresentaram concentrações médias de acetato de etila muito próximas, 37,80 e 38,14 mg por 100 mL^{-1} de álcool anidro, respectivamente, sem apresentar diferença significativa ($p \geq 0,05$),

Nenhuma das amostras de cachaça analisadas neste trabalho apresentou concentração de álcoois superiores acima dos limites máximos ($360\text{ mg } 100\text{ mL}^{-1}$ álcool anidro) permitidos pela legislação (Brasil, 2005), sendo que as cachaças produzidas pelos dois processos também não apresentaram diferença significativa quanto aos teores de álcoois. As cachaças produzidas por leveduras selecionadas apresentaram concentrações de 1-propanol inferiores ao limite de detecção, enquanto para as bebidas procedentes de fermentação espontânea foi encontrado valor médio de $0,87\text{ mg } 100\text{ mL}^{-1}$ de álcool anidro. As cachaças produzidas com as leveduras selecionadas e por fermentação espontânea apresentaram, para o 3-metilbutanol, concentrações médias de 80,67 e 76,50 mg 100 mL^{-1} de álcool anidro, respectivamente (Tabela 1).

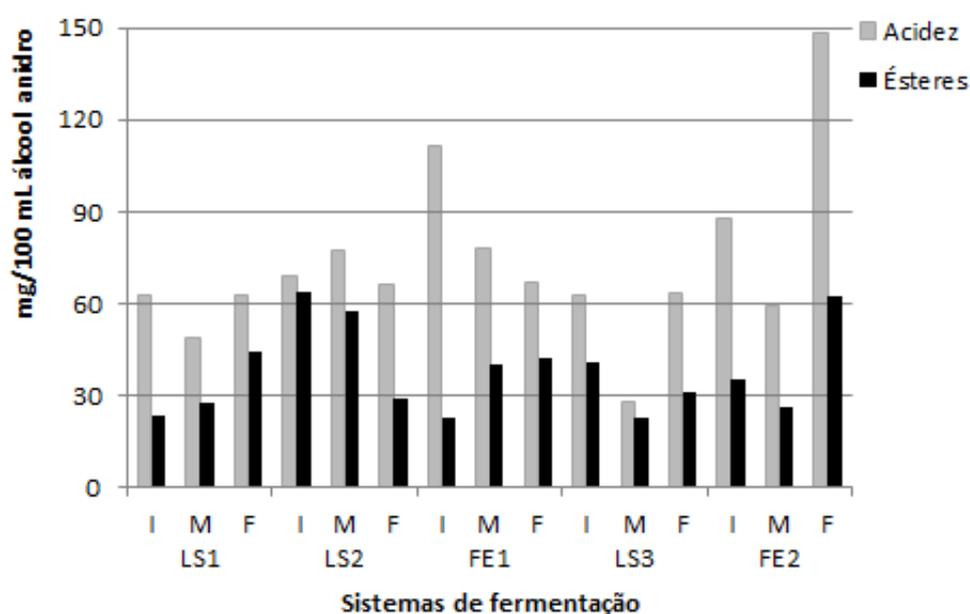
Na Figura 1 são apresentados os teores de acidez volátil e ésteres de cada uma das amostras de cachaça analisadas.

Tabela 1- Valores médios de acidez volátil, ésteres e alcoóis 1-propanol, 1-butanol, 2-butanol, 2-metilpropanol e 3-metilbutanol para as amostras de cachaça procedentes de fermentação espontânea (FE) e de leveduras selecionadas (FS).

Parâmetro	Unidades	Média	
		LS	FE
Acidez volátil, em ácido acético	mg 100 mL ⁻¹ .a.a.	59,99 ^{a*}	92,01 ^b
Ésteres, em acetato de etila	mg 100 mL ⁻¹ a.a.	37,80 ^a	38,14 ^a
1-propanol	mg 100 mL ⁻¹ a.a.	<LD ^{**}	0,87
1-butanol	mg 100 mL ⁻¹ a.a.	<LD	<LD
2-butanol	mg 100 mL ⁻¹ a.a.	<LD	0,12
2-metilpropanol	mg 100 mL ⁻¹ a.a.	26,62 ^a	32,00 ^a
3-metilbutanol	mg 100 mL ⁻¹ a.a.	80,67 ^a	76,50 ^a

*Médias seguidas de mesma letra e na mesma linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ($\alpha = 5\%$). **LD =Limite detecção; LD_{1-propanol} = 0,16; LD_{1-butanol} = 0,008; LD_{2-butanol} =0,025 mg 100 mL⁻¹ de a.a.; a.a. = álcool anidro.

Figura 1 - Acidez volátil e ésteres das cachaças produzidas com leveduras selecionadas (LS) e por fermentação espontânea (FE). LS1, LS2 (leveduras selecionadas, destilaria A), FE1 (fermentação espontânea, destilaria A), LS3 (levedura selecionada, destilaria B), FE2 (fermentação espontânea, destilaria B), I (início do processo fermentativo – 7 dias), M (meio – 14 dias), F (final – 21 dias).



A cachaça produzida utilizando leveduras selecionadas (LS) apresentou picos de acidez no início do processo fermentativo (7 dias) e por fermentação espontânea na destilaria A (FE1) (110 mg 100 mL⁻¹ de álcool anidro) que

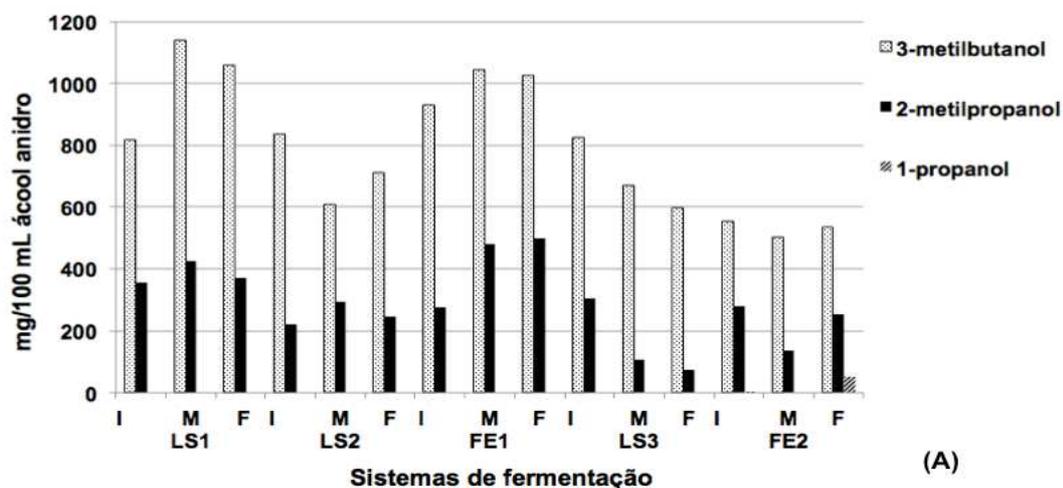
decreceu ao longo do período de fermentação, enquanto na destilaria B (FE2) a maior concentração de ácido para a fermentação espontânea ocorreu no final do processo fermentativo, atingindo valor próximo ao máximo permitido pela Legislação ($150 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ de álcool anidro) (Figura 1). A variação nas concentrações de acidez foi superior nas cachaças produzidas por fermentação espontânea quando comparada com fermentações utilizando leveduras selecionadas. Os valores entre os ciclos fermentativos variaram de 60 a $150 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ de álcool anidro para fermentações espontâneas e de 30 a $70 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ de álcool anidro para fermentações selecionadas. No final do processo fermentativo não foram observadas diferenças entre os valores de acidez em relação as fermentações utilizando linhagens selecionadas. No entanto, considerando as duas fermentações espontâneas, os valores de acidez para FE2 foram bem superiores aos valores encontrados para FE1. Este resultado mostra uma maior estabilidade nos valores finais de acidez nas fermentações conduzidas quando comparadas com fermentações espontâneas. A produção de baixos níveis de acidez volátil é uma característica desejável em cachaças de qualidade. Gomes et al. (2007), compararam por meio de análise sensorial, diferentes tipos de cachaças e mostraram que as bebidas com menor acidez apresentaram maior aceitação. De acordo com Alcarde et al. (2012), a produção de ácido é influenciada pela linhagem de levedura utilizada no processo fermentativo. Esses autores avaliaram a presença de diversos compostos químicos em cachaças obtidas por diferentes leveduras selecionadas e observaram que uma delas produziu maior concentração de acidez volátil. Em fermentação espontânea as concentrações e tipos de micro-organismos variam amplamente, o que favorece a contaminação por bactérias produtoras de ácidos. Por outro lado, as linhagens selecionadas apresentam bom desempenho fermentativo, além de serem adicionadas em altas concentrações, o que reduz a proliferação de bactérias (Badotti et al., 2012). Ainda, a produção de ácido pode afetar a concentração de etanol, e por consequência, o rendimento. Em trabalho prévio, Oliveira et al. (2005), mostraram que altas concentrações de álcool na cachaça estão associadas com baixo

conteúdo de ácido. A acidez elevada em cachaças pode ser atribuída a contaminação da cana-de-açúcar ou do próprio mosto, por bactérias acéticas e outras, fazendo com que parte do substrato possa sofrer fermentação acética, elevando, assim, a acidez e diminuindo o rendimento da produção de etanol.

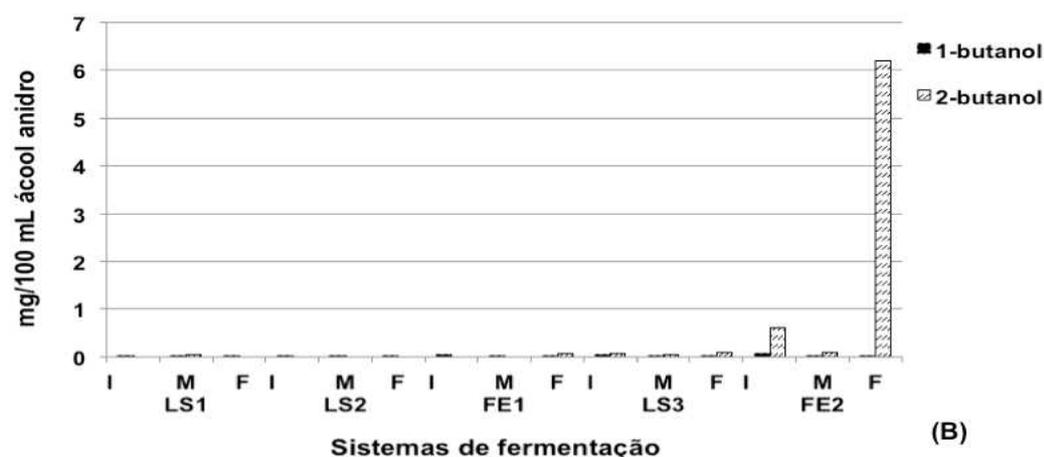
As concentrações de ésteres detectadas para ambas as cachaças estão bem abaixo do valor máximo estabelecido pela legislação em vigor, 200 mg de acetato de etila 100 mL^{-1} de álcool anidro (Figura 1). Marini et al. (2009) e Silva et al. (2009), utilizando linhagens selecionadas para a produção de cachaça em Minas Gerais descreveram valores ainda inferiores aos encontrados neste trabalho. No presente trabalho, o baixo teor de ésteres nestas bebidas provavelmente ocorreu pelo fato de terem sido analisadas amostras recém-distiladas, pois uma importante fonte de ésteres são os processos de maturação e envelhecimento, onde ocorrem as reações de esterificação (Boscolo et al., 2000 & Vichi et al., 2007). Os ésteres são considerados compostos que contribuem de forma positiva para o aroma das bebidas alcoólicas, além disso, apresentam limiares de odor relativamente baixos (Nóbrega, 2003). A fermentação utilizando LS1 apresentou maior teor de ésteres, aumentando do início para o final do processo. Já nas fermentações utilizando LS2 e LS3 o teor de ésteres decresceu ao longo do processo, apresentando LS1 um maior teor deste composto quando comparada com as fermentações conduzidas pelas outras duas linhagens. Em relação as fermentações espontâneas, a fermentação utilizando a linhagem FE1 apresentou teor constante de ésteres, enquanto na fermentação utilizando a linhagem FE2 o teor de ésteres no final do processo aumentou apresentando valores superiores quando comparado a outra fermentação.

A cachaça produzida por FE2 apresentou elevados teores de 1-propanol e 2-butanol em relação às bebidas produzidas por FE1. Já as fermentações selecionadas LS3 apresentou os maiores valores quando comparada com LS1 e LS2 em relação aos mesmos compostos. Todas as amostras avaliadas neste trabalho apresentaram concentração de metanol inferior àquela preconizada como limite pela legislação.

Figura 2 A e B - Álcoois superiores presentes em cachaças produzidas com leveduras selecionadas e fermentação espontânea. LS1, LS2 (leveduras selecionadas, destilaria A), FE1 (fermentação espontânea, destilaria B), LS3 (levedura selecionada, destilaria B), FE2 (fermentação espontânea, destilaria B), I (início do processo fermentativo – 7 dias), M (meio – 14 dias), F (final – 21 dias).



(A)



(B)

A fermentação do caldo de cana-de-açúcar por leveduras *S. cerevisiae* gera etanol como principal produto. Além do etanol, os álcoois superiores são frequentemente encontrados em bebidas destiladas, sendo os representantes majoritários do grupo de compostos secundários. A produção desses compostos parece estar relacionada com o tipo de levedura e as condições utilizadas no processo de fermentação (Vilela et al., 2007). De acordo com a legislação brasileira, a quantificação dos álcoois superiores é realizada pela soma de três álcoois (1-propanol, 2-metilpropanol e 3-metilbutanol), enquanto o 1-butanol e 2-butanol são quantificados separadamente. Esses últimos são provenientes

da atividade metabólica de bactérias acetobutílicas durante o processo de fermentação, sendo compostos indesejados na cachaça (Souza et al., 2009). Dessa forma, devem estar ausentes nas bebidas alcoólicas, ou estar presentes em valores baixos.

Para amostras obtidas de fermentação espontânea, os valores de 1-propanol foram inferiores àqueles reportados por Bogusz et al. (2006) e Penteado e Masini (2009), cuja média foi de 47,27 e 72,81 mg 100 mL⁻¹ de álcool anidro, respectivamente. Boza e Hori (1998) reportaram que a presença do composto em cachaças influi negativamente na qualidade sensorial e pode indicar falhas no processo fermentativo. Dentre os

álcoois superiores analisados nas amostras de cachaças, o 3-metilbutanol foi encontrado em maior concentração (Figura 2A), corroborando com o que usualmente é encontrado em bebidas alcoólicas como vinhos, cerveja, rum, uísque e conhaque. O odor do 3-metilbutanol é influenciado pela concentração, de forma que quantidades elevadas podem tornar as características sensoriais da bebida desagradáveis (Nóbrega, 2003). Serafim et al., 2013 avaliando a composição química de cachaças descreveram concentrações elevadas para 1-propanol, 1-butanol e 2-butanol em relação aos valores encontrados neste trabalho. Já as concentrações dos álcoois 2-metilpropanol e 3-metilbutanol foram similares aos nossos resultados. Os álcoois superiores são conhecidos como “óleo fúsel” e sua produção está relacionada às características genéticas das linhagens de leveduras, bem como, com as condições físico-químicas impostas pela fermentação (Moreira et al., 2012).

Conclusão

Os teores de compostos orgânicos avaliados nas amostras estão em conformidade com o Padrão de Identidade e Qualidade estabelecido pela Legislação Brasileira de Bebidas. O uso de fermento originário de linhagens de leveduras selecionadas promove a produção de cachaça com qualidade química superior em comparação à fermentação espontânea.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais [FAPEMIG] pelo apoio financeiro e às destilarias de cachaça de alambique pelo fornecimento de amostras de cachaça.

Referências

Alcarde, A. R., Monteiro, B. M. D. S., & Belluco, A. E. D. S. (2012). Composição química de aguardentes de cana-de-açúcar fermentadas por

diferentes cepas de levedura *Saccharomyces cerevisiae*. *Química Nova*, 35 (8), 1612-1618.
Badotti, F., Gomes, F. C., & Rosa, C. A. (2012). Brazilian Cachaça. In *Handbook of Plant-Based Fermented Food and Beverage Technology*, (Second Edition, pp. 639-648). CRC Press.

Badotti, F., Belloch, C., Rosa, C. A., Barrio, E., & Querol, A. (2010). Physiological and molecular characterisation of *Saccharomyces cerevisiae* cachaça strains isolated from different geographic regions in Brazil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26 (4), 579-587.

Bogusz Jr., S., Ketzer, D. C. M. U., Gubert, R. U., & Andrades, L. U. (2006). Composição química da cachaça produzida na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. *Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*.

Boscolo, M., Bezerra, C. W., Cardoso, D. R., Lima Neto, B. S., & Franco, D. W. (2000). Identification and dosage by HRGC of minor alcohols and esters in Brazilian sugar-cane spirit. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 11(1), 86-90.

Boza, Y., & Horii, J. (1998). Influência da destilação sobre a composição e a qualidade sensorial da aguardente de cana-de-açúcar. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 18 (4), 391-396.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2005). *Instrução Normativa n. 13, de 29 de junho de 2005*. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça. Brasília: Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil (p. 3, Seção 1).

Capece, A., Romaniello, R., Siesto, G., Pietrafesa, R., Massari, C., Poeta, C., & Romano, P. (2010). Selection of indigenous *Saccharomyces cerevisiae* strains for Nero d'Avola wine and evaluation of selected starter implantation in pilot fermentation. *International journal of food microbiology*, 144 (1), 187-192.

Cardeal, Z. L., De Souza, P. P., Da Silva, M. G., & Marriott, P. J. (2008). Comprehensive two-dimensional gas chromatography for fingerprint pattern recognition in cachaça production. *Talanta*, 74 (4), 793-799.

Cardoso, M. G. (2013). *Produção de aguardente de cana* (3 ed. rev. ampl., 444p). Lavras: Editora UFLA.

- Ferreira, D. F. (2008). SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, 6 (2), 36-41.
- Gomes, F. C. O., Silva, C. L. C., Marini, M. M., Oliveira, E. S., & Rosa, C. A. (2007). Use of selected indigenous *Saccharomyces cerevisiae* strains for the production of the traditional cachaça in Brazil. *Journal of applied microbiology*, 103(6), 2438-2447.
- Instituto Brasileiro da Cachaça Recuperado em 19 de Junho, 2017, de: <http://www.ibraccachacas.org/index.php/noticias/41-cachaca-na-midia>.
- Marini, M. M., Gomes, F. C., Silva, C. L., Cadete, R. M., Badotti, F., Oliveira, E. S., & Rosa, C. A. (2009). The use of selected starter *Saccharomyces cerevisiae* strains to produce traditional and industrial cachaça: a comparative study. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25 (2), 235-242.
- McMahon, D. M., Winstead, S., & Weant, K. A. (2009). Toxic alcohol ingestions: focus on ethylene glycol and methanol. *Advanced emergency nursing journal*, 31 (3), 206-213.
- Moreira, R. F., Netto, C. C., & de Maria, C. A. (2012). A fração volátil das aguardentes de cana produzidas no Brasil. *Química Nova*, 35 (9), 1819-1826.
- Nascimento, E. S., Cardoso, D. R., & Franco, D. W. (2009). Comparação de técnicas de determinação de ésteres em cachaça. *Química Nova*, 32 (9), 2323-2327.
- Nóbrega, I. C. D. C. (2003). Análise dos compostos voláteis da aguardente de cana por concentração dinâmica do "headspace" e cromatografia gasosa-espectrometria de massas. *Ciência Tecnologia de Alimentos*. 23 (2), 210-216.
- Nykanen, L., Nykanen, I. (1991). Distilled beverages. In: Maarse, H. (Ed.) *Volatile compounds in food and beverages* (pp. 548-580). New York: Dekker.
- Oliveira, E. S., Cardello, H. M. A. B., Jeronimo, E. M., Souza, E. L. R., & Serra, G. E. (2005). The influence of different yeasts on the fermentation, composition and sensory quality of cachaça. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21 (5), 707-715.
- Penteado, J. C. P., & Masini, J. C. (2009). Heterogeneidade de álcoois secundários em aguardentes brasileiras de diversas origens e processos de fabricação. *Química Nova*, 32 (5), 1212-1215.
- Santos, V. R., & Faria, J. B. (2011). Efeito da adição de açúcar na qualidade sensorial de cachaça obtida tradicionalmente e redestilada. *Brazilian Journal of Food & Nutrition*, 22 (3).
- Serafim, F.A.T. et al. (2013). Correlation between Chemical Composition and Sensory Properties of Brazilian Sugarcane Spirits (Cachaças). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 24 (6), 973-982.
- Silva, P. H. A. D., Santos, J. D. O., Araújo, L. D., Faria, F. C., Pereira, A. F., Oliveira, V. A. D., & Brandão, R. L. (2009). Avaliação cromatográfica de compostos voláteis de cachaças produzidas com leveduras de diferentes procedências. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29 (1), 100-106.
- Soares, T. L., Silva, C. F., & Schwan, R. F. (2011). Acompanhamento do processo de fermentação para produção de cachaça através de métodos microbiológicos e físico-químicos com diferentes isolados de *Saccharomyces cerevisiae*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 184-187.
- Souza, L. M., Ferreira, K. S., Passoni, L. C., Bevitori, A. B., Melo, K. V., & Viana, A. R. (2009). Teores de compostos orgânicos em cachaças produzidas na região norte fluminense. *Química Nova*, 32 (9), 2304-2309.
- Vichi, S., Santini, C., Natali, N., Riponi, C., Lopez-Tamames, E., & Buxaderas, S. (2007). Volatile and semi-volatile components of oak wood chips analysed by accelerated solvent extraction (ASE) coupled to gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). *Food Chemistry*, 102(4), 1260-1269.
- Vilela, F. J., Cardoso, M. D. G., Masson, J. C. F. D. E. T. D. C., & Anjos, J. P. D. (2007). Determinação das composições físico-químicas de cachaças do sul de Minas Gerais e de suas misturas. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(4), 1089-1094.

Recebido em: 13/09/2014

Aceito em: 24/04/20