

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE SACAROSE NO TEMPO DE FERMENTAÇÃO E NÍVEL DE METANOL NA CACHAÇA ARTESANAL

EVALUATION OF CONCENTRATION OF SACAROSE IN FERMENTATION TIME AND METANOL NOTEBOOK IN ARTISANAL CACHAÇA

ANDERSON DE SOUZA BARU¹, DIOGO ALVES REIS², LUCINÉIA RODRIGUES FERREIRA³, RAYELLE CAROLINE SILVA⁴, ANA PAULAMARQUES DE OLIVEIRA⁵, WILLIAM ARGOLLO SALIBA^{6*}

1. Acadêmico(a) do curso de Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga; 2. Acadêmico(a) do curso de Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga; 3. Acadêmico(a) do curso de Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga; 4. Acadêmico(a) do curso de Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga; 5. Professora do curso de Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga; 6. Professor do curso de Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga.

* Rua Salermo 299, Bairro Bethânia, Ipatinga, Minas Gerais, Brasil. CEP:35164-779. engenhariaquimica@unicaipatinga.com.br

Recebido em 19/12/2018. Aceito para publicação em 05/02/2019

RESUMO

Denomina-se por cachaça, segundo o artigo 92º do Decreto Federal nº 4.851, a aguardente de cana produzida típica e exclusivamente no Brasil, com graduação alcoólica de 38 a 48% (v/v), a vinte graus Celsius, obtida pelo fermento-destilação do mosto de cana-de-açúcar. A análise quantitativa de metanol na cachaça tem sua importância fundamentada nos riscos que este pode oferecer à saúde humana, já que em níveis elevados no organismo, pode causar cegueira e até levar à morte. Neste trabalho, foram realizadas análises com o intuito de verificar a influência da concentração de sacarose do mosto de cana-de-açúcar no tempo de fermentação e no teor final de metanol presente na cachaça artesanal. Objetivou-se, neste estudo, mapear o processo produtivo da cachaça artesanal, a fim de reduzir o teor de metanol no produto final, mantendo-se o grau de etanol dentro dos padrões especificados por lei. A análise do teor de metanol na cachaça artesanal foi realizada através da espectrofotometria visível, sendo analisadas em triplicata, amostras de cachaça produzidas com diferentes concentrações de sacarose no mosto de cana-de-açúcar. Foram selecionadas as seguintes concentrações de sacarose para o estudo: 14, 16, 18, 20 e 22 graus Brix, sendo que no processo convencional de produção utiliza-se a concentração de 16 graus Brix. Após realizada a análise verificou-se que a cachaça artesanal, em todo o intervalo de concentração de sacarose analisado, apresentou teor de metanol inferior a 0,25 mL por 100 mL de álcool anidro, estando assim, dentro dos padrões de qualidade determinado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Concluiu-se, no presente trabalho, que o tempo de fermentação e a concentração de metanol no produto final apresentaram uma variação linear, diretamente proporcional, à concentração de sacarose no mosto de cana-de-açúcar. Sendo que o melhor resultado foi obtido no mosto de concentração de sacarose de 14 graus Brix, assim, o processo convencional não apresentou, conforme este estudo, o melhor resultado. Diante disso, foi possível estabelecer parâmetros de produção fim, de otimizar o processo de fabricação de cachaça artesanal e obter uma melhor eficiência, mantendo-se os padrões de qualidade sensoriais dentro dos limites especificados pela legislação brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: Cachaça, metanol, sacarose, fermentação.

ABSTRACT

It is denominated by cachaça, according to the article 92 of the Federal Decree nº 4.851, the cane spirit produced exclusively and exclusively in Brazil, with alcoholic strength from 38 to 48% (v / v) at twenty degrees Celsius, obtained by yeast-distillation of sugarcane must. The quantitative analysis of methanol in cachaça has its importance based on the risks that this can offer to human health, since at high levels in the body, it can cause blindness and even lead to death. In this study, with the purpose of verifying the influence of the sucrose concentration of the sugarcane in the fermentation time and in the final content of methanol present in artisanal cachaça. The objective of this study was to map the production of artisanal cachaça in order to reduce the methanol content of the product final stage, maintaining the ethanol grade within the standards specified by law. THE analysis of the methanol content in artisanal cachaça was spectrophotometry, being analyzed in triplicate, samples of cachaça produced with different concentrations of sucrose in the sugarcane must, sugar. The following concentrations of sucrose were selected for study: 14, 16, 18, 20 and 22 degrees Brix, in the conventional process of production is used the concentration of 16 degrees Brix After the analysis, It was verified that artisanal cachaça, throughout the concentration range of analyzed, had a methanol content of less than 0.25 mL per 100 mL of anhydrous alcohol, thus being within the quality standards determined by the National Institute of Metrology, Quality and Technology (INMETRO). It was concluded, in the present work, that the fermentation time and the concentration of the methanol in the final product present a linear variation, directly proportional to the concentration of sucrose in the sugarcane sugar. The best result was obtained in the sucrose of 14 degrees Brix, thus, the conventional process did not present, according to this study, the best result. Given this, it was possible to establish production parameters in order to optimize the manufacturing process of artisanal cachaça and to obtain a better efficiency, maintaining the within the limits specified by Brazilian.

KEYWORDS: Sugarcane liquor. Fermentation. Methanol. Sucrose.

1. INTRODUÇÃO

Denomina-se por cachaça, segundo o artigo 92º do Decreto Federal nº 4.851, de 2 de outubro de 2003, a aguardente de cana produzida típica e exclusivamente no Brasil, com graduação alcoólica de 38 a 48% (v/v), a

vinte graus Celsius, obtida pela fermento-destilação do mosto de cana-de-açúcar¹.

Trata-se de uma típica bebida brasileira que teve sua produção iniciada em meados de 1532, com o objetivo de “boicotar” as bebidas portuguesas, que não era de baixo custo, nem tão abundantes. No Brasil Colônia, utilizavam-se de moendas (engenhos de madeira) movidos por animais, escravos e moinhos d’água para se extrair o suco da cana-de-açúcar e então destilá-lo com o uso de alambiques de barro. Em 13 de setembro de 1649, a Ciência do Conselho da Coroa, através da Carta Real, proibiu a fabricação da bebida em toda a Colônia. Diante disso, surgiram inúmeras produções ocultas, que decorreu na liberação da produção anos mais tarde. Em 1761 surgiram às taxações sobre o produto, e os impostos de comercialização da aguardente contribuíram para a reconstrução de Lisboa, que sofria as consequências de um grande terremoto².

Até o ano de 1817, eram obtidos dois tipos de bebida destilada, sendo que uma provinha do caldo de cana fermentado e se chamava aguardente de cana, enquanto a outra era obtida a partir do que restava nas caldeiras dos engenhos e era chamada aguardente de mel ou cachaça. A partir de então, a bebida se transformou em verdadeiro símbolo dos ideais de liberdade junto aos Inconfidentes e outros movimentos revolucionários como o Movimento Modernista de 1922, além de apresentar forte presença em marchinhas, letras de músicas, samba enredos e lares brasileiros. Nos últimos anos, a cachaça vem deixando de ser uma bebida popular e tem ganhado cada vez mais espaço no mercado ganhando força, inclusive, como produto de exportação³.

Segundo a proprietária do local da pesquisa, o processo produtivo da bebida envolve as etapas de colheita, recepção e seleção da matéria prima, moagem, filtração/decantação, diluição, fermentação e destilação do caldo de cana, e posterior envelhecimento (quando este se aplicar)⁴.

A produção artesanal dessa bebida envolve a fermentação, que se caracteriza como um processo biológico no qual se aplica microrganismos fermentativos, principalmente da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, com o objetivo de converter açúcares em energia, produzindo álcool etílico⁵.

Devido ao fato de que poucos alambiques têm um controle rígido de qualidade, a cachaça pode conter níveis superiores de metanol do que regulamenta atualmente a legislação brasileira, através da portaria de nº 276 de 24 de setembro de 2009 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), o qual estabelece a quantidade máxima de metanol em 0,25 mL por 100 mL de álcool anidro⁶.

À análise quantitativa de metanol na cachaça tem sua importância fundamentada nos riscos que este pode oferecer à saúde humana, já que em níveis elevados no organismo, este pode causar cegueira e até levar à morte⁷.

O uso de linhagens selecionadas e os cuidados durante a cadeia produtiva da cachaça são fatores

determinantes, já que as etapas do processo são interdependentes e de importância fundamental na qualidade do produto final⁸.

Neste trabalho, será apresentada uma análise do assunto, abordando, fundamentalmente o efeito da concentração de sacarose no tempo de fermentação e no teor de metanol presente na cachaça de alambique, mapeando o processo produtivo e propondo ajustes na concentração de sacarose afim de reduzir o teor de metanol na cachaça.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A fim de determinar o teor de metanol na cachaça artesanal, foram coletadas amostras do material produzido em um alambique na região Leste de Minas Gerais, antes do armazenamento do mesmo.

O método a ser utilizado na análise do teor de metanol da cachaça artesanal é a Espectrofotometria, um método analítico que se baseia na interação da matéria com a radiação eletromagnética.

A análise foi realizada pelo princípio de que o metanol é oxidado pelo permanganato de potássio para a forma de aldeído, que reage com o sal do ácido cromotrópico para dar uma coloração roxa à amostra, permitindo que a mesma seja medida colorimetricamente.

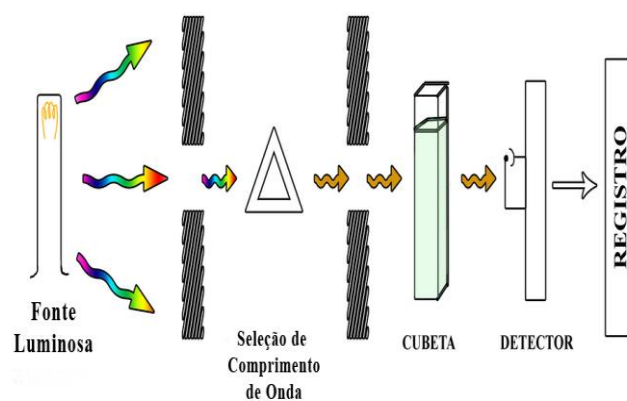


Figura 1. Esquema de Funcionamento do Espectrofotômetro. **Fonte:** Universidade de Guarulhos/2015.

A Figura 1 demonstra o princípio de funcionamento de um espectrofotômetro. Neste, é lançada uma radiação sob a forma de luz, no caso da espectrometria no campo visível geralmente se utiliza lâmpada de filamentos de tungstênio, que passará por um monocromador em forma de prisma para que ocorra a seleção do comprimento de onda que será utilizada durante a análise. A radiação eletromagnética, após sair do monocromador deverá apresentar comprimento de onda entre 400 e 800 nm, por se tratar de espectrofotometria na região do visível.

Então, a radiação será incidida sob a cubeta, recipiente feito de material transparente (plástico, vidro ou quartzo) que contém a amostra. Assim, parte da radiação incidente será absorvida pela amostra,

enquanto a outra parte não absorvida será transmitida e passará por um detector para ser quantificada e registrada. O espectrofotômetro quantifica a luz transmitida sob o dado de transmitância.

Como a análise será realizada com luz monocromática, em baixa concentração e não ocorrerá reação química durante a realização da espectrofotometria, a luz absorvida pela amostra, denominada absorbância, será calculada pela Lei de Lambert-Beer que expressa que a absorbância é diretamente proporcional à concentração do soluto, sendo calculada pelo produto da absorvidade molar pelo caminho óptico percorrido pela radiação e a concentração do soluto de interesse na amostra.

Vidrarias

- Pipetas volumétricas de 1, 2 e 5 mL;
- Pipetaguada de 10 mL;
- Balões volumétricos de 50 mL.

Reagentes e soluções

- Solução de permanganato de potássio a 3%, em solução de ácido fosfórico a 15%, que se obtém diluindo-se 10,5 mL de ácido fosfórico concentrado p.a. (85% e $\rho = 1,69 \text{ g/cm}^3$) em água destilada, acrescentando 3 g de KMnO_4 e avolumando a 100 mL. O permanganato de potássio é colocado em meio ácido, pois as oxidações promovidas por este sal se dão apenas em meio ácido.
- Sulfito de sódio ou bissulfito de sódio sólido p.a. Descolori a solução ao se oxidar reduzindo o permanganato de cor violeta intensa. A coloração violácea interfere nos resultados, visto que a região de absorção do cromóforo gerado no meio é de 575nm.
- Álcool etílico p.a. É usado como matriz e para ajudar a dissolver o ácido cronotrópico.
- Ácido sulfúrico concentrado. Catalisa a reação por protonação do aldeído fórmico e realiza a desidratação dos grupos fenólicos do ácido cronotrópico para a formação do cromóforo.
- Solução de ácido sulfônico a 5%. Reage com o aldeído fórmico gerando o cromóforo que será analisado.

Procedimentos:

- Tomar o destilado da amostra (usado para determinação do grau alcoólico real) e diluir a concentração do álcool para 5-6% em volume.
- Preparar um branco de álcool etílico a 5,5%.
- Preparar uma solução padrão contendo 0,025 % em volume de metanol em solução de álcool etílico a 5,5%.
- Pipetar 1 mL de amostra diluída em balão volumétrico de 50 mL contendo 2 mL de solução de permanganato e ácido fosfórico, esfriando em banho de gelo. Tratar da mesma forma o branco e o padrão de metanol.

- Agitar e deixar em banho de gelo por 30 minutos.
- A seguir, adicionar sulfito de sódio até descolorir a solução.
- Adicionar 1 mL de solução de ácido sulfônico.
- Adicionar lentamente 15 mL de ácido sulfúrico concentrado girando o balão. Colocar em banho-maria a 60-70 °C por 15 minutos.
- Esfriar e completar o volume com água destilada a temperatura ambiente. Calibrar o aparelho a 575 nm com o branco.
- Ler a absorbância da amostra e do padrão.

Cálculos e Expressão dos Resultados:

A Lei de Lambert- Beer é dada por:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c$$

Onde:

A = Absorbância da amostra

ϵ = Absorvidade molar ($\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)

b = caminho óptico (cm)

c = concentração ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)

O teor de metanol é expresso em mL de álcool metílico por 100 mL de álcool anidro, pela fórmula que se segue:

$$C_M = \frac{A \times 2,5 \times F}{A_P \times G_R}$$

Onde:

C_M = Concentração de metanol em mL/100 mL de álcool anidro

A = Absorbância da amostra

F = Fator de diluição do teor alcoólico

A_P = Absorbância do Padrão

G_R = Grau alcoólico real

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cachaça foi produzida em um destilador do laboratório da Faculdade ÚNICA, sendo pré-determinada as concentrações de sacarose em 14, 16, 18, 20 e 22 graus Brix, com tempo de fermentação diferente para cada grau.

Foram feitas as leituras da absorbância das amostras em diferentes concentrações de sacarose, a 575 nm no espectrofotômetro, gerando os seguintes dados:

Tabela 1. Leitura da absorbância das amostras da cabeça da cachaça em diferentes teores de sacarose.

Cabeça					
Teor de sacarose	14°	16°	18°	20°	22°
Absorbância	1,40	1,352	1,33	1,30	1,28

Fonte: Autores.

Tabela 2. Leitura da absorbância das amostras do coração da cachaça em diferentes teores de sacarose.

Coração					
Teor de sacarose	14°	16°	18°	20°	22°
Absorbância	1,999	1,875	1,753	1,620	1,503

Fonte: Autores.

Tabela 3. Leitura da absorbância do branco da amostra

Branco	
Absorbância	1,612

Fonte: Autores

Através dos dados da absorbância das amostras da cabeça e coração da cachaça artesanal, juntamente com o branco da amostra, foi possível calcular o teor de metanol, sendo expresso em mL de álcool metílico por 100 mL de álcool anidro, pela fórmula que se segue:

$$Cm = \frac{A \times 2,5 \times F}{Ap \times Gr}$$

A= Absorbância da amostra = 575

F= Fator de diluição da amostra = 0,00025

Ap= Absorbância da amostra

Gr= Graduação alcoólica

A partir dos resultados pôde-se esboçar os gráficos apresentados nas figuras 2 e 3.

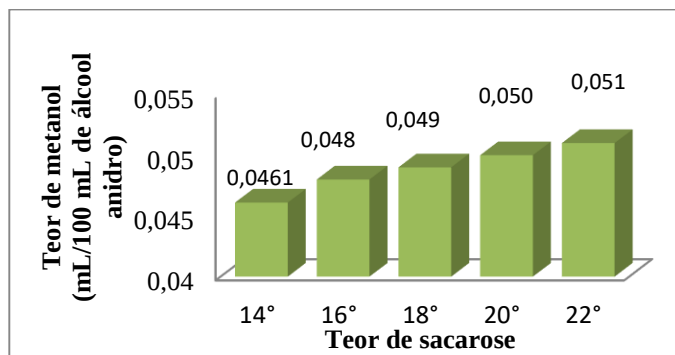


Figura 2. Teor de metanol presente na cabeça da cachaça em diferentes teores de sacarose. Fonte: Autores.

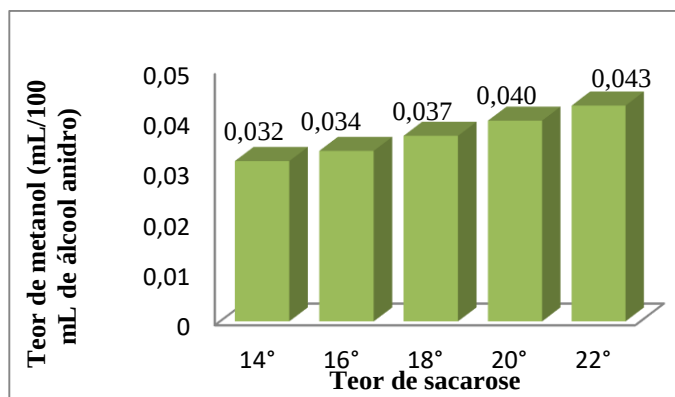


Figura 3. Teor de metanol presente no coração da cachaça em diferentes teores de sacarose. Fonte: Autores.

A variação do tempo de fermentação em relação aos níveis de sacarose do caldo de cana-de-açúcar, também

foi determinada e é apresentada na Figura 4.

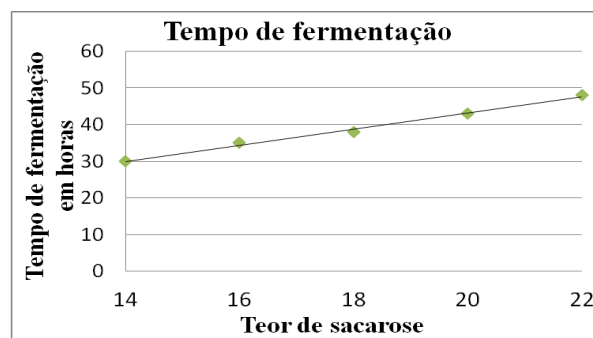


Figura 4. Tempo de fermentação em diferentes teores de sacarose. Fonte: Autores

A equação que expressa a correlação entre tempo de fermentação e teor de sacarose pode ser expresso por:

$$y = 2,2x + 0,8$$

y= Tempo de fermentação em horas

x= Teor de sacarose

Sendo o valor de $r^2 = 0,9938$.

O coeficiente de determinação (r^2) é um modelo estatístico de regressão linear, quanto mais o valor se aproxima de 1, maior é a linearidade da reta, ou seja, o resultado demonstra uma representatividade da equação proposta.

Segundo os dados, o teor de metanol presente na cabeça e no coração da cachaça artesanal teve uma variação linear de acordo com as concentrações de sacarose, apresentando um teor de metanol abaixo de 0,25 mL por 100 mL de álcool anidro, estando dentro dos padrões estabelecidos pelo INMETRO.

O melhor parâmetro foi de 14 graus Brix, pois a menor concentração de açúcar no caldo permitiu um menor teor de metanol, mantendo os padrões de etanol.

Trabalhar com teores mais baixos de sacarose também representa um menor custo ao processo, pois pode-se utilizar um caldo mais diluído. Consequentemente, para mesma quantidade de cana haverá um aumento de produtividade segundo esses parâmetros. Além disso, será produzido em menor tempo.

Entretanto, um grau Brix muito baixo pode comprometer o processo, pois em concentrações pequenas de sacarose não ocorre fermentação.

Desta forma, o valor de 14° Brix se apresenta como um valor ideal de processo, aumentando a eficiência e produtividade.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se, no presente trabalho, que o tempo de fermentação e a concentração de metanol no produto final apresentam uma variação linear, diretamente proporcional, à concentração de sacarose no mosto de cana-de-açúcar. Sendo que o melhor resultado foi obtido

no mosto de concentração de sacarose de 14 graus Brix, assim, o processo convencional não apresentou, conforme estudo o melhor resultado.

Diante disso, foi possível estabelecer parâmetros de produção a fim de otimizar o processo de fabricação de cachaça artesanal e obter uma melhor eficiência, mantendo-se os padrões de qualidade sensoriais dentro dos limites especificados pela legislação brasileira.

REFERÊNCIAS

- [1] Governo Federal Brasileiro. Decreto n.º 4851 de 2 de outubro de 2003. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2003/decreto-4851-2-outubro-2003-497513-publicacaoorigin-al-1-pe.html>>. Acesso em 28 de Março de 2018.
- [2] Instituto Brasileiro de Cachaça (IBRAC). História da cachaça. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.ibrac.net/index.php/ig-cachaca/historia-da-cachaca>> Acesso em: 03 de março de 2018.
- [3] Pinheiro P. Origem, produção e composição química da cachaça. São Paulo, 2002. Química nova na escola. <Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc18/18-A01.pdf>> Acesso em: 04 de março de 2018.
- [4] Ferreira V. Estudo da adequação de critérios de boas práticas de fabricação na avaliação de fábricas de cachaça de alambique. Belo Horizonte, 2005, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.pergamum.univale.br/pergamum/tcc/Estudoadequacaodecritériosdeboaspráticasdefabricacaonaavaliacaodefabricasdecachacadealambique.pdf>>. Acesso em: 13 de Abril de 2018.
- [5] Boza YEAG. Influência da condução da fermentação sobre a composição e a qualidade sensorial da aguardente de cana. Piracicaba, 1996. 143 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611998000400006. Acesso em: 12 de Março de 2018.
- [6] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade (INMETRO). Portaria n.º 276 de 24 de setembro de 2009. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001497.pdf>>. Acesso em: 01 de Abril de 2018.
- [7] Garcia G. Tratamento de caldo e tipos de fermentos sobre os componentes secundários e qualidade da cachaça de alambique. Jaboticabal, 2016. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/137793> Acesso em: 18 de Abril de 2018.
- [8] Oliveira ES. Características fermentativas, formação de compostos voláteis e qualidade da aguardente de cana obtida por linhagens de leveduras isoladas de destilarias artesanais. Campinas, 2001. Faculdade de Engenharia de Alimentos de Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256652/1/Oliveira_EvelynDeSouza_D.pdf> Acesso em: 19 de Abril de 2018.