

APRIMORAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO DA CACHAÇA ARTESANAL DE AÇÚCAR MASCADO

IMPROVEMENT OF THE PRODUCTION PROCESS OF ARTISANAL BROWN SUGAR CACHAÇA

Larissa Medeiros Kleis Guimarães, Giovanna dos Santos Meles, Maria Eduarda Santos Pouza, Leticia da Silva Santos, Nelize Maria de Almeida Coelho, Vitor da Silva Rosa

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Química

E-mail para contato: larissagkm@gmail.com

RESUMO – A cachaça é uma aguardente de cana-de-açúcar exclusiva do Brasil. Sua produção envolve várias etapas que precisam ser monitoradas para garantir a qualidade e a conformidade com a legislação, muitos produtores ainda adotam práticas empíricas, especialmente na produção artesanal. Este estudo teve como objetivo avaliar a cadeia produtiva da cachaça artesanal feita com açúcar mascado em escala laboratorial. Analisou-se a influência de fatores como a concentração de Brix, a quantidade de levedura e o tempo de fermentação na produção de etanol. O processo de preparação envolveu a mistura de água desmineralizada, açúcar mascado, leveduras, tomates e limões, seguida de fermentação e destilação em alambique de cobre. A análise revelou uma correlação entre as três variáveis investigadas: Brix, quantidade de levedura e dias de fermentação. Observou-se que em alguns ensaios foram necessários menos tempo para que o Brix do vinho alcançasse 0, sugerindo a completa conversão do açúcar em etanol, com certas quantidades de levedura. À medida que o Brix aumentou, foi necessário um tempo de fermentação mais prolongado e uma quantidade maior de leveduras para garantir o consumo completo da sacarose. Esse processo resultou em um aumento do volume de coração, especialmente em níveis elevados de Brix. Essas descobertas trouxeram descobertas importantes para a prática de produção da cachaça artesanal, contribuindo para a padronização dos processos.

Palavras-chaves: cachaça, destilação, caldo-de-cana, fermentação, artesanal

ABSTRACT - Cachaça is a sugar cane spirit unique to Brazil. Its production involves several stages that need to be monitored to ensure quality and compliance with legislation, many producers still adopt empirical practices, especially in artisanal production. This study aimed to evaluate the production chain of artisanal cachaça made with brown sugar on a laboratory scale. The influence of factors such as Brix concentration, the amount of yeast and fermentation time on ethanol production was analyzed. The preparation process involved mixing demineralized water, brown sugar, yeast, tomatoes and lemons, followed by fermentation and distillation in a copper still. The analysis revealed a correlation between the three variables investigated: Brix, amount of yeast and fermentation days. It was observed that in some trials it took less time for the Brix of the wine to reach 0, suggesting the complete conversion of sugar into ethanol with certain amounts of yeast. As the Brix increased, a longer fermentation time and a greater amount of yeast were required to ensure complete consumption of the sucrose. This process resulted in an increase in heart volume, especially at high Brix levels. These

findings brought important discoveries to the practice of producing artisanal cachaça, contributing to the standardization of processes.

Keywords: cachaça, distillation, sugarcane juice, fermentation, artisanal

1. INTRODUÇÃO

A cachaça, por definição, é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana-de-açúcar produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% a 48% em volume, medida a 20 °C. Este destilado é obtido pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana, podendo ser adicionado de açúcares até 6 g L⁻¹ (Brasil, 2009). O processo de produção da cachaça envolve várias etapas que necessitam ser monitoradas continuamente para garantir a qualidade e a padronização das especificações, atendendo tanto à legislação quanto à satisfação dos consumidores (Silva et al., 2020; Samed & Banks, 2017). O processo de destilação pode ser realizado em colunas contínuas ou alambiques intermitentes, sendo a monodestilação, o método tradicional mais utilizado (Silva et al., 2020). A qualidade sensorial da aguardente é determinada principalmente pela composição de sua fração volátil, que inclui álcoois, ésteres, aldeídos e ácidos, além de outros compostos secundários formados durante a fermentação (Moreira et al., 2012).

No setor de produção de cachaça, observa-se que muitos produtores ainda adotam práticas empíricas, evidenciadas pela falta de mecanismos técnicos ou de padronização desde a captação da matéria-prima até a comercialização do produto (Attia & Essam Eldin, 2018; Coutinho et al., 2012; Barbosa et al., 2016). A indústria passou a buscar uma maior qualidade e melhorar o seu processo, para assim atender a demandas de alta exigência das exportações com relação a componentes voláteis, formados durante a fermentação do mosto ou por contaminação externa. Entre os componentes que podem prejudicar a saúde em níveis altos estão o metanol, álcoois butílicos, acroleína, carbamato de etila e metais como cobre. A acroleína, um do componente prejudicial pode ser formado pela contaminação de uma bactéria, já que ela consegue converter o glicerol, nas condições em quem que o mosto é fermentado (Gabriela Fontes Alvarenga et al., 2023). Outro componente é o carbamato de etila que possui propriedades cancerígenas, na legislação o máximo permitido passou a ser 210 µg/L, ele pode ser formado em diferentes etapas da produção da cachaça, na destilação ela é formada pela alta temperatura, por mais que

em pequena quantidade o consumo contínuo aumentar o risco de contaminação, formas de minimizar é a destilação contínua e o engarrafamento (Bortoletto and Alcarde 2016; Silva et al.,2020).

A utilização de destiladores de cobre ou aço inoxidável influenciam na composição química da cachaça, os compostos pelo material de aço apresentam uma maior uniformidade química e possibilidade de reprodução, possibilitando uma padronização, seu destilado apresenta odores e gosto não agradáveis, assim causando preferência pelo destilador de cobre que apresenta uma maior variação de composição química, já que o cobre reage com os componentes presente no que será destilado, atuando como catalizador formando diversos compostos, que forma os aromas e sabor mais característicos e agradáveis, quanto componentes que são indesejados em alta quantidade, sendo necessário uma padronização que mantenha os aspectos aromáticos da cachaça(F. A. T. Serafim et al 2015; de Oliveira Moraes, 2021).

O objetivo geral avaliar a cadeia produtiva da cachaça artesanal de açúcar mascavo em escala laboratorial. De maneira específica, busca-se analisar a influência de diversos fatores, tais como a concentração de Brix no mosto, a quantidade de levedura e o tempo de fermentação, na produção de etanol.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa experimental teve como variáveis a concentração de Brix do mosto (10°, 15°, 20°), a quantidade de leveduras (1 g/L, 2 g/L, 3 g/L) e o tempo de fermentação (9, 12, 15, 21 dias). As variáveis de resposta foram o Brix do vinho, o volume de coração obtido e o rendimento. A preparação e destilação da cachaça envolveram diversos materiais. Para a preparação do mosto (produto a ser destilado), foram utilizados açúcar mascavo, água desmineralizada e leveduras, além de tomates e limões, que ajudaram a nutrir as leveduras e manter a acidez. A fase inicial foi realizada em uma panela de aço inoxidável. Posteriormente a mistura foi transferida para um fermentador equipado com um air lock e, por fim, foi destilada em um alambique de cobre. Além desses equipamentos, foram utilizados auxiliares, como sacarímetro, refratômetro, alcoômetro de Gay-Lussac e termômetro digital.

O preparo começou com um recipiente, onde foram colocados 9 litros de água desmineralizada. O açúcar foi adicionado até atingir o Brix desejado, verificado com o refratômetro. A mistura foi levada ao fogo e, com o auxílio do termômetro, foi mexida até

alcançar a temperatura de 40°C. Após desligar o fogo, aguardou-se que a temperatura ficasse entre 37°C e 38°C. Enquanto isso, a pele do tomate foi retirada, cortada e suas sementes removidas. O tomate picado foi colocado em um Becker e amassado até formar uma massa. Após o mosto atingir a temperatura desejada, foram adicionados 3 litros a cada fermentador. O tomate foi pesado, separando 50 g para cada fermentador. O limão foi cortado e uma metade espremida em cada fermentador. Por fim, as leveduras foram pesadas e adicionadas, e os fermentadores foram lacrados.

Após a fermentação, ao abrir o fermentador foi obtido o vinho (produto da fermentação). Com o auxílio de uma peneira, foram retirados os resíduos de tomate e o vinho foi filtrado para separá-lo do pé de cuba (mistura residual sólida de leveduras e nutrientes). O vinho foi adicionado ao alambique de cobre (previamente limpo) e a destilação foi iniciada. A destilação foi monitorada em função dos cortes da cabeça, coração e cauda. Para as cachaças produzidas com açúcar mascavo, o corte de cabeça (fração leve do destilado que contém metanol e cetonas) foi realizado com 2% do volume do vinho alimentado no alambique. A coleta do coração foi realizada com o auxílio do alcoômetro até que este atingisse 38°GL. Por fim, o GL médio do coração foi medido e o produto foi engarrafado. Não foi necessário realizar o corte da cauda, uma vez que o produto de interesse (etanol) estava contido no coração. A vinhaça (produto residual do alambique) foi descartada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pôde-se perceber pela Tabela 1 e 2 que as 3 variáveis estavam correlacionadas, uma vez que, dependendo do Brix, da quantidade de fermento e dos dias de fermentação, obteve-se uma maior quantidade de coração e um maior rendimento (calculado a partir da relação entre volume do coração em mL por volume de vinho em mL). Além disso, quando os fermentadores foram abertos, notou-se uma diferença significativa em relação à cor e viscosidade, conforme mostrado nas figuras 1 e 2.

Nos resultados obtidos na Tabela 1, percebeu-se que os ensaios com Brix de 10° precisaram de menos tempo para que o Brix do vinho chegasse a 0, indicando que o açúcar foi totalmente consumido e convertido em etanol, com a quantidade de levedura variando de 2 g/L a 3 g/L. Por outro lado, nos ensaios com Brix de 20°, notou-se que foi necessário um tempo maior e uma maior quantidade de levedura para que o açúcar fosse totalmente consumido e transformado em etanol. Assim como na Tabela 2 percebemos essas mesmas características, entretanto com variações de rendimento já que há fatores humanos envolvidos.

Nas figuras 3, 4 e 5 percebemos com mais facilidade a relação entre as nossas variáveis, nas figuras 3 percebe-se um comportamento proporcional, quanto aumentado o brix e quantidade de leveduras maior era o rendimento do obtidos, assim como na figura 5. Na figura 4 a relação entre as variáveis não se comporta de forma proporcional, mas percebe-se uma nos pontos de levedura 1g/L a uma proporcionalidade com os dias, que causa um aumento do rendimento, já nos pontos de leveduras 2 e 3g/L percebe-se uma aproximação entre os dias 18e 21 e 12 e 15 no rendimento e no final mostra uma aproximação do rendimento em relação as variáveis.

Figura 1: Diferença de coloração Ensaio 31(A) e 41(B)

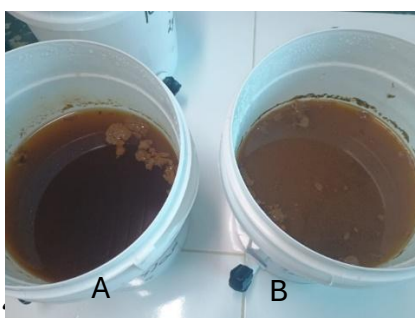


Figura 2: Diferença de coloração Ensaio 17(C); 22(B) e 27(A)



Tabela 1: Resultados obtidos da primeira bateria

Ensaio	Brix do mosto (°)	Leveduras(g/L)	Tempo de fermentação (Dias)	Brix vinho (°)	Volume de Coração (ml)	Rendimento
1	10	1	9	2	13	0,005
2	10	1	12	2	150	0,055
3	10	1	15	0	39	0,014
4	10	1	18	0	82	0,030
5	10	1	21	0	116	0,042
6	10	2	9	0	132	0,048

7	10	2	12	0	164	0,059
8	10	2	15	0	90	0,033
9	10	2	18	0	98	0,036
10	10	2	21	0	126	0,044
11	10	3	9	0	122	0,044
12	10	3	12	0	144	0,057
13	10	3	15	0	114	0,041
14	10	3	18	0	118	0,043
15	10	3	21	0	152	0,054
16	15	1	9	-	172	0,057
17	15	1	12	-	200	0,076
18	15	1	15	4,2	112	0,041
19	15	1	18	0	286	0,101
20	15	1	21	0	416	0,150
21	15	2	9	-	135	0,046
22	15	2	12	-	320	0,115
23	15	2	15	0	306	0,112
24	15	2	18	0	304	0,109
25	15	2	21	0	362	0,129
26	15	3	9	-	360	0,133
27	15	3	12	-	285	0,106
28	15	3	15	0	312	0,114
29	15	3	18	0	288	0,106
30	15	3	21	0	370	0,130
31	20	1	9	14	9	0,003
32	20	1	12	11	122	0,046
33	20	1	15	11	84	0,030
34	20	1	18	4,2	318	0,114
35	20	1	21	3,4	362	0,124
36	20	2	9	9,4	150	0,056
37	20	2	12	6,8	298	0,109
38	20	2	15	5,6	310	0,107
39	20	2	18	0	450	0,160

40	20	2	21	0	466	0,165
41	20	3	9	1,8	400	0,147
42	20	3	12	-	445	0,159
43	20	3	15	1	440	0,154
44	20	3	18	0	500	0,174
45	20	3	21	0	538	0,189

Tabela 2: Resultados obtidos da segunda bateria

Ensaio	Brix do mosto (°)	Leveduras(g/L)	Tempo de fermentação (Dias)	Brix vinho (°)	Volume de Coração (ml)	Rendimento
1	10	1	9	2	88	0,032
2	10	1	12	3,9	0	0,000
3	10	1	15	0	87	0,033
4	10	1	18	0	128	0,045
5	10	1	21	0	84	0,030
6	10	2	9	0	136	0,050
7	10	2	12	0	84	0,029
8	10	2	15	0	120	0,044
9	10	2	18	0	138	0,050
10	10	2	21	0	118	0,042
11	10	3	9	0	150	0,054
12	10	3	12	0	140	0,049
13	10	3	15	0	118	0,044
14	10	3	18	0	122	0,045
15	10	3	21	0	115	0,042
16	15	1	9	1	265	0,092
17	15	1	12	0	251	0,090
18	15	1	15	0	314	0,119
19	15	1	18	0	328	0,118
20	15	1	21	0	314	0,112
21	15	2	9	0	308	0,114
22	15	2	12	0	300	0,113
23	15	2	15	0	362	0,131
24	15	2	18	0	438	0,156
25	15	2	21	0	352	0,125

26	15	3	9	0	398	0,150
27	15	3	12	0	376	0,138
28	15	3	15	0	364	0,136
29	15	3	18	0	380	0,135
30	15	3	21	0	328	0,121
31	20	1	9	8,1	220	0,081
32	20	1	12	5,7	302	0,113
33	20	1	15	5,7	250	0,087
34	20	1	18	3,3	314	0,113
35	20	1	21	1,8	330	0,116
36	20	2	9	4,2	380	0,133
37	20	2	12	0,2	398	0,141
38	20	2	15	1	418	0,146
39	20	2	18	0	462	0,163
40	20	2	21	0	476	0,168
41	20	3	9	0	432	0,159
42	20	3	12	0	412	0,144
43	20	3	15	0	440	0,160
44	20	3	18	0	460	0,165
45	20	3	21	0	464	0,168

Figura 3: Gráfico do rendimento pelo Brix X Levedura

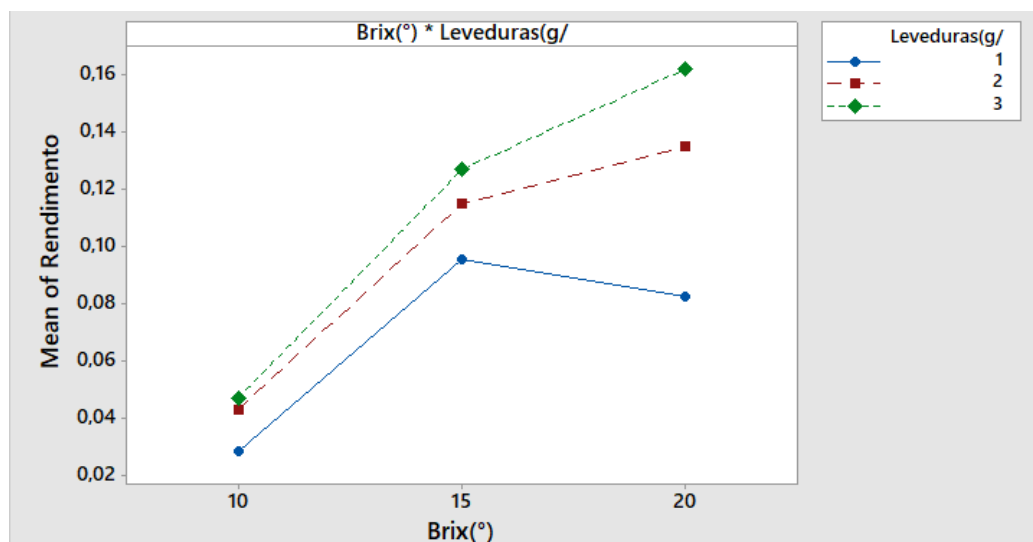


Figura 4: Gráfico do rendimento pela Levedura X Dias

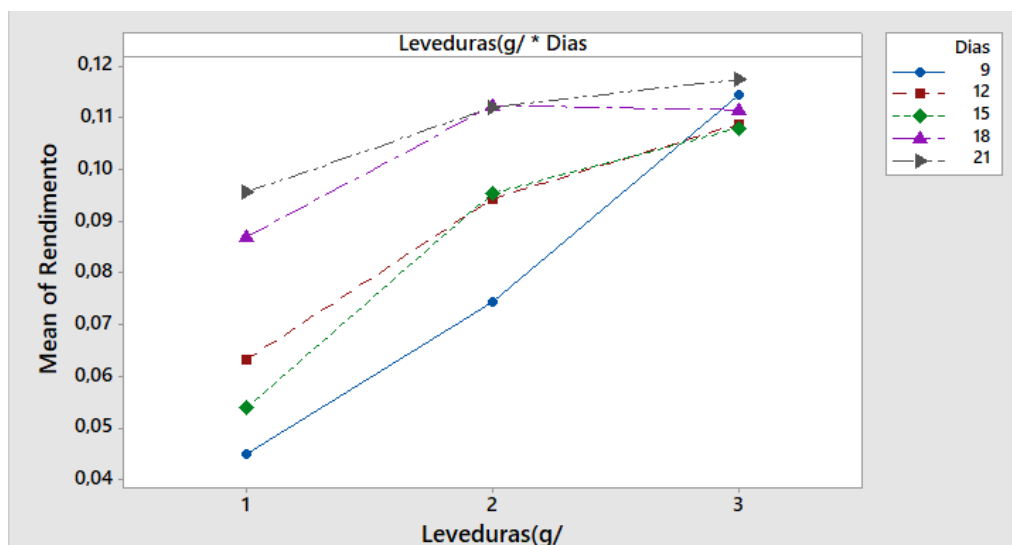
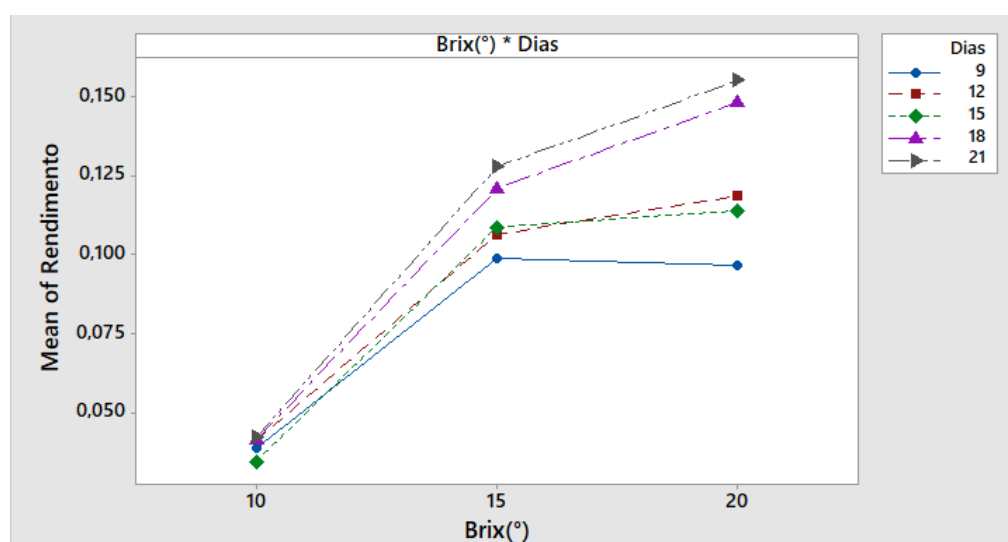


Figura 5: Gráfico do rendimento pelo Brix X Dias



CONCLUSÃO

Visualizou-se que a quantidade de leveduras e o tempo tinham relação com o Brix, pois quanto maior o Brix, maior deveria ser o tempo de fermentação e a quantidade de leveduras, para que o consumo da sacarose fosse total. Assim, obteve-se um maior volume de coração, especialmente com o alto Brix. O rendimento também foi dependente desses fatores, já que do vinho obtido foi retirada somente uma parte. Nas figuras contendo os gráficos fica evidente a relação das nossas variáveis no rendimento mostrado na figura 4 percebe-se que em determinados pontos independe delas o rendimento é igual ou parecido e no máximo de leveduras que utilizados a aproximação do rendimento é evidente mostrando que dependente da quantidade de dias avaliados haverá um bom rendimento. Para que se tenha uma produção de cachaça artesanal com um bom rendimento em um

curto período a melhor opção seria fazer a produção com brix 20°, com leveduras em 3g/Le em 9 dias, por mais que já uma limitação da na figura 1 com relação ao ponto de 9 dias entre brix 15° e 20° a combinação com os 3g/L de levedura potencializa a transformação do açúcar em álcool.

4. REFERÊNCIAS

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2005a, junho 30). Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça (Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005). Diário Oficial da União, Brasília, seção 1

Moreira, R. F. A., Neto, C. C., & Maria, C. A. B. (2012). A fração volátil das aguardentes de cana produzidas no Brasil. Química Nova, 35(9), 1819-1826

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009, junho 21). Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas (Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília

Silva, A. P., Silvello, G. C., Bortoletto, A. M., & Alcarde, A. R. (2020). Chemical composition of sugar cane spirit produced from different distillation methods. Brazilian Journal of Food Technology, 23, e2018308. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.30818>

Samed, M. M. A., & Banks, I. S. (2017). Análise dos requisitos da norma ABNT ISO 9001:2015 em relação à norma ABNT ISO 9001:2008. In Anais do XXXVII Enegep, Joinville.

Coutinho, E. P., Ramos, Z. N. S., Alves, A. S., & Oliveira, R. E. S. (2012). Boas práticas de fabricação de cachaça de alambique: Visão técnica versus empresarial. Journal of Health Sciences, 14(3), 165-170. Recuperado em 13 de setembro de 2020, de <https://revista.pgsskroton.com/index.php/JHealthSci/article/view/930/894>

Attia, A., & Essam Eldin, I. (2018). Organizational learning, knowledge management capability and supply chain management practices in the Saudi food industry. Journal of Knowledge Management, 22(6), 1217. <http://dx.doi.org/10.1108/JKM09-2017-0409>

Barbosa, E. A., Souza, M. T., Diniz, R. H. S., Godoy-Santos, F., Faria-Oliveira, F., Correa, L. F. M., Alvarez, F., Coutrim, M. X., Afonso, R. J. C. F., Castro, I. M., & Brandão, R. L. (2016). Quality improvement and geographical indication of cachaça (Brazilian spirit) by using locally selected yeast strains. Journal of Applied Microbiology, 121(4), 1217. <http://dx.doi.org/10.1111/jam.13216>

BORTOLETTO, Aline; ALCARDE, André. Assessment of Ethyl Carbamate Contamination in Cachaça (Brazilian Sugar Cane Spirit). Beverages, v. 2, n. 4, p. 28, 2016.

GABRIELA FONTES ALVARENGA; MARIA, Ana; RICHARD BISPO BARBOSA; 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.

SILVA, João Henrique do Nascimento e; VERRUMA-BERNARDI, Marta Regina; OLIVEIRA, Alessandra Lopes de. Cachaça Production in Brazil and its Main Contaminant (Ethyl Carbamate). *Scientia Agricola*, v. 77, n. 2020, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sa/a/b3w9bfzf8LcLyz8Knc7YRhM/?lang=en>>.

DE OLIVEIRA MORAES, Iracema. *Biotechnologia industrial*. 2a. ed. [s.l.]: Editora Blucher, 2021.

F. A. T. SERAFIM; RECHE, R V; FRANCO, D W. Chemical Typification of the Sugarcane Spirits Produced in São Paulo State. *Journal of Food Science*, v. 80, n. 10, 2015.