



ESTUDO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOIS SUPERIORES POR LEVEDURAS EM “LOW WINES” DE MELÃO AMARELO

ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOLES SUPERIORES POR LEVADURAS EN “VINOS BAJOS” DE MELÓN AMARILLO

STUDY OF THE PRODUCTION OF HIGHER ALCOHOLS BY YEAST IN “LOW WINES” OF YELLOW MELON

Tiago José da Silva Coelho¹; Gilsandro Alves da Costa²; Fernando Almeida Santos³ Robson Rogério Pessoa Coelho⁴; Solange de Sousa⁵

DOI :<https://doi.org/10.31692/IICIAGRO.0283>

RESUMO

A cadeia produtiva do melão tem importância econômica e alimentar para o semiárido brasileiro. No entanto, às exigências para atender os padrões de exportação, associada às condições de cultivo, contribuem para os excedentes da produção, que podem ser utilizados para elaboração de aguardentes como alternativa para redução do desperdício no campo. Porém, deve-se atentar para produção dos álcoois superiores, um produto do metabolismo das leveduras, influenciado pelo pH, nitrogênio, e tipo de cepa. Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho estudar a produção de álcoois superiores por duas leveduras em “*low wines*” de melão amarelo, obtidos de mostos adicionados de fosfato de amônio e pH corrigido. Os álcoois superiores foram determinados por meio da reação colorimétrica com o p-dimetilaminobenzaldeído (DMAB), seguido da acidificação da amostra com ácido sulfúrico concentrado. Determinou-se a concentração desses álcoois por meio da construção de curvas padrão de solução analítica de álcoois superiores 1:1 (água / etanol). A levedura CA-11 produziu “*low wines*” com menores teores de álcool superior em mosto suplementado com fosfato de amônio sem correção do pH. Ao passo que a levedura de panificação contribuiu para os maiores valores de etanol no mosto com pH corrigido. A correção do pH do mosto influenciou o comportamento das leveduras, e apresentou maiores valores de álcoois superiores para a levedura CA-11, comparada com a levedura de panificação, demonstrando que a correção do pH para levedura CA-11 contribuiu para o aumento dos álcoois superiores na fermentação. Com isso, conclui-se que a levedura CA-11 é indicada para produção de destilado de melão, por apresentar menores teores de álcoois superiores em mosto fermentado com fosfato de amônio, sem correção do pH.

Palavras-Chave: Fosfato de amônio, p-dimetilaminobenzaldeído, pH, melão.

RESUMEN

La cadena productiva del melón tiene importancia económica y alimentaria para el semiárido brasileño. Sin embargo, los requisitos para cumplir con los estándares de exportación, asociados a las condiciones de cultivo, contribuyen a los excedentes de producción, que pueden ser utilizados para elaborar aguardientes como una alternativa para reducir los desperdicios en el campo. Sin embargo, se debe prestar atención a la producción de alcoholes superiores, producto del metabolismo de la levadura,

¹ Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal da Paraíba, tjcoelho23@gmail.com.

² Professor Dr., Universidade Federal da Paraíba, gilsandrocosta@cchsa.ufpb.br

³ Professor Dr., Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, fernandoasantos7@gmail.com

⁴ Professor Dr., Universidade Federal do Rio Grande do Norte, robcoe@bol.com.br

⁵ Professora Dra., Universidade Federal da Paraíba, solange_ufpb@yahoo.com.br

influenciado por el pH, el nitrógeno y el tipo de cepa. En vista de lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estudiar la producción de alcoholes superiores por dos levaduras en “vinos bajos” de melón amarillo, obtenidos a partir de mostos adicionados con fosfato amónico y pH corregido. Los alcoholes superiores se determinaron por reacción colorimétrica con p-dimetilaminobenzaldehído (DMAB), seguida de acidificación de la muestra con ácido sulfúrico concentrado. La concentración de estos alcoholes se determinó mediante la construcción de curvas estándar de solución analítica de alcoholes superiores 1:1 (agua/etanol). La levadura CA-11 produjo “vinos bajos” con niveles más bajos de alcohol más alto en mosto suplementado con fosfato de amonio sin corrección de pH. Mientras que la levadura de panadería contribuyó a los mayores valores de etanol en el mosto con pH corregido. La corrección del pH del mosto influyó en el comportamiento de las levaduras, y presentó valores superiores de alcoholes superiores para la levadura CA-11, en comparación con la levadura de panadería, demostrando que la corrección del pH para la levadura CA-11 contribuyó al aumento de alcoholes superiores en fermentación. Así, se concluye que la levadura CA-11 es indicada para la elaboración de destilado de melón, ya que presenta menores niveles de alcoholes superiores en mosto fermentado con fosfato de amonio, sin corrección de pH.

Palabras clave: Fosfato de amonio, p-dimetilaminobenzaldehído, pH, melón.

ABSTRACT

The melon production chain has economic and food importance for the Brazilian semi-arid region. However, the requirements to meet export standards, associated with cultivation conditions, contribute to production surpluses, which can be used to make brandies as an alternative to reduce waste in the field. However, attention should be paid to the production of higher alcohols, a product of yeast metabolism, influenced by pH, nitrogen, and strain type. In view of the above, the objective of this work was to study the production of higher alcohols by two yeasts in yellow melon "low wines", obtained from musts added with ammonium phosphate and corrected pH. Higher alcohols were determined by colorimetric reaction with p-dimethylaminobenzaldehyde (DMAB), followed by acidification of the sample with concentrated sulfuric acid. The concentration of these alcohols was determined by means of the construction of standard curves of analytical solution of higher alcohols 1:1 (water / ethanol). The CA-11 yeast produced “low wines” with lower levels of higher alcohol in must supplemented with ammonium phosphate without pH correction. While the baker's yeast contributed to the highest ethanol values in the must with pH corrected. The correction of the must pH influenced the behavior of the yeasts, and presented higher values of higher alcohols for the CA-11 yeast, compared to the baker's yeast, demonstrating that the pH correction for the CA-11 yeast contributed to the increase of alcohols superior in fermentation. Thus, it is concluded that the CA-11 yeast is indicated for the production of melon distillate, as it has lower levels of higher alcohols in must fermented with ammonium phosphate, without pH correction.

Keywords: Ammonium phosphate, p-dimethylaminobenzaldehyde, pH, melon.

INTRODUÇÃO

A produção brasileira de melão encontra-se 95% na região Nordeste do país, com produção de frutos com excelente qualidade e competitividade de mercado, devido às condições edafoclimáticas favoráveis da região, e ao seu ciclo produtivo curto de 60 dias, o que possibilita três safras anuais, quando comparado a países como Espanha e França que possuem ciclo produtivo de 120 dias para essa cultura (Figueirêdo et al., 2017).

Por outro lado, a exigência dos mercados exportadores por produtos de alta qualidade elimina os frutos deformados, muito grandes, ou muito pequenos, sendo rejeitado

aproximadamente 20% da produção, onde só na Costa Rica, os frutos rejeitados representam um total de 10.000 toneladas, neste que é um dos maiores exportadores de melão do mundo (Vaillant et al., 2005), e podem ser utilizados para elaboração de aguardentes como alternativa para redução do desperdício no campo.

As aguardentes de frutas são bebidas bastante populares em todo o mundo, sendo um produto elaborado exclusivamente a partir da fermentação alcoólica, seguido da destilação da fruta carnuda ou mostos fermentáveis dessas frutas (Hernandez-Gómez et al., 2003; Soufleros et al., 2004; Sliwinska et al., 2015), e segundo Coelho (2018), pode ser obtida da parte polposa de frutos maduros como o melão, para o aproveitamento dos excedentes da cadeia produtiva do melão.

Porém, um aspecto importante na elaboração das aguardentes de frutas são os álcoois superiores ou “óleo fúsel” oriundos do metabolismo das leveduras durante a fermentação do mosto. São responsáveis pelas características sensoriais dos destilados em geral, e apresentam quantidade variante entre os tipos de aguardentes, o que constitui em excesso um problema de qualidade das bebidas destiladas, afetando o conforto de beber, devido os seus efeitos aromáticos (Pereira et al., 2003; De La Fuente Blanco et al., 2016).

A análise dos *low wines* é importante para controlar os excessos de álcoois superiores em destilados de frutas, estimar o corte das frações do destilado, e com isso garantir a segurança do consumidor. Segundo Ficagna (2005), o *low wine* é o produto principal do vinho submetido ao processo de destilação, e constitui de uma mistura hidroalcoólica e outros compostos voláteis do vinho, sendo classificado em flegma de baixo grau e flegma de alto grau, segundo a sua graduação alcoólica.

Diversos autores estudaram a formação de álcoois superiores e associaram sua produção como uma característica das leveduras em geral, mas a quantidade produzida depende das condições de fermentação, da cepa utilizada, o gênero, a espécie e a ocorrência de micro-organismos contaminantes (Cardoso, 2006; Medeiros et al., 2012).

Silva et al. (2006), afirmaram que a adição de nitrogênio na fermentação alcoólica é benéfica para uma maior produção de etanol, possuindo efeito sobre a minimização da produção de contaminantes secundários, principalmente os álcoois superiores. Outro fator intrínseco de influência na formação dos álcoois superiores é o pH do mosto. Para Ribeiro (2016), a produção de álcoois superiores pode aumentar até 80% em um pH com faixa de 3,0 e 3,5, quando

comparado a mostos com pH entre 4,0 e 5,0.

Portanto, a concentração de álcoois superiores pode ser afetada pela eficiência de absorção da taxa de utilização de nitrogênio adicionado ao mosto, do tipo de levedura utilizada, e da correção do pH, reduzindo a sua formação (Janzantti, 2004; Beltran et al., 2005; Alcarde, 2017). Com isso, objetivou-se com o trabalho, estudar a produção de álcoois superiores por duas leveduras em “*low wines*” de melão amarelo, obtidos de mostos adicionados de fosfato de amônio e pH corrigido

REFERENCIAL TEÓRICO

O melão amarelo, também conhecido como melão espanhol, variedade botânica *Inodorus* Naud, apresenta característica de rusticidade, ausência de aroma, casca firme e espessa, não-climatérico, boa conservação pós-colheita, e constitui mais de 70% da área plantada de melão no Brasil (Silva Neto et al., 2016).

No entanto, em 2015 as perdas na produção de melão chegaram a 37%, um total de sete mil hectares de melão, e 195 mil toneladas que foram desperdiçados, ou simplesmente jogados ao lixo, não sabendo ao certo em qual parte da cadeia ocorreu esse desperdício (Freire, 2017; Ohde, 2017). A agroindustrialização do melão para elaboração de aguardentes surge como alternativa de redução do desperdício de refugos, e agrega valor às bebidas regionais, sendo necessário à adaptação do processo produtivo para a matéria-prima utilizada (Betta et al., 2015).

O melão é uma matéria-prima rica em potássio, um mineral de bastante importância para o desenvolvimento celular de leveduras durante o processo de fermentação, participando do processo glicolítico como ativador enzimático. Esse mineral, segundo Suomalainem e Oura (1971), possui o dobro de exigência de absorção durante o metabolismo anaeróbico da levedura, quando comparado ao seu metabolismo aeróbico

No Brasil, a aguardente de fruta é a bebida com graduação alcoólica de trinta e seis a cinquenta e quatro por cento em volume de álcool, a vinte graus Celsius, obtida de destilado alcoólico simples de fruta, ou pela destilação de mosto fermentado de fruta, preparada por meio de processo tecnológico adequado (Brasil, 2011).

A destilação é um processo de separação de substâncias de diferentes graus de volatilidade presentes em um meio líquido, através da vaporização dos compostos voláteis, e recolhimento destes mediante a condensação dos vapores por resfriamento (Alcarde, 2017). O processo de destilação pode ser dividido em destilação descontínua ou intermitente realizada

na maior parte em alambiques de cobre, e destilação sistemática ou contínua realizada em colunas de destilação em aço inox e/ou parte de cobre. Nas destilações em que se utiliza alambiques, o processo pode ser classificado em monodestilação, bidestilação e redestilação, sendo a coleta dos destilados divididos em frações denominadas de “cabeça”, “coração” e “cauda” (Nogueira e Venturini Filho, 2005; Silva et al., 2020).

Low wine ou flegma é o destilado obtido da monodestilação completa do vinho até 5% em v/v, e corresponde a primeira destilação do processo de bidestilação, tendo como objetivo recuperar todo o álcool produzido pelas leveduras no processo. Na segunda etapa da bidestilação, o flegma é destilado novamente, e recuperado entre e 1 e 2% do volume útil da caldeira para “cabeça”, até 60% de etanol para o “coração”, e abaixo 60% para a fração de “cauda” até esgotamento do etanol (Alcarde et al., 2012; Silva et al., 2020).

Hernandez-Gómez et al. (2005), justificaram a utilização do melão como fonte de açúcar na fermentação, seguido da destilação, para produzir aguardente de fruta, como sendo uma alternativa para solucionar o problema dos excedentes de produção, de forma a reduzir o desperdício. A adição moderada ou alta de nitrogênio no mosto pode impactar fortemente as concentrações finais de álcoois superiores no vinho, por meio da relação inversa do nitrogênio com esses álcoois superiores (Vilanova et al., 2012).

Já Briones et al. (2012), encontraram elevados teores de álcoois superiores em aguardente de melão “pele de sapo” quando utilizaram como substrato a polpa mais suco, sem casca. Lara (2007), avaliou o emprego de enzimas e de fontes de nitrogênio na redução da formação de álcoois superiores em aguardente de banana. Nessa mesma linha, Zhong et al. (2019), utilizaram fosfato de amônio 200 mg / L como suplemento nitrogenado para redução de álcool superior em vinho de arroz chinês, obtendo efeito satisfatório.

Os principais álcoois superiores de interesses em aguardentes de frutas são o isoamílico, isobutílico e 1-propanol. A biossíntese desses álcoois envolve a descarboxilação de α -cetoácidos resultantes de aminoácidos presentes no mosto para formar aldeídos, seguida por uma redução dos aldeídos aos seus álcoois superiores correspondentes (Procópio et al., 2011).

Segundo Alvarenga et al. (2013), a presença de materiais porosos durante a fermentação de mosto de frutas funciona como fonte de O_2 , e possibilita o acesso do oxigênio do ar ao mesmo, contribuindo para produção de álcoois superiores. Outros fatores intrínsecos e extrínsecos como a composição do meio, a temperatura de fermentação, o nível de aeração, o

conteúdo e o tipo de nitrogênio disponível e a linhagem da levedura influenciam a quantidade de álcoois superiores em aguardentes, estando o oxigênio ligado a taxa de crescimento das leveduras e a síntese desses álcoois (Janzanti, 2004; Ficagna, 2005; Silva et al. 2009; Alcarde et al., 2012).

A importância dos álcoois superiores vai além de suas características odoríficas, engloba uma ação solvente sobre outras substâncias aromáticas, e interfere em seus coeficientes de atividade. Logo, elevadas concentrações desses álcoois afetam as características de odor dos compostos voláteis de agradáveis para extremamente desagradáveis (Moreira et al., 2012; Silva et al., 2020), além de prejudicar o valor comercial e a qualidade das bebidas alcoólicas (Medeiros et al., 2012).

Esse problema deve-se ser controlado durante a fermentação, ou através do corte do “*low wine*” com aumento da fração de “cabeça” onde contém significativamente metanol, aldeídos e álcoois superiores. Em contrapartida, um corte excessivo dessa fração reduz os ésteres importantes para o aroma das bebidas alcoólicas, e o rendimento da fração de “coração”, onde apresenta o equilíbrio desejado para os compostos voláteis das aguardentes. O mesmo pode ser observado para a fração de “cauda ou água fraca” que contém ácidos voláteis e parte dos álcoois superiores (Gonçalves, 2015; Ribeiro, 2016).

A permissão para comercializar uma bebida mais “encorpada”, elevou o limite máximo para álcoois superiores de 300 para 360 mg 100 mL⁻¹ de álcool etílico anidro (Barcelos et al., 2007). Vale ressaltar que elevadas concentrações de álcoois superiores em bebidas destiladas acima de 400 mg / L, podem afetar adversamente a qualidade do produto final (Chaves López et al., 2004).

Quanto mais demorada a fermentação, maior é a produção de álcoois superiores, promovida pela atividade fraca do fermento, ocasionando lentidão no processo fermentativo (Giudici et al., 1990; Souza et al., 2009; Targino, 2009). Segundo Léauté (1990), citado por Barcelos et al. (2007), a produção de álcool superior em bebida depende grandemente da quantidade e viabilidade do inóculo. O teor alcoólico final do vinho, o pH do mosto, o armazenamento prolongado da matéria-prima, o tempo e a temperatura de fermentação também são fatores que influenciam no teor de álcoois superiores (Souza et al., 2009).

METODOLOGIA

Matéria-prima e Local da pesquisa

A matéria-prima utilizada foi o melão amarelo (*Cucumis melo L.* var. valenciano) adquirida na Central de Abastecimento do Rio Grande do Norte / CEASA / RN. Utilizaram-se oito melões com pesos médios de 1,369 kg, estado de maturação médio de 8 °Brix. O experimento foi conduzido no Laboratório de Processamento de Frutas e Hortaliças, da Escola Agrícola de Jundiá, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no município de Macaíba, latitude 05°51'30'' e longitude 35°21'14'', Rio Grande do Norte, Brasil.

Extração do suco e preparo do mosto

Extração do suco

Os melões foram lavados com água e sanitizados em solução de 50 ppm de hipoclorito de sódio a 2,5% por 15 minutos. Foram retiradas as extremidades, cortados no sentido do ápice para base do fruto, retirada as sementes, descascados manualmente com o auxílio de facas de inox devidamente afiadas, e a polpa cortada em cubos de aproximadamente 5 cm². O suco foi extraído por liquidificação da polpa sem casca, sem sementes, utilizado um liquidificador tipo industrial de inox capacidade 3 litros, marca Poli, previamente higienizado com álcool 70 °GL; filtrado em filtro de feltro de composição 100% poliéster, gramatura 190 g / m², prensado, e coletado em becker de 4 litros.

Preparo do mosto

O suco foi corrigido e padronizado quanto aos teores de sólidos solúveis totais (SST), pH e nutrientes. Os SST foram corrigidos para 12 °Brix utilizando sacarose comercial pelo processo de chaptalização. A correção do pH foi realizada com solução de ácido cítrico P.A. a 30% até pH 5,0, conforme Bessa et al. (2018). O mosto foi acondicionado em garrafas de vidro de 500 mL, pasteurizado a 80 °C por 20 minutos em banho-maria, resfriado em banho de gelo por 20 minutos, etiquetado, e armazenado em refrigerador vertical a 5 °C, conforme adaptado de Martins et al. (2015). Os mostos com e sem correção do pH, exceto o testemunha, foram suplementados com 200 mg / L de fosfato de amônio ((NH₄)₂PO₄), conforme Zhong et al. (2019), no momento da inoculação do fermento.

Preparo do fermento

Para inoculação do fermento foram utilizados 4 g / L de leveduras, quantidade mínima necessária para ocorrer um processo eficiente de fermentação, segundo Bessa et al. (2018).

Pesou-se 1,2 g de leveduras de panificação da marca *Dr.Oetker*®, e 1,2 g de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* da UFLA CA-11 em balança semianalítica, modelo AL 500C. As leveduras foram ativadas em 30 mL de suco de melão diluído a 4 °Brix por 60 minutos, correspondendo a 10% do volume de mosto a ser fermentado, e inoculado separadamente em 300 mL de mosto a 12 °Brix.

Fermentação do mosto

O processo de fermentação foi realizado em biorreatores de vidro, capacidade de 500 mL, acoplado de mangueira de silicone imersa em um tubo Falcon de 50 mL contendo 30 mL de água destilada para receber o gás carbônico gerado no processo, e evitar a entrada de oxigênio ao meio, como mostrado na Figura 1. A fermentação foi conduzida em temperatura ambiente (25 °C), e a temperatura medida com auxílio de um termômetro digital de infravermelho, marca Benetech, modelo gm320, precisão $\pm 1,5$ °C.

Figura 1. Biorreator utilizado no processo de fermentação do mosto de melão amarelo.



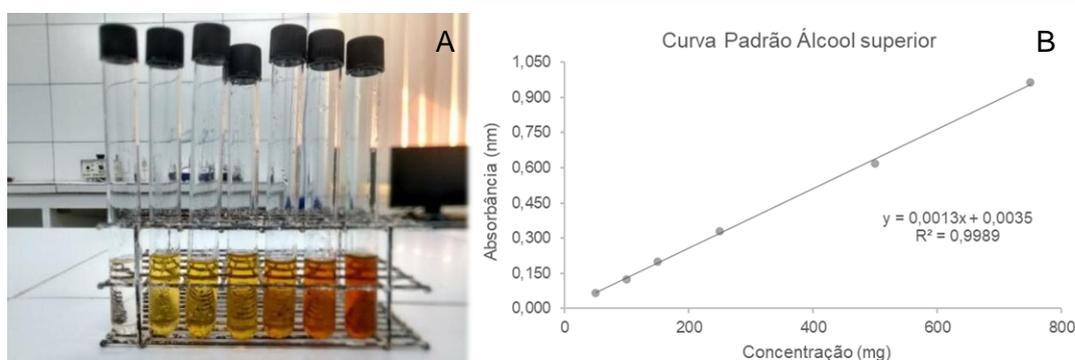
Fonte: Própia (2021)

Determinação dos álcoois superiores

Os álcoois superiores foram determinados por meio da reação colorimétrica (Figura 2A) com o p-dimetilaminobenzaldeído (DMAB) adicionado, seguido da acidificação da amostra com ácido sulfúrico concentrado, conforme adaptação utilizada: a partir de uma solução padrão de 5.000 mg de álcoois superiores dissolvidos em 100 mL de solução (1:1 água / etanol), mediram-se alíquotas de 100, 200, 300, 500, 1.000 e 1.500 microlitros em balões volumétricos de 10 mL, e completou-se o volume com etanol 50%. Utilizou-se 50 microlitros de solução de etanol 50% diluído em 10 mL de água destilada como branco. Adicionou-se 1.000 microlitros da amostra, 500 microlitros do reagente DMAB a 1% e 5.000 microlitros de ácido sulfúrico em

tubos de ensaio de tamanho 16 x 100 milímetros com tampa rosqueada, agitou-se manualmente, e resfriou-se em banho de gelo por 3 minutos. Aqueceram-se os tubos em banho-maria por 20 minutos, e resfriou-os em banho de gelo por mais 5 minutos. As medições da intensidade do complexo ocorreram a $\lambda=540$ nm usando um Espectrofotômetro marca Biospectro, modelo UV-722. Determinou-se a concentração dos álcoois superiores por meio da construção de curvas padrão de solução analítica desses álcoois (Figura 2B). Os resultados foram expressos em miligramas por 100 mL de álcool anidro.

Figura 2. Curva padrão para álcool superior por p-dimetilaminobenzaldeído



Fonte: Própria (2021)

Procedimentos estatísticos

Foi montado em um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema Fatorial $2 \times 2 + 1$ com três repetições. Os fatores foram duas leveduras (panificação (L1) e selecionada CA-11 (M2)), e dois tipos de mostos (M1) sem e (M2) com correção do pH, adicionados de fosfato de amônio, mais um tratamento testemunha (levedura de panificação em mosto sem fosfato de amônio e sem ajuste do pH), mais um tratamento testemunha (levedura de panificação em mosto sem fosfato de amônio e sem correção do pH). Os dados encontrados para os álcoois superiores foram submetidos a análise de variância – ANOVA, utilizando o programa ASSISTAT versão 7.7 beta. As médias, quando significativas, foram submetidos ao teste *t*-student ao nível de 5%, e o teste de Dunnett ao nível de 5% para o testemunha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise variância para os álcoois superiores produzidos pelas leveduras de panificação e selecionada CA-11 não foram significativos entre os fatores estudados, quando comparado as duas leveduras individualmente, e também os mostos adicionados de fosfato de

amônio, com e sem correção do pH. Contudo, observou-se que a interação entre os fatores leveduras x mostos foi significativa ($p < 0,05$) para a produção dos álcoois superiores (Tabela 1), indicando que a levedura de panificação e a levedura CA-11 apresentaram comportamentos distintos, quanto a adição de fosfato de amônio e a correção do pH do mosto de melão amarelo.

Tabela 1. Valores médios e Análise de variância (ANOVA) para os álcoois superiores produzidos por diferentes fatores em destilado de melão amarelo

<i>Leveduras (g)</i>	<i>Álcoois superiores (mg / 100 mL de a.a.)</i>
Panificação	367,1 ± 84,33
Selecionada CA-11	306,0 ± 122,43
<i>Mostos (L)</i>	
Mosto de melão (M1)	339,1 ± 112,68
Mosto de melão (M2)	334,0 ± 107,85
<i>ANOVA</i>	
Levedura	0,241 ^{ns}
Mostos	0,918 ^{ns}
Leveduras x Mostos	0,036 *
<i>CV (%)</i>	24,13

^{ns}Não significativo. *Significativo a 5 % de probabilidade ($p < 0,05$). a.a = álcool anidro.

Os valores médios da interação e seus respectivos efeitos estão apresentados na Tabela 2. Os estudos da interação entre os fatores leveduras e mostos para produção dos álcoois superiores no mosto adicionado de fosfato de amônio, sem correção do pH foram diferentes entre a levedura de panificação e a levedura CA-11, mas não diferiu quando o pH do meio foi corrigido, demonstrando que os níveis de produção desses álcoois na fermentação do mosto de melão são dependentes do tipo de cepa utilizada, e são influenciados pela adição de fosfato de amônio sem a correção do pH do meio.

Avaliando individualmente a produção dos álcoois superiores para as leveduras dentro de cada mosto, observou-se que sua produção pela levedura de panificação nos mostos adicionado de fosfato de amônio, com e sem correção do pH, não diferiu quando o pH do mosto foi corrigido. Esse comportamento também não foi observado para a levedura CA-11 em ambos os mostos, demonstrando que a correção do pH do mosto não influenciou a produção dos álcoois superiores individualmente para as leveduras estudadas (Tabela 2).

A análise dos efeitos principais da interação mede a magnitude da diferença entre os

tratamentos por meio do tamanho do efeito. Os maiores efeitos para os álcoois superiores foram observados na levedura de panificação, e no mosto adicionado de fosfato de amônio sem correção do pH.

Tabela 2. Valores médios da interação levedura x mosto na produção de álcoois superiores (mg /100mL de a.a) na fermentação alcoólica de melão amarelo

<i>Leveduras (g)</i>	<i>Mostos (L)</i>		Efeito
	Mosto de melão (M1)	Mosto de melão (M2)	
Panificação	429,0 ^{aA}	305,3 ^{aA}	3,7
Selecionada CA-11	249,3 ^{bA}	362,6 ^{aA}	3,0
Efeito	3,4	3,3	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t ($p > 0,05$). Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t ($p > 0,05$).

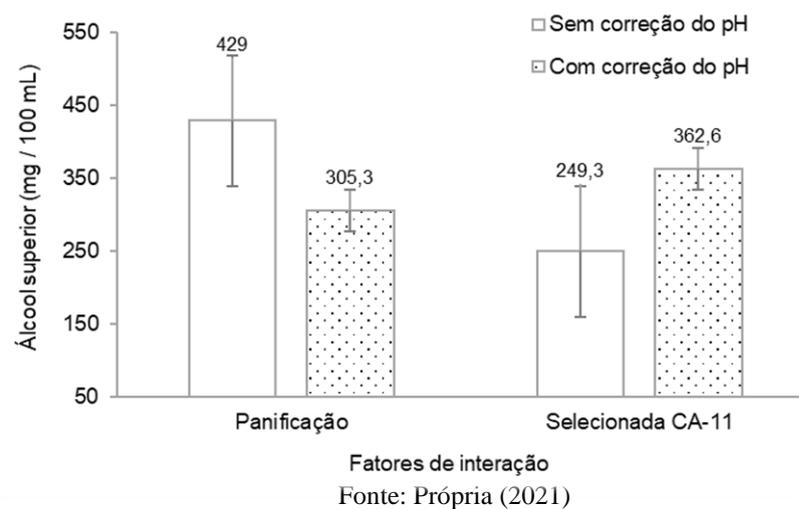
Comparando as médias dos mostos e os diferentes tipos de cepas de leveduras na produção de álcoois superiores, foi observado que a interação ocorreu do mosto adicionado de fosfato de amônio sem a correção do pH, para o mosto com a correção pH fermentado pela levedura CA-11. Os maiores valores foram observados para a levedura de panificação no mosto sem a correção do pH e para a levedura CA-11 no mosto com pH corrigido (Figura 3).

Os resultados mostraram que a correção do pH influenciou a produção dos álcoois superiores pelas durante a fermentação do mosto de melão amarelo, com menores valores observados na levedura de panificação quando comparado com a levedura CA-11 no mesmo mosto. Contudo, o menor valor dos álcoois superiores foi observado na levedura CA-11 no mosto sem a correção do pH, explicado pelas características fisiológicas dessa levedura em regular o pH através da acidificação do meio, controlando assim, a produção desses álcoois.

Fernandes et al. (2007), encontraram valores entre 117 e 224 mg / 100 mL de álcool anidro para álcoois superiores em 16 amostras de cachaças e *blend* do sul de Minas Gerais. Santiago et al. (2014), relataram valores totais de álcoois superiores de 677,12 mg /100 mL para as frações (cabeça, coração e cauda) em conjunto, no processo de produção de cachaça. Cravo et al. (2019), encontraram valores entre 131,1 e 184,07 mg /100 mL de álcoois superiores na produção de cachaça, avaliando diferentes variedades de cana-de-açúcar. Para os autores, a formação dos álcoois superiores em bebidas alcoólicas é resultante do crescimento e da baixa

atividade das leveduras, relacionado às condições do meio de fermentação, quantidade e viabilidade do inóculo, e baixo pH do mosto, e pode acumular até oito vezes no produto final, a concentração do mosto após a destilação.

Figura 3. Interação da produção de álcool superior por leveduras de padaria e selecionada CA-11 em destilado de melão amarelo



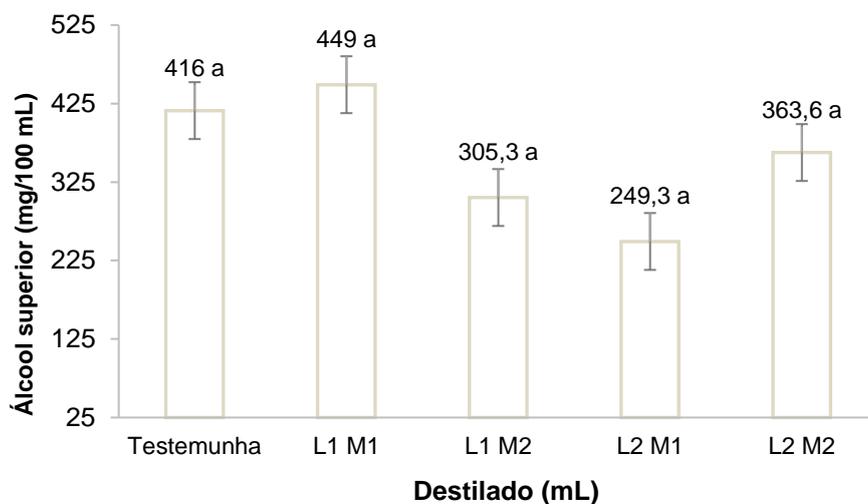
Alcarde et al. (2011), determinaram o perfil químico da aguardente de cana produzida por dupla destilação e encontraram “*low wines*” com valores de 542,19 mg / 100 mL para os álcoois superiores, e justificaram que em análise do *whisky single* malte e conhaque, concentrações elevadas de 438 a 478 mg /100 mL desse composto, valores esses superiores aos encontrados no presente estudo. Alcarde et al. (2012), quando estudaram diferentes cepas comerciais de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* encontraram valores de 159,91 a 501,07 mg / 100 mL de álcoois superiores para o destilado “*low wines*”, com melhores resultados observados para as aguardentes de cana-de-açúcar fermentadas pela levedura CA-11.

A explicação para formação dos álcoois superiores na fermentação do melão amarelo para obtenção de uma bebida destilada, é resultado da regulação do pH pela levedura durante o processo fermentativo, através da descarboxilação dos ácidos presentes no meio, resultantes do crescimento da biomassa na presença de uma fonte nitrogenada. Diversos autores, Quain e Duffield (1985), Gutierrez (1993), Boulton e Quain (2001), e Alcarde (2017), também relataram a relação pH do meio e os álcoois superiores.

Os resultados encontrados para produção dos álcoois superiores nos mostos adicionados de fosfato de amônio, com e sem correção do pH, fermentados pelas leveduras de panificação

e levedura CA-11, não foram diferentes dos resultados encontrados para o tratamento testemunha (Figura 4). Embora esse resultado não apresente diferença significativa para o teste de dunnett ao nível de 5 %, é possível observar uma tendência na redução dos álcoois superiores no mosto fermentado pela levedura CA-11, sem a correção do pH.

Figura 4. Produção de álcoois superiores em comparação com o tratamento testemunha. (a,b) = médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunnnett ($P>0,05$)



Fonte: Própria (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição do fosfato de amônio e a correção do pH influenciaram a produção de álcoois superiores nos low wines de melão, com menores valores apresentado pela levedura CA-11, sendo indicada para elaboração de um destilado de melão.

REFERÊNCIAS

Alcarde, A. R.; Souza, P. A.; e Belluco, A. E. S. 2011. Chemical profile of sugarcane spirits produced by double distillation methodologies in rectifying still. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 31; 355-360.

Alcarde, A. R.; Monteiro, B. M. S.; e Belluco, A. E. S. 2012. Composição química de aguardentes de cana-de-açúcar fermentadas por diferentes cepas de levedura *Saccharomyces cerevisiae*. **Química Nova**. 35; 1612-1618.

Alcarde, A. R. 2017. **Cachaça: ciência, tecnologia e arte**. 2º ed. Blucher, São Paulo.

Alvarenga, L. M.; Alvarenga, R. M.; Dutra, M. B. L.; e Oliveira, E. S. 2013. Avaliação da fermentação e dos compostos secundários em aguardente de banana e manga. **Alimentos e Nutrição - Brazilian Journal of Food Nutrition**. 24;195-201.

Barcelos, L. V. F.; Cardoso, M. G.; Vilela, F. J.; e Anjos, J. P. 2007. Teores de carbamato de etila e outros componentes secundários em diferentes cachaças produzidas em três regiões do estado de minas gerais: zona da mata, sul de minas e vale do Jequitinhonha. **Química nova**. 30; 1009-1011.

Beltran, G.; Esteve-Zarzoso, B.; Rozès, N.; Mas, A.; e Guillamon, J. M. 2005. Influence of the timing of nitrogen additions during synthetic grape must fermentations on fermentation kinetics and nitrogen consumption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 53; 996–1002.

Bessa, M. A. D.; Oliveira, E. N. A.; Feitosa, B. F.; Feitosa, R. M.; Almeida, F. L. C.; e Oliveira Neto, J. O. 2018. Bebida alcoólica fermentada de melão (*Cucumis melo L.*): processamento e caracterização. **Brazilian Journal of Food Technology**. 21; DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.21717>

Betta, F. D.; Biluca, F. C.; Pereira, L. M.; Gonzaga, L. V.; Fett, R.; e Costa, A. C. O. 2015. Determinação de açúcares em sucos de frutas utilizando eletroforese capilar. **Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos**. 1. Disponível em: <<https://www.revistas.udesc.br/index.php/revistacsbea/article/view/6753>>. Acesso: 10 jan. 2020.

Boulton, C.; e Quain, D. 2001. **Brewing yeast and fermentation**. Oxford: Blackwell Science. London.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 15, de 31/03/2011. **Diário Oficial da União**. Seção 1. 01/04/2011.

Briones, A; Ubeda-Iranzo, J.; e Hernandez-Gómez, L. 2012. **Spirits and Liqueurs from Melon Fruits (*Cucumis melo L.*)**. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/distillation-advances-from-modelingto-applications/spirits-and-liqueurs-from-melon-fruits>>. Acesso em: 05 de ago. 2019.

Capaldi, A. P.; Kaplan, T.; Liu, Y.; Habib, N.; Regev, A.; Friedman, N.; e O'Shea, E. K. 2008. Structure and function of a transcriptional network activated by the MAPK Hog1. **Nature Genetics**. 40; 1300–1306.

Cardoso, M. G. 2006. **Produção de aguardente de cana**. 2ª ed. UFLA, Lavras.

Coelho, Tiago. 2018. **Aguardente de melão**. Youtube, 19 out. 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xL17H6Ik0BQ&ab_channel=TVURN>. Acesso em: 30 jul. 2021.

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.; e 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 Sciences**. 10; 339-350.

De La Fuente Blanco, A.; Sáenz Navajas, M. P.; e Ferreira V. 2016. On the effects of higher alcohols on red wine aroma. *Food Chemistry*. 210; 107-114.

Freire, V. 2017. **Melão desperdiçado é alternativa à maçã na indústria de bebidas**. Embrapa Agroindústria de Alimentos. (Online) Ceará. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28868795/melao-desperdicado-e-alternativa-a-maca-na-industria-de-bebidas>>. Acesso em: 18 de fev. 2020.

Ficagna, E. 2005. **Influência do tempo de maceração na composição química do fermentado e do destilado de pêssego [*Prunus persica (L) Batsch*], Cv. Chiripá**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Figueirêdo, M. C. B.; Gondim, R. S.; e Aragão, F. A. S. 2017. Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica. 302. **Embrapa**, Brasília, DF, Brasil.

Giudici, P.; Romano, P.; e Zambonelli, C. 1990. A biometric study of higher alcohol production in *Saccharomyces cerevisiae*. **Canadian Journal of Microbiology**. 36; 61-64.

Gonçalves, C. M. 2015. **Uso de levedura selecionada em escala piloto para produção de cachaça de alambique**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Brasil.

Gutierrez, L. E. 1993. Produção de álcoois superiores por linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* durante a fermentação alcoólica. **Scientia Agricola**. 50; 464-472.

Hernandez-Gómez, L. F.; Ubeda-Iranzo, J.; García-Romero, E.; e Briones-Perez, A. 2005. Comparative production of different melon distillates: chemical and sensory analyses. **Food Chemistry**. 90; 115-125.

Hernandez-Gómez, L. F.; Ubeda, J.; e Briones-Perez, A. 2003. Melon fruit distillates: comparison of different distillation methods. **Food Chemistry**. 82; 539-543.

Janzantti, N. S. 2004. **Compostos Voláteis e Qualidade de Sabor da Cachaça** Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

Lara, C. A. 2007. **Produção de aguardente de banana: emprego de enzimas pectinolíticas e efeito de nitrogênio e quantidade de inóculo na formação de álcoois superiores**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Léauté, R. 1990. Distillation in Alembic. **American Journal of Enology and Viticulture**. 41; 90-103.

Chaves López, C.; Boselli, E.; Piva, A.; Ndaghijimana, M.; Paparella, A.; Suzzi, G.; e Mastrocola, D. 2004. Influence of Quinoxifen on Fermentation of Grape Musts. **Food Technology and Biotechnology**. 42; 89-97.

Martins, S. C. S.; Lima, R. F.; e Martins, C. M. 2015. Isolamento e caracterização de leveduras de caldo de cana de uma indústria de fermentação alcoólica no nordeste brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**. 11; 22-201.

Medeiros, L. S., Ferreira, P. V., Carvalho, I. D. E., Oliveira, F. S., Silva, J. 2015. Primeiro ciclo de seleção massal na população PM3 de melão (*Cucumis melo* L). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 10, 21-27.

Moreira R. F. A.; Netto, C. C.; e Maria, C. A. B. 2012. A fração volátil das aguardentes de cana produzidas no Brasil. **Química Nova**. 35; 1819-1826.

Nascimento, R. F.; Cardoso, D. R.; Lima Neto, B. D. S.; Franco, D. W.; e Farias, J. B. 1998. Influência do material do alambique na composição química das aguardentes de cana-de-açúcar. **Química Nova**. 21; 735-739.

Nogueira, A. M. P.; e Venturini Filho, W. G. 2005. **Aguardente de Cana**. Disponível em: <<https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Horticultura/aguardente-de-cana-2005.pdf>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

Ohde, M. 2017. **Produção de suco-base é alternativa para evitar desperdício de melão**. Disponível em: <<https://paranaportal.uol.com.br/agronegocio/cultivos/426-producao-suco-base-melao>>. Acesso em: jan. 05,19.

Pereira, N. E.; Cardoso, M. G.; Azevedo, S. M.; Morais, A. R. M.; Fernandes, W.; e Aguiar, P. M. 2003. Compostos secundários em cachaças produzidas no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**. 27; 1068-1075.

Procópio, S.; Qian, F.; e Becker, T. 2011. Function and Regulation of Yeast Genes Involved in Higher Alcohol and Ester Metabolism during Beverage Fermentation. **European Food Research Technology**. 233; 721-729.

Santiago, W. D.; Cardoso, M. G.; Santiago, J. A.; Rodrigues, L. M. A.; Silva, B. L.; e Caetano, A. R. S. 2014. Comparação do perfil físico-químico de cachaças envelhecidas em tonéis de carvalho (*Quercus sp*) e amburana (*Amburana cearensis*). **Editores UniBH**. 7; 17-29.

Quain, D. E.; e Duffield, M. L. 1985. A metabolic function for higher alcohol production by yeast. p. 307-314. In: CONGR. EUR. BREW. CONV., 20., Proceedings..., Apud: **Chemical Abstracts**, Columbus.

Ribeiro, M. L. D. 2016. **Qualidade da cachaça em função do tratamento do caldo e tipo de fermento**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil.

Silva, A. P.; Silvello, G. C.; Bortoletto, A. M.; e Alcarde, A. R. 2020. Chemical composition of sugar cane spirit produced from different distillation methods. **Brazilian Journal of Food Technology**. 23; DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.30818>

Silva, J.; Silva, F. L. H.; Alves, R. R. N.; e Santana, D. P. 2006. Influência das variáveis nitrogênio, fósforo e °Brix na produção dos metabólitos secundários contaminantes totais da fermentação alcoólica. **Química Nova**. 29; 695-698.

Silva Neto, R. M.; Abreu, F. A. P.; Pessoa, L. F. P.; Queiroz, E. M. 2016. Características físico-químicas e compostos aromáticos do suco de melão clarificado por microfiltração tangencial. **Revista Eletrônica Teccen**. 09; 75-80.

Silva, P. H. A.; Santos, J. O.; Araújo, L. D.; Faria, F. C.; Pereira, A. F.; Oliveira, V. A.; Vicente, M. A.; e Brandão, R. L. 2009. Avaliação cromatográfica de compostos voláteis de cachaças produzidas com leveduras de diferentes procedências. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 29; 100-106.

Sliwinska, M.; Wisniewska, P.; Dymerski, T.; Wardencki, W.; e Namiesnik, J. 2015. The flavour of fruit spirits and fruit liqueurs: a review. **Flavour and Fragrance Journal**. 30; 197-207.

Soufleros, E. H.; Mygdalia, A. S.; e Natskoulis, P. 2004. Characterization and safety evaluation of the traditional Greek fruit distillate “Mouro” by flavor compounds and mineral analysis. **Food Chemistry**. 86; 625-636.

Souza, L. M.; Ferreira, K. S.; Passoni, L. C.; Bevitori, A. B.; Melo, K. V.; e Viana, A. R. 2009. Teores de compostos orgânicos em cachaças. **Química Nova**. 32; 2304-2309.

Suomalainem, H.; e Oura, E. 1971. **Yeast nutrition and solute up-take**. p.3. IN: The yeast. v.2. Rose, A. A.; Harrison, J. S. ed. London, Academic Press.

Targino, B. N. 2009. **Influência da variedade de cana-de-açúcar e do tipo de fermento na qualidade da cachaça de alambique**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

Vaillant, F.; Cisse, M.; Chaverri, M.; Perez, A.; Dornier, M.; Viquez, F.; e Dhuique-Mayer, C. 2005. Clarification and concentration of melon juice using membrane processes. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 6; 213-220.

Vilanova, M.; Siebert, T.; Varela, C.; Pretorius, I. S.; e Henschke, P. A. 2012. Effect of ammonium nitrogen supplementation of grape juice on wine volatiles and non-volatiles composition of the aromatic grape variety Albariño. **Food Chemistry**. 133; 124-131.

Zhong, X.; Wang, A.; Zhang, Y.; Wu, Z.; Li, B.; Lou, H.; Huang, G.; e Wen, H. 2019. Reducing higher alcohols by nitrogen compensation during fermentation of Chinese rice wine. **Food Science Biotechnology**. 29; 805-816.