

Produção e caracterização de fermentado alcoólico de manga a partir de linhagem de levedura isolada de fermento comercial

Production and characterization of alcoholic mango fermented from yeast strain isolated from commercial yeast

Producción y caracterización de fermentado alcohólico de mango a partir de cepa de levadura aislada de levadura comercial

Recebido: 10/10/2022 | Revisado: 25/10/2022 | Aceitado: 27/10/2022 | Publicado: 01/11/2022

Cosme Damião Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2924-5143>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: barbosacosme@yahoo.com.br

Isabella Maciel Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9648-9565>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: bellamaciel@hotmail.com

Guilherme Ferreira Simiqueli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2867-0255>
EMBRAPA Recurso Genéticos e Biotecnologia, Brasil
E-mail: guisimiqueli@gmail.com

Resumo

Bebidas fermentadas de frutas são uma alternativa viável e de baixo custo para o aproveitamento dos frutos. Objetivou-se produzir e caracterizar um fermentado alcoólico de manga utilizando células de *Saccharomyces cerevisiae* isoladas de fermento comercial. A matéria-prima e o processo fermentativo foram caracterizados e o fermentado de manga produzido apresentou: teor alcoólico ($7,61 \pm 0,13$ g.L⁻¹), açúcares residuais ($1,24 \pm 0,04$ g.L⁻¹), pH ($3,73 \pm 0,05$), acidez total ($83,34 \pm 6,65$ mEq.L⁻¹), extrato seco ($96,75 \pm 1,72$ g.L⁻¹), produtividade em etanol ($0,23 \pm 0,02$ g.L⁻¹. h⁻¹), eficiência da fermentação (91,50%), conversão de produto em substrato -Y p/s ($0,470$ g. g⁻¹) e rendimento em etanol de 85%. Os teores de carotenoides e fenólicos totais foram de $17,33 \pm 1,97$ mg.100mL⁻¹ e $24,60 \pm 0,10$ mg de catequina.mL⁻¹, respectivamente. É possível produzir uma bebida alcoólica fermentada de manga de boa qualidade e dentro dos parâmetros físico-químicos exigidos pela legislação a partir da levedura *S. cerevisiae* proveniente de fermento comercial.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L; Biotecnologia; Bebida alcoólica; Levedura.

Abstract

Fermented beverages of fruits are a viable and low-cost alternative to the utilization of fruits. The aim of the study was to produce and characterize a mango alcoholic fermented using *Saccharomyces cerevisiae* cells isolated from commercial yeast. The feedstock and fermentation process were characterized and the mango fermented showed: alcoholic content ($7,61 \pm 0,13$ g.L⁻¹), final sugar ($1,24 \pm 0,04$ g.L⁻¹), pH ($3,73 \pm 0,05$), total acidity ($83,34 \pm 6,65$ mEq.L⁻¹), dry extract ($96,75 \pm 1,72$ g.L⁻¹), productivity by alcohol ($0,23 \pm 0,02$ g.L⁻¹. h⁻¹), efficiency fermentation (91,50%), product to substrate conversion -Y p/s ($0,470$ g. g⁻¹) and ethanol yield (85%). The total carotenoids and phenolics compounds contents were $17,33 \pm 1,97$ mg.100mL⁻¹ and $24,60 \pm 0,10$ mg of catechin per milliliters, respectively. It is possible to produce a fermented mango alcoholic beverage of good quality and within the physical-chemical parameters required by legislation from *S. cerevisiae* yeast from commercial yeast.

Keywords: *Mangifera indica* L; Biotechnology; Alcoholic beverage; Yeast.

Resumen

La elaboración de bebidas de frutas fermentadas es una alternativa viable y de bajo costo para el aprovechamiento de las frutas. El objetivo fue producir y caracterizar un fermentado alcohólico de mango utilizando células de *Saccharomyces cerevisiae* aisladas de levadura comercial. Se caracterizó la materia prima y la fermentación. El mango fermentado presentó contenido de alcohol ($7,61 \pm 0,13$ g.L⁻¹), azúcares residuales ($1,24 \pm 0,04$ g.L⁻¹), pH ($3,73 \pm 0,05$), acidez total ($83,34 \pm 6,65$ mEq.L⁻¹), extracto seco ($96,75 \pm 1,72$ g.L⁻¹), productividad de etanol ($0,23 \pm 0,02$ g.L⁻¹. h⁻¹), eficiencia de fermentación (91,50%), conversión de producto a sustrato -Y p/s ($0,470$ g. g⁻¹) y 85% de rendimiento de etanol. Los contenidos de carotenoides y fenoles totales fueron $17,33 \pm 1,97$ mg.100mL⁻¹ y

24,60 ± 0,10 mg de catequina. mL⁻¹, respectivamente. Es posible producir una bebida alcohólica de mango fermentado de buena calidad y dentro de los parámetros fisicoquímicos exigidos por la legislación a partir de levadura *S. cerevisiae* a partir de levadura comercial.

Palabras clave: *Mangifera indica* L; Biotecnologia; Bedida alcohólica; Levedura.

1. Introdução

A manga (*Mangifera indica* L.) é um fruto tropical rico em água, carboidratos, sais minerais, ácidos orgânicos, vitaminas e pigmentos. Pode ser consumida *in natura* ou na forma de refrescos, geleias, doces, compotas, purês, polpas congeladas, bebidas fermentadas, vinagres, dentre outros (Cunha et al., 1994; Chitarra, 1998; Matos, 2000; Torezan, 2000; Lalel, 2003 a,b; Carvalho, et al., 2004; Hojo et al., 2009; Embrapa, 2012; Inct, 2012; Tbca, 2011; Oliver-Simancas et al., 2020).

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de manga do mundo (FAO, 2020). Vários fatores têm atuado negativamente no escoamento e destinação eficaz da produção de frutos no país. Defeitos na casca, na coloração e na consistência dificultam a comercialização *in natura* de frutas sadias (Fonseca et al., 2020). Devido a esses entraves as perdas pós-colheita representam uma parcela significativa dessa produção. Várias técnicas têm sido desenvolvidas e utilizadas no intuito de aumentar a vida pós-colheita desses frutos, permitir o seu aproveitamento integral, promover a agregação de valor ao fruto e ao produto, além de aumentar a renda do produtor. Dentre essas técnicas destaca-se a fermentação como uma tecnologia eficiente e de baixo custo, possibilitando o aproveitamento de frutos para a elaboração de novas bebidas fermentadas (Chitarra e Chitarra, 1990; Silva et al., 2007; Asquiere et al., 2008).

A fermentação alcoólica é um processo bioquímico complexo e de baixo custo no qual os micro-organismos fermentadores, majoritariamente leveduras, utilizam os açúcares e outros substratos para produção de energia. Nesse processo os açúcares são convertidos a etanol, gás carbônico e compostos secundários, muitos deles necessários na elaboração de produtos fermentados (Aquarone et al., 2001; Lima et al., 2001; Sener et al., 2007; Assis Neto et al., 2010). A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é a espécie mais empregada em fermentações alcoólicas por apresentar funcionamento metabólico tanto em condições anaeróbicas quanto aeróbias, além de apresentar tolerância ao estresse osmótico, às altas concentrações de ácidos e etanol, a não produção de substâncias nocivas, utilização de diferentes fontes de açúcares para geração de energia e a possibilidade de controle populacional e de processos industriais (Cardoso, 2001; Lima et al., 2001; Bekatorou et al., 2006; Barbosa, 2014; Fonseca et al., 2020).

A Legislação Brasileira define fermentado alcoólico de fruta como o produto obtido pela fermentação alcoólica do mosto de frutas sãs, frescas e maduras. Esse pode ser adicionado de açúcares e/ou água e apresentar graduação alcoólica de 4 a 14% em volume a 20°C. O fermentado é denominado pela fruta que lhe deu origem (Brasil, 2008, 2012).

Diante do exposto, objetivou-se produzir e caracterizar um fermentado alcoólico de manga variedade Palmer a partir de células de *S. cerevisiae* isoladas de fermento comercial prensado.

2. Metodologia

2.1 Aquisição e caracterização da matéria-prima

Os frutos foram adquiridos no comércio local de Belo Horizonte (MG), lados e aferidos os diâmetros longitudinal e transversal. Posteriormente, realizou-se a higienização por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos. Após esse procedimento, os frutos foram avaliados quanto à sua massa total e de suas frações (casca, polpa e semente), bem como rendimento em polpa (Rufini et al., 2011).

2.2 Obtenção da polpa

A polpa foi finamente triturada e hidrolisada com a utilização do complexo enzimático Pectinex Ultra SP[®] (Novozymes) na concentração de 0,0025 mL. kg⁻¹ (4000PG). A mistura foi incubada a 30°C por 70 minutos com homogeneização constante do meio. Para a inativação da enzima a polpa foi submetida a banho em 90 °C por 5 minutos e, em seguida, banho de gelo, como descrito por Alvarenga (2006) e Lara (2007).

2.3 Preparo do mosto e elaboração do fermentado alcoólico de manga

O mosto foi constituído de uma mistura 1:1 (água e polpa hidrolisada) ajustado a 18°Brix com sacarose comercial e pH inicial de 4,5. O mosto foi adicionado de 200 mg. L⁻¹ de metabissulfito de sódio (Vetec) e pasteurizado a 65°C por 30 minutos. O processo fermentativo foi realizado em triplicata, utilizando-se um sistema semi-fechado, constituído de bombonas plásticas com capacidade para 5 litros e equipadas com mecanismo para promover a liberação do CO₂. Cada sistema de fermentação foi constituído por 3 litros de mosto (18°Brix) e inóculo (10⁸ UFC. mL⁻¹). O inóculo foi constituído de células de *Saccharomyces cerevisiae* isoladas de fermento comercial prensado. A fermentação foi conduzida por 48 horas em temperatura ambiente, sendo retiradas de forma asséptica alíquotas amostrais em um intervalo de 12 horas (T0, T1, T2, T3 e T4), totalizando 5 tempos amostrais. As alíquotas foram centrifugadas a 1006 g por 15 minutos, retirados os sobrenadantes e utilizados para a determinação dos parâmetros físico-químicos.

A concentração de células viáveis foi determinada a cada 12 horas (T0, T1, T2, T3 e T4) em triplicata pela inoculação de alíquotas de 0,1 mL das diluições 10⁻⁴ a 10⁻⁸ por espalhamento em superfície de Ágar Sabouraud (Difco®) com auxílio de alça. As placas foram incubadas por 48 horas a 30 ± 2 °C. Após esse período realizou-se a contagem das colônias, sendo consideradas as placas que continham número de colônias entre 30 e 300. Os valores foram expressos em UFC.mL⁻¹.

2.4 Caracterização do fermentado alcoólico

O fermentado alcoólico de manga foi caracterizado quanto aos teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), acidez volátil, acidez fixa, densidade, extrato seco, extrato seco reduzido de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). A relação álcool/extrato seco reduzido foi determinada de acordo com Moretto et al. (1988). Os açúcares redutores totais ou açúcares residuais (ART) foram determinados de acordo com Miller (1959), teor alcoólico de acordo com Salik & Povoh (1993), pH, teor de cinzas e carotenoides totais de acordo com a metodologia da AOAC (2007). Os compostos fenólicos totais foram quantificados conforme descrito por Zieliski & Kozolowska (2000).

Para a determinação dos parâmetros cinéticos da fermentação, foram calculados: rendimento em etanol (%), eficiência da levedura, produtividade (g. L⁻¹. h⁻¹), rendimento em produto (Y p/s), velocidade de consumo de substrato (g. h⁻¹) e taxa de conversão de ART (%).

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização da matéria-prima e da polpa de manga

Os resultados da caracterização morfométrica dos frutos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Morfometria dos frutos: valores médios, máximos e mínimos dos caracteres analisados.

	Parâmetros							
	DL ¹ (cm)	DT ² (cm)	MF ³ (g)	MEp ⁴ (g)	MP ⁵ (g)	MEp ⁶ (g)	RP ⁷ (%)	R p/ep ⁸
Média	12,9 ± 0,8	8,1 ± 0,5	481,6 ± 61,9	47,3 ± 8,5	365,8 ± 62,2	60,5 ± 8,0	75,8 ± 7,3	7,9 ± 1,6
Máximo	14,5	8,7	593,4	60,8	480,5	78,0	96,0	11,9
Mínimo	11,8	6,5	388,1	33,9	208,2	44,3	53,5	5,1

1: Diâmetro longitudinal. 2: Diâmetro transversal. 3: Massa do Fruto. 4: Massa do epicarpo (casca). 5: Massa da polpa. 6: Massa do endocarpo (semente). 7: Rendimento em polpa. 8: relação polpa/epicarpo. Fonte: Autores.

Verifica-se que os frutos apresentaram valores médios para os parâmetros analisados próximos aos descritos na literatura científica, inclusive com boa relação de polpa e semente e, conseqüentemente, bom rendimento em polpa.

A massa média dos frutos ($481,6 \pm 61,9$ g) foi próxima ao relatado por Carvalho et al. (2004) para mangas da variedade Palmer ($426,3 \pm 38,2$ g). Os frutos apresentaram diâmetros longitudinal e transversal de $12,9 \pm 0,8$ cm e $8,1 \pm 0,5$ cm, respectivamente. Os dados são próximos aos encontrados por Silva et al. (2012) e Carvalho et al. (2004) para frutos da variedade Palmer.

As frações casca, polpa e semente representaram aproximadamente 9,84%, 76% e 12,6% da massa total do fruto. Esses valores são próximos aos relatados por Silva et al. (2009; 2012) e Galli et al. (2011), em que a casca apresentou 8,9%, 9,9% e 8,2%, a semente 10,4%, 7,5 % e 7,9% e as polpas representaram 80,6%, 82,6% e 83,9% do peso total dos frutos.

De acordo Chitarra & Chitarra (2005) e Rufini et al. (2011), a relação polpa/semente é importante em frutas como a manga, pois maiores índices da relação polpa/semente caracterizam o fruto para fins industriais por apresentarem maior rendimento em polpa.

O rendimento em polpa foi de $75,8 \pm 7,3$ (%), valor próximo dos encontrados por Silva et al. (2009) e Galli et al. (2011) em que as mangas apresentaram rendimento em polpa de 80,6 % e 83,9%, respectivamente. O rendimento em polpa é um parâmetro muito importante e utilizado na seleção de cultivares para a agroindústria por estar diretamente relacionado ao rendimento do produto final.

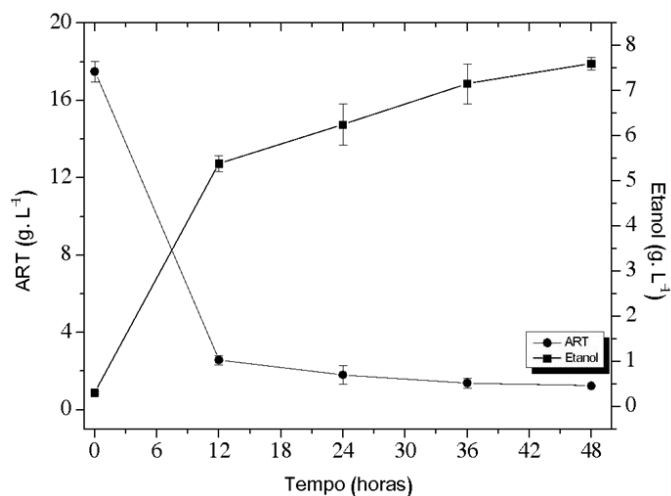
Os frutos utilizados no presente estudo apresentaram valores satisfatórios em relação às características avaliadas na análise morfométrica, principalmente em relação ao rendimento em polpa, uma vez que essa fração é de grande relevância na indústria.

3.2 Caracterização do fermentado alcoólico de manga

3.2.1 Determinação dos parâmetros físico-químicos do fermentado alcoólico de manga

Durante o processo fermentativo, foram avaliados os parâmetros de conversão dos açúcares redutores totais (ART) e a formação de etanol em função do tempo (Figura 1). O teor de ART inicial foi praticamente metabolizado nas 12 primeiras horas de fermentação, indicando que a fase tumultuosa do processo fermentativo se deu nesse período. A rápida fermentação ocorrida pode estar relacionada ao elevado teor de açúcares fermentescíveis presentes na polpa de manga. Os demais parâmetros analisados, tais como: pH, SST, produtividade em etanol e velocidade de consumo de ART demonstram que a fase de maior atividade metabólica do processo deu-se em 12 horas de fermentação (Figura 2).

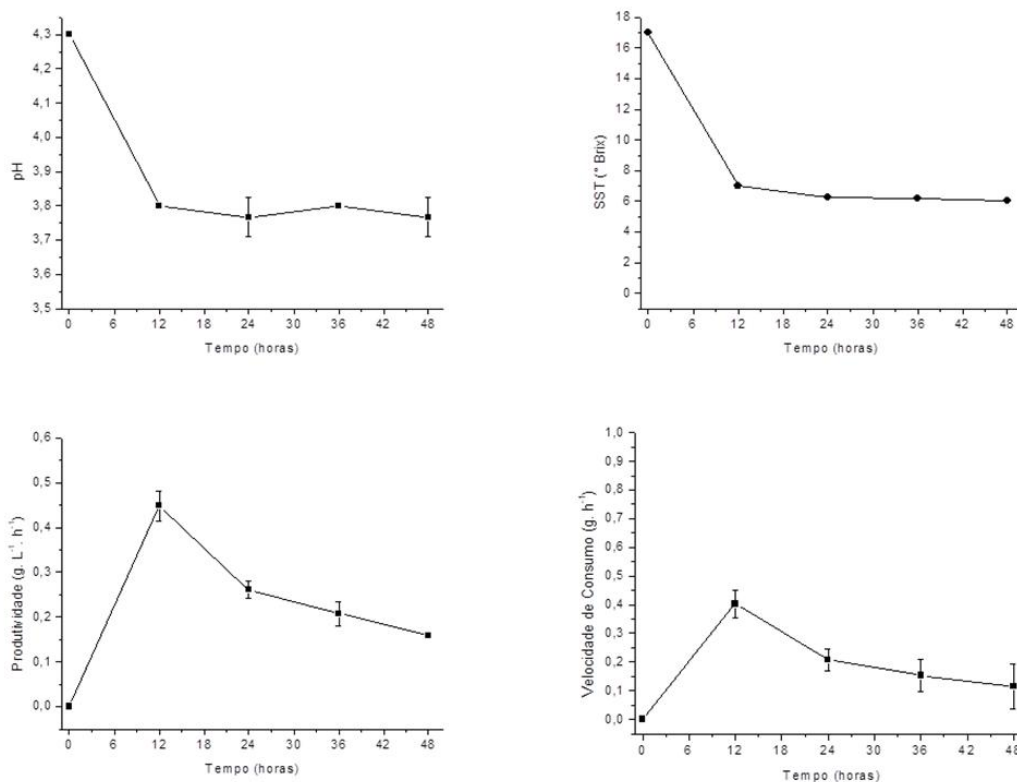
Figura 1 - Etanol produzido e Açúcares Redutores Totais (ART) nas fermentações com fermento comercial prensado (*Saccharomyces cerevisiae*) em mosto de manga.



Fonte: Autores.

De acordo com a Figura 1, verifica-se que as leveduras do processo fermentativo apresentaram intensa atividade metabólica nas 12 primeiras horas de fermentação. Os açúcares fermentescíveis no mosto foram metabolizados, em quase sua totalidade, e convertidos a etanol com produção aproximada de 5,5 g.L⁻¹ em apenas 12 horas.

Figura 2 - pH, Sólidos solúveis totais, produtividade em etanol e velocidade de consumo dos ART nas fermentações com fermento comercial prensado (*Saccharomyces cerevisiae*) em mosto de manga.



Fonte: Autores.

Assim como os açúcares e o etanol (Figura 1), outros parâmetros analisados demonstraram alta atividade metabólica de leveduras nas 12 primeiras horas de fermentação. O decaimento do pH evidencia o crescimento microbiano pela produção e liberação no meio de H^+ . A concentração de sólidos solúveis totais, a produtividade em etanol e a velocidade de conversão de açúcares demonstram a capacidade das leveduras de hidrolisarem a sacarose e produzirem etanol.

Na Tabela 2 podem ser observados os parâmetros físico-químicos do fermentado de manga e os parâmetros cinéticos analisados durante a fermentação alcoólica.

Tabela 2 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos do vinho de manga.

Parâmetro	Valores médios
Densidade ¹	0,99 ± 0,00
pH ²	3,73 ± 0,05
Acidez Total ³	83,34 ± 6,65
Acidez Fixa ⁴	54,50 ± 1,8
Acidez Volátil ⁵	29,00 ± 1,2
Cinzas ⁶	1,3 ± 0,02
Proteína Bruta ⁷	0,19 ± 0,05
Etanol ⁸	7,61 ± 0,13
Extrato Seco ⁹	96,75 ± 1,72
ESR ¹⁰	95,51
GR/ESR ¹¹	0,64
Carotenoides ¹²	17,33 ± 1,97
Fenólicos Totais ¹³	24,6 ± 0,01
ART _i ¹⁴	17,50 ± 0,53
ART _f ¹⁵	1,24 ± 0,04

1:Densidade (g. cm³⁻¹). 2:Potencial hidrogeniônico.3: Acidez total do vinho (mEq. L⁻¹ expresso em ácido acético). 4:Acidez volátil (mEq. L⁻¹ expresso em ácido acético). 5:Acidez fixa (mEq. L⁻¹ expresso em ácido tartárico). 6: Cinzas (g. L⁻¹). 7:Proteína Bruta (%). 8: Etanol (g. L⁻¹).9:Extrato Seco (g. L⁻¹). 10: Extrato Seco Reduzido (g. L⁻¹). 11: Grau alcoólico real/ extrato seco reduzido. 12: Teor de carotenoides (mg. 100mL⁻¹). 13:Teor de fenólicos totais (mg de catequina .100 mL⁻¹).14: Teor de açúcares redutores iniciais (g. L⁻¹). 15:Teor de açúcares redutores finais (g. L⁻¹). Fonte: Autores.

O fermentado alcoólico de manga apresentou teor alcoólico próximo de outros fermentados descritos na literatura, além do mais, pela concentração residual de açúcares pode ser considerado como um fermentado alcoólico seco e fonte de compostos bioativos pela presença de carotenoides e fenólicos.

A legislação brasileira para fermentados alcoólicos de fruta (Brasil, 2012) estabelece limites mínimos e máximos para parâmetros como acidez total, fixa e volátil, teor alcoólico e de açúcar residual, bem como extrato seco, anidrido sulfurosos e cloretos totais.

O pH do fermentado de manga (3,73 ± 0,05) pode atuar na estabilidade da bebida e aumento de sua vida de prateleira, pois valores de pH abaixo de 4,0 inibem o crescimento e desenvolvimento de bactérias patogênicas ou deteriorantes. Baixos valores de pH também podem conferir frescor às bebidas (Asquieri et al., 2004). O pH foi inferior ao relatado por Asquieri et al. (2008) para fermentado de jaca (3,9) e superior quando comparado aos resultados de Paula et al. (2012) para fermentado de umbu (2,4), Silva et al. (2011) para fermentado de manga variedade Rosa (3,4), Fonseca et al. (2020) para manga da variedade Carlota (3,49), Ferreira et al. (2020) para fermentado de maracujá-do-mato (3,55) e da Silva Santos et al. (2020) para bebida alcoólica de goiaba (3,5).

Em fermentados de fruta, a acidez total é relacionada aos ácidos orgânicos dissolvidos no meio. A acidez volátil compreende, em sua maioria, ácido acético e outros voláteis e por fim, a acidez fixa é determinada pela diferença entre a

acidez total e a acidez volátil, portanto, representa o grupo de ácidos não voláteis contidos nos fermentados de fruta, tais como, o ácido succínico, málico, tartárico, láctico, cítrico, dentre outros (Aquarone et al., 2001).

Os teores de acidez total, fixa e volátil no fermentado alcoólico de manga foram: $83,34 \pm 6,65$; $54,50 \pm 1,8$ e $29,00 \pm 1,2$ mEq.L⁻¹, respectivamente. Os valores estão de acordo com padrões estabelecidos pela legislação para fermentados de fruta, exceto pela acidez volátil (Brasil, 2012). A acidez fixa quantificada foi inferior à relatada por Asquieri et al. (2004, 2008) ($99,00$ mEq. L⁻¹ e $94,00$ mEq.L⁻¹ para fermentados de jabuticaba e jaca, respectivamente), Fonseca et al. (2020) para manga Carlota ($123,76$ mEq.L⁻¹) e Ferreira et al. (2020) para maracujá-do-mato, sendo superior ao relatado por Paula et al. (2012) em fermentado de umbu ($42,80$ mEq. L⁻¹).

O teor alcoólico do fermentado de manga ($7,61 \pm 0,13$ g.L⁻¹) está em conformidade com a legislação brasileira vigente (Brasil, 2012) e próximo aos relatados por Silva et al. (2011) ($7,06$ g.L⁻¹) e Kumar et al. (2012) para fermentados de variedades de manga ($7,8$ a $10,3$ g.L⁻¹).

Os açúcares residuais ($1,24 \pm 0,04$ g.L⁻¹) foram inferiores a 3 g.L⁻¹, sendo, portanto, classificado como fermentado seco de acordo com a legislação brasileira para fermentados de fruta (Brasil, 2012).

O extrato seco representa as substâncias não voláteis do fermentado (Asquieri et al., 2004). O extrato seco do fermentado foi de $96,75 \pm 1,72$ g. L⁻¹, sendo similar a outros fermentados, tais como, o fermentado doce de jabuticaba ($96,26$ g. L⁻¹) e de fermentado de jaca ($96,8$ g. L⁻¹) e superior ao relatado para fermentado seco de jabuticaba ($39,8$ g. L⁻¹) (Asquieri et al. 2004; 2008), Fonseca et al. (2020) para manga Carlota ($16,48 \pm 0,59$ g. L⁻¹) e Ferreira et al. (2020) para fermentado de maracujá-do-mato. Elevados valores de extrato seco podem estar relacionados com a caramelização dos açúcares da amostra no processo de secagem, o que pode interferir na completa evaporação (Asquieri et al., 2008).

O teor de carotenoides encontrado no fermentado de manga foi de $17,33 \pm 1,97$ mg. L⁻¹. Silva et al. (2011) encontraram valores inferiores ($9,8 \pm 0,26$) para esse parâmetro em fermentado elaborado a partir de manga "Rosa".

A concentração de fenólicos totais ($24,60 \pm 0,10$ mg de catequina por 100 mL) está compreendida na faixa de valores relatados por Kumar et al. (2012) de 100 a 530 mg. L⁻¹ para fermentados produzidos a partir de diferentes variedades de manga.

3.2.2 Cinética da fermentação alcoólica

Os parâmetros cinéticos avaliados na fermentação alcoólica da polpa de manga podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores médios dos parâmetros cinéticos determinados na fermentação.

Parâmetro	Valores médios
C. ART ¹	92,91
Veloc. de Consumo ²	$0,17 \pm 0,04$
Y p/s ³	0,470
Produtividade ⁴	$0,23 \pm 0,02$
Eficiência ⁵	91,50
Rendimento ⁶	85,00

1: taxa de conversão de ART (%). 2: Velocidade de consumo de ART (g. h⁻¹) 3: fator de conversão do substrato em produto (g. g⁻¹). 4: Produtividade em etanol (g.L⁻¹.h⁻¹). 5: Eficiência (%). 6: Rendimento em etanol (%). Fonte: Autores.

A conversão total de açúcares redutores foi de 93%, sendo considerado excelente fator nas fermentações alcoólicas.

O fator de conversão de substrato (açúcares) em produto (etanol), o Y p/s, baseia-se na estequiometria da reação de fermentação alcoólica, em que 1 g de açúcar dará origem a 0,511 g de etanol, portanto, o valor ideal para o Y p/s é 0,511.

Oliveira et al. (2004) analisaram a capacidade fermentativa de diferentes linhagens de leveduras em meio sintético contendo glicose na concentração de 150 g.L⁻¹. No referido estudo as leveduras foram classificadas em grupos distintos de

acordo com os parâmetros de rendimento em etanol, taxa de conversão de ART, eficiência, fator de conversão de substrato em produto, dentre outros. Em relação ao Y_p/s , os autores classificaram as leveduras em três grupos: nível de conversão muito alto (0,491 - 0,510 g. g⁻¹), alto nível (0,451- 0,490 g.g⁻¹) e médio nível de conversão (0,420 - 0,450 g. g⁻¹). De acordo com essa classificação, o Y_p/s obtido no presente estudo (0,470) é considerado alto, sendo superior aos citados por Almeida et al. (2006) em fermentado do fruto do mandacaru (0,461) e por Silva et al. (2004) para fermentação de caju (0,300). Andrierra & Stupiello (1990) verificaram valores de 0,445 para a fermentação alcoólica de caldo de cana.

A produtividade em etanol do processo fermentativo em 48 horas foi de $0,23 \pm 0,02$ g.L⁻¹.h⁻¹, sendo inferior aos resultados relatados na literatura, tais como Almeida et al. (2006) que obtiveram produtividade de 1,75 g. L⁻¹. h⁻¹ em fermentação do fruto de mandacaru, Bortoloni et al. (2001) (0,74 a 2 g. L⁻¹. h⁻¹), Silva et al. (2004) que observou produtividade de 0,78 g.L⁻¹.h⁻¹ para fermentado de caju e por Alvarenga (2006) que obteve valores de produtividade de 3,48 a 5,11 g.L⁻¹.h⁻¹ para fermentação de polpa de manga.

A eficiência de conversão do substrato em etanol pela levedura foi de 91,5% superior aos relatados por Almeida et al. (2006) para fermentado do fruto do mandacaru (90,2 %) e por Silva et al. (2004) que relataram uma eficiência de 55,67 % para fermentado de caju. A eficiência da fermentação do presente estudo encontra-se dentro dos intervalos relatado por Alvarenga (2006) na fermentação de polpa de manga para a produção de aguardente (variação de 84,20 a 93,09 %) e por Bortoloni et al. (2001) que relataram valores de eficiência variando de 75,6 a 92,4% ao analisar diferentes arranjos para fermentação de kiwi. Ainda em relação à eficiência da fermentação do mosto de manga do presente estudo (91,5%), esta é superior ao relatado por Alvarenga et al. (2013) para fermentação dos mostos de manga (84,2%) e banana (78,2 %). De acordo com a classificação proposta por Oliveira et al. (2004), as leveduras do presente trabalho estão inclusas no intervalo de 88,1-95,0% para eficiência fermentativa, portanto, são consideradas como leveduras de alto nível de eficiência.

O rendimento em etanol da fermentação foi 85% superior aos relatados por Alvarenga et al. (2013) em fermentação de mosto de manga (82,9 %) e banana (77,2 %). Baseado na classificação proposta por Oliveira et al. (2004), as leveduras do presente trabalho provenientes de fermento comercial prensado apresentaram rendimento em etanol classificado como médio, compreendido na faixa de 83,1-87,0%. Fontan et al. (2011b) relataram um rendimento de 94% para a fermentação do mosto de melancia na produção de vinho.

A fermentação da polpa de manga foi eficiente. Essa afirmativa é corroborada pelos dados de conversão de substrato a produto, eficiência, produtividade e o rendimento em etanol do processo.

4. Conclusão

O fermentado alcoólico de manga apresentou valores satisfatórios em relação aos parâmetros físico-químicos e cinéticos analisados. Conclui-se que é possível produzir uma bebida alcoólica fermentada de manga de boa qualidade dentro dos parâmetros físico-químicos exigidos pela legislação a partir da levedura *S. cerevisiae* isolada de fermento comercial. Sendo assim, leveduras isoladas de fermento comercial, por apresentarem boa adaptabilidade ao meio fermentativo, podem ser empregadas em processos de fermentação para obtenção de bebidas alcoólicas com diferentes matrizes alimentícias. Sugere-se também sua utilização em outros processos fermentativos sem fins alimentares, como, por exemplo, a produção de etanol.

Referências

- Almeida, M. M., de Almeida Tavares, D. P. S., Silva, A., Rocha, L. D. S. C., da Silva, F. L. H., & Mota, J. C. (2006). Cinética da produção do fermentado do fruto do mandacaru. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 8 (1), 35-42.
- Alvarenga, L. M., Alvarenga, R. M., Dutra, M. B. L., & Oliveira, E. S. (2013). Avaliação da fermentação e dos compostos secundários em aguardente de banana e manga. *Alimentos e Nutrição*, 24 (2), 195-201.

- Alvarenga, L. M. (2006). Efeito do tratamento enzimático da polpa na produção de aguardente de manga. (Dissertação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- Asquieri, E. R., de Assis, E. M., Damiani, C., & Candido, M. A. (2004). Fabricación de vino blanco y tinto de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg) utilizando la pulpa y la cáscara respectivamente. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, 355, 97-110.
- Asquieri, E. R., Rabêlo, A. M. D. S., & Silva, A. G. D. M. (2008). Fermentado de jaca: estudo das características físico-químicas e sensoriais. *Food Science and Technology*, 28, 881-887.
- Assis Neto, E. F., da Cruz, J. M. P., Braga, A. C. C., & de Souza, J. H. P. (2010). Elaboração de bebida alcoólica fermentada de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Revista Brasileira de tecnologia agroindustrial*, 4 (2), 186-197.
- Association Of Official Analytical Chemists (AOAC) (2007). *Official Methods of Analysis*. (18th ed), Gaithersburg, MD, USA.
- Barbosa, C. D. (2014). Obtenção e caracterização de vinho e vinagre de manga (*Mangifera indica* L.): parâmetros cinéticos das fermentações alcoólica e acética. (Dissertação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- Bekatorou, A., Psarianos, C., & Koutinas, A. A. (2006). Production of food grade yeasts. *Food Technology & Biotechnology*, 44(3), 407-415.
- Brasil. (2008). Portaria n. 64 de 23 de abril de 2008. Aprovam os regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas fermentadas: fermentado de fruta, sidra, hidromel, fermentado de cana, fermentado de fruta licoroso, fermentado de fruta composto e saquê. Brasília, DF.
- Brasil. (2012). Instrução Normativa nº 34 de 29 de novembro de 2012. Estabelece a complementação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas fermentadas. Brasília, DF.
- Cardoso, M. G. (2001). *Produção de aguardente de cana-de-açúcar*. Editora UFLA.
- Carvalho, C. R. L., Rossetto, C. J., Mantovani, D. M. B., Morgano, M. A., Castro, J. V. D. & Bortoletto, N. (2004). Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas comparadas a outras de importância comercial. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26 (2), 264-271.
- Chitarra, M. I. F. & Chitarra A. B. (1990). Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. ESAL/FAEPE.
- Chitarra, M. I. F. (1998). Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In *Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola* (Vol. 27, pp. 1-59).
- Chitarra, A. B.; Chitarra, M. I. F. (2005). Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Editora UFLA.
- Cunha, G. D., Sampaio, J. M. M., Nascimento, A. D., Santos Filho, H. P., & Medina, V. M. (1994). Manga para exportação: aspectos técnicos da produção. Embrapa.
- Paula, B. D., Carvalho Filho, C. D., Matta, V. M. D., Menezes, J. D. S., Lima, P. D. C., Pinto, C. O., & Conceição, L. E. M. G. (2012). Produção e caracterização físico-química de fermentado de umbu. *Ciência Rural*, 42 (9), 1688-1693.
- Embrapa semi-árido. (2022). Cultivo da mangueira. https://www.spo.cnpia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao1f6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7743&p_r_p_-996514994_topicoid=8288.
- FAO. (2019). *The State of Food Security and Nutrition in the World: Safeguarding against economic slowdowns and downturns*. <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>.
- Ferreira, L. G., Fonseca, A. A. O., de Novais Júnior, M. M., de Lima, J. G. F., de Jesus, R. S., de Souza Hansen, D., & da Silva, S. M. P. C. (2020). Desenvolvimento, avaliação sensorial e da estabilidade físico-química de um fermentado alcoólico de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) durante o armazenamento. *Brazilian Journal of Development*, 6(8), 58064-58078.
- Fontan, R. C. I.; Veríssimo, L. A. A.; Silva, W. S.; Bonomo, R. C. F.; Veloso, C. M. (2011b). Cinética da fermentação alcoólica na elaboração de vinho de melancia. *Boletim Ceppa*, 29 (2), 203-210.
- Fonseca, A. A. O., de Lima, J. G. F., da Silva, S. M. P. C., de Carvalho Costa, M. A. P., de Souza Hansen, D., Barbosa, G. V. V., & de Jesus, R. S. (2020). Produção, caracterização e avaliação sensorial de fermentado alcoólico de manga (*Mangifera indica* L.) variedade "Carlota". *Brazilian Journal of Development*, 6 (7), 46176-46192.
- Galli, J. A., de Arruda-Palharini, M. C., Fischer, I. H., & Martins, A. L. M. (2011). Características físico-químicas de variedades de manga cultivadas em sistema orgânico. *Cadernos de Agroecologia*, 6(2), 10474.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. (2008). Normas analíticas: métodos químicos e físicos para alimentos.
- Instituto Nacional de Frutos Tropicais. (2022). Frutos Tropicais: Valor Nutricional. www.frutostropicais.com.br/inct_nutricional.html
- Kumar, Y. S., Varakumar, S., & Reddy, O. V. S. (2012). Evaluation of antioxidant and sensory properties of mango (*Mangifera indica* L.) wine. *CyTA-Journal of Food*, 10 (1), 12-20.
- Lara, C. A. (2007). Produção de aguardente de banana: emprego de enzimas pectinolíticas e efeito de fontes de nitrogênio e quantidade de inóculo na formação de álcoois superiores. (Dissertação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- Lima, U. A. (2001). Aguardentes. In: Aquarone, E. et al. (Coord.) *Biotecnologia Industrial: alimentos e bebidas produzidos por fermentação* (Vol 3). Edgard Blücher. 145-182.
- Matos, A. P. (2000). Manga. Produção: aspectos técnicos. Embrapa.

- Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical chemistry*, 31(3), 426-428.
- Moretto, E. (1988). *Vinhos e vinagres:(processamento e análises)*. Editora da UFSC.
- Oliveira, E. S., Rosa, C. A., Morgano, M. A., & Serra, G. E. (2004). Fermentation characteristics as criteria for selection of cachaça yeast. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 20(1), 19-24.
- Oliver-Simancas, R., Munhoz, R., Diaz-Maroto, M. C., Pérez-Coello, M. S. & Alañón, M. E. (2020). Mango by-products as natural source of valuable odoractive compounds. *International Journal of Food Science and Technology*, 100, 4688-4695.
- Rufini, J. C. M., Galvão, E. R., Prezotti, L., Silva, M. B. D., & Parrella, R. A. D. C. (2011). Caracterização biométrica e físico-química dos frutos de acessos de manga'Uba'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33 (2), 456-464.
- Salik, F. L. M., & Povh, N. P. (1993). Método espectrofotométrico para determinação de teores alcoólicos em misturas hidroalcoólicas. *Congresso Nacional da Stab*, 5, 262-266.
- da Silva Santos, E. A., Moreira, T. L., de Aragão Rosa, R. D., Souza, D. S., da Silva Pereira, E., Mões, R. S., ... & Reis, M. F. T. (2020). Bebida alcoólica fermentada de goiaba (*Psidium guajava* L.): processamento e caracterização. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 31785-31798.
- Şener, A., Canbaş, A., & ÜNAL, M. (2007). The effect of fermentation temperature on the growth kinetics of wine yeast species. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(5), 349-354.
- Silva, A. C. D., Souza, A. P. D., Leonel, S., Souza, M. E. D., & Tanaka, A. A. (2012). Caracterização e correlação física e química dos frutos de cultivares de mangueira em São Manuel, São Paulo. *Magistra*, 24 (1), 15-26.
- Silva, D. F. P. D., Siqueira, D. L. D., Pereira, C. S., Salomão, L. C. C., & Struiving, T. B. (2009). Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata mineira. *Revista Ceres*, 56 (6), 783-789.
- Silva, N., da Silva, B. A., de Souza, J. H. P., Dantas, V. V., dos Reis, K. B., & da Silva, E. V. C. (2011). Elaboração de bebida alcoólica fermentada a partir do suco de manga rosa (*Mangifera indica* l.). *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 5(1), 367-378.
- Silva, M. E. (2004). Estudos cinéticos da fermentação alcoólica da produção de vinho e da fermentação acética de produção de vinagre de vinho de caju. (Dissertação). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.
- Silva, M. E., Torres Neto, A. B., Silva, W. B., Silva, F. L. H., & Swarnakar, R. (2007). Cashew wine vinegar production: alcoholic and acetic fermentation. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 24 (2), 163-169.
- Silva, P. H. A. D., Faria, F. C. D., Tonon, B., Mota, S. J. D., & Pinto, V. T. (2008). Avaliação da composição química de fermentados alcoólicos de jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba*). *Química Nova*, 31 (3), 595-600.
- Zieliński, H., & Kozłowska, H. (2000). Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(6), 2008-2016.