

Obtenção e caracterização de vinagre de manga pelo método de acetificação de Orleans

Obtaining and characterization of mango vinegar by the Orleans acetylation method

Obtención y caracterización de vinagre de mango por el método de acetificación de Orleans

Recebido: 13/06/2020 | Revisado: 13/06/2020 | Aceito: 13/06/2020 | Publicado: 27/06/2020

Cosme Damião Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2924-5143>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: barbosacosme@yahoo.com.br

Elaine Cristina da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3765-1221>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: elainecricos@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

Inayara Cristina Alves Lacerda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8729-5184>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: lacerda.inayara@gmail.com

Evelyn de Souza Oliveira Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3865-9105>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: evelynsolopes@yahoo.com.br

Resumo

O processo lento de obtenção de vinagre de fruta é baseado em baixa velocidade de acetificação, boa reprodutibilidade em laboratório e baixo custo. O estudo objetivou produzir um vinagre de manga pelo método de acetificação ou método de Orleans. A fermentação acética foi conduzida com fermentado de manga contendo 7% de álcool e adicionado de 100mL de vinagre forte não

pasteurizado como inóculo. A fermentação ocorreu por 28 dias, amostras foram retiradas a cada sete dias (0, 7, 14, 21 e 28). O vinagre de manga apresentou acidez volátil de $3,23 \pm 0,07 \text{ g.L}^{-1}$, acidez total $4,21 \pm 0,11 \text{ g.L}^{-1}$, pH ($3,28 \pm 0,03$), etanol residual $0,95 \pm 0,01 \text{ g.L}^{-1}$, carotenoides $12,67 \pm 1,14 \text{ mg. } 100\text{mL}^{-1}$) e compostos fenólicos totais ($31,80 \pm 2,00 \text{ mg catequina. } 100\text{mL}^{-1}$). A conversão em ácido foi de $0,799 \pm 0,01 \text{ g. g}^{-1}$ e o rendimento Gesamte Konzentration (GK) de $64,00 \pm 5,04\%$. O vinagre obtido apresentou níveis significativos níveis de carotenoides e fenólicos. É possível obter vinagre pelo método de acetificação lenta, entretanto é necessário o desenvolvimento de estudos para aumentar a produtividade, eficiência do processo e aumento do teor de ácido acético.

Palavras-chave: Bactéria ácido acéticas; Biotecnologia; Fenólicos; Compostos; Fermentação.

Abstract

The slow process to obtain fruit vinegar is based on low speed of acetylation, with good reproducibility in the laboratory and low expense. This study aimed to produce a mango vinegar by the method of slow acetylation or Orleans method. The acetic fermentation was carried with mango fermented with an alcohol content of 7% (v. v⁻¹) and added 100 ml of strong vinegar unpasteurized as inoculum. The fermentation occurred for 28 days, samples were removed every seven days (0, 7, 14, 21 e 28). Vinegar presented volatile acid content of $3.23 \pm 0.07 \%$, total acidity ($4.21 \pm 0.11 \%$), pH (3.28 ± 0.03), residual ethanol ($0.95 \pm 0.01 \%$), carotenoids ($12.67 \pm 1.14 \text{ mg. } 100\text{mL}^{-1}$) and total phenolic compounds ($31.80 \pm 2.00 \text{ mg catechin. } 100\text{mL}^{-1}$). The acid conversion was $0.799 \pm 0.01 \text{ g. g}^{-1}$ and the yield Gesamte Konzentration (GK) of $64.00 \pm 5.04 \%$. The vinegar obtained showed significant levels of total carotenoids and phenolics. It was possible to obtain sleeve vinegar by slow acetylation process, however it is necessary the development of studies regarding acetylation method in order to increase the productivity and efficiency of the process as well as to minimize evaporative losses, decrease the chances of contamination and to increase the acetic acid content in obtaining vinegar according to recommended in the current Brazilian legislation.

Keywords: Acetic acid bacteria; Biotechnology; Phenolic; Compounds; Fermentation.

Resumen

El lento proceso de obtención de vinagre de frutas se basa en la baja velocidad de acetificación, buena reproducibilidad en el laboratorio y bajo costo. El estudio tuvo como objetivo producir un vinagre de mango utilizando el método de acetificación o el método Orleans. La fermentación acética se realizó con mango fermentado que contenía alcohol al 7% y se añadió

con 100 ml de vinagre fuerte no pasteurizado como inóculo. La fermentación tuvo lugar a lo largo de 28 días, las muestras se tomaron cada siete días (0, 7, 14, 21 y 28). El vinagre de mango mostró una acidez volátil de 3.23 ± 0.07 gL⁻¹, acidez total 4.21 ± 0.11 gL⁻¹, pH (3.28 ± 0.03), etanol residual 0.95 ± 0.01 gL⁻¹, carotenoides 12.67 ± 1.14 mg. 100 ml⁻¹) y compuestos fenólicos totales ($31,80 \pm 2,00$ mg catq. 100 ml⁻¹). La conversión de ácido fue de 0.799 ± 0.01 g. g⁻¹ y el rendimiento de Gesamte Konzentration (GK) de $64.00 \pm 5.04\%$. El vinagre obtenido mostró niveles significativos de carotenoides y niveles fenólicos. Es posible obtener vinagre por el método de acetificación lenta, sin embargo, es necesario desarrollar estudios para aumentar la productividad, la eficiencia del proceso y aumentar el contenido de ácido acético.

Palabras clave: Bacterias del ácido acético; Biotecnología; Fenólicos compuestos; Fermentación.

1. Introdução

O processo de acetificação lenta, conhecido como método de Orleans, é o mais antigo e tradicional na produção de vinagre e a elaboração de vinagre de fruta por este método apresenta boa reprodutibilidade e baixo custo. Este processo consiste na oxidação do vinho, em recipientes semicheios, pelo contato com ar e pela ação de bactérias ácido acéticas (B.A.A).

B.A.A. são micro-organismos bastonetes, Gram-negativos, estritamente aeróbios que oxidam o etanol a ácido acético na presença de oxigênio. A razão área/volume é um parâmetro importante para este processo, pois durante o processo fermentativo bactérias ácido acéticas produzem polímeros de celulose que são depositados na superfície do líquido. A partir dessa deposição é formada uma película celulósica permitindo o suprimento de oxigênio atmosféricos aos micro-organismos aeróbios. Assim, os vinagres produzidos pelo método de acetificação lenta apresentam composição sensorial diferenciada pela maturação natural e gradual durante o processo (Aquarone; Borzani; Schmidell Netto & Lima, 2001; Rizzon & Meneguzzo, 2002; Spinosa, 2002; Zilioli, 2011)

No que diz respeito ao vinagre, este é um produto fermentado conhecido há milhares de anos e sua origem está intimamente relacionada a do vinho. No processo de produção os açúcares fermentescíveis são convertidos em etanol, pela ação de leveduras, e em seguida, por ação de bactérias ácido acéticas, o etanol é convertido em ácido acético. Durante a fermentação acética ocorre a produção de compostos que compõem o aroma dos vinagres, destacando-se três grupos: ácidos, álcoois e ésteres (Adams, 1985; Troncoso González & Chozas, 1987; Charles et al., 2000; Spinosa, 2002; Yamada & Yukphan, 2008; Zilioli, 2011).

Fermentado acético ou vinagre é o produto proveniente da fermentação acética do fermentado alcoólico de mosto de frutas, cereais, vegetais, da mistura de vegetais, mel ou ainda uma mistura hidro alcoólica, devendo o álcool ser potável e de origem agrícola. O mesmo, deve apresentar acidez volátil mínima de 4% (g. 100mL⁻¹) expressa em ácido acético e o grau alcoólico não deve ultrapassar 1 °GL, devendo ser obrigatoriamente pasteurizado. O fermentado acético é, então, classificado de acordo com a matéria-prima que o originou, sendo designados de fermentados acéticos ou vinagres, seguidos do nome da matéria-prima de origem (Brasil, 1999). Na literatura existem benefícios relacionados à utilização do vinagre, tais como, atividade antimicrobiana (Utyama, 2003; Pinto, Neves, Leão, & Jorge, 2008), propriedades cicatrizantes (Zandim et al., 2004) e antioxidante (Xu, Tao, & Ao, 2007).

A perda pós-colheita é um dos fatores de maior importância para o aumento do desperdício de matérias-primas alimentares. No entanto, a utilização de produtos de entressafra com emprego de técnicas de baixo custo e fácil acesso podem impactar positivamente na redução do desperdício e posterior geração de resíduos. Diante do exposto, objetivou-se utilizar matéria-prima de entressafra para produzir um vinagre de manga pelo método de acetificação lenta e caracterizá-lo quanto aos parâmetros físico-químicos e cinéticos da fermentação.

2. Metodologia

O presente estudo consiste em pesquisa laboratorial (Pereira, Shitsuka, Parreira & Shitsuka 2018). Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Microbiologia e Biocatálise da Faculdade de Farmácia, UFMG.

2.1. Matéria-prima

A matéria-prima utilizada constituiu-se de mangas da variedade Palmer (*Mangifera indica*) excedentes de safra, com grau de maturação uniforme, adquiridas no comércio local de Belo Horizonte- MG.

2.2. Micro-organismos

No processo de fermentação alcoólica utilizou-se células de levedura *Saccharomyces cerevisiae* isoladas de fermento comercial. O inóculo da fermentação acética consistiu de

bactérias ácido acéticas de vinagre forte não pasteurizado proveniente de indústria de vinagre de álcool.

2.3. Obtenção e tratamento enzimático da polpa de manga

Os frutos foram descascados, despulpados e a polpa foi tratada enzimaticamente com o complexo enzimático Pectinex Ultra SP® (Novozymes) com atividade de pectinase, celulase e hemicelulase (4000PG). Foram adicionados 0,025g do complexo enzimático para cada quilograma de polpa e incubados a 30°C por 70 minutos. A inativação enzimática ocorreu por elevação da temperatura a 90°C por 5 minutos seguida por choque térmico em banho de gelo (Lara, 2007).

2.4. Fermentação alcoólica

2.4.1. Preparo do mosto e acompanhamento da fermentação alcóolica

O mosto de fermentação (1:1) foi constituído de polpa de manga hidrolisada (2,5L), água estéril (2,5L), ajustado a 18° Brix e inoculado com 10^8 células. mL⁻¹ de leveduras. A fermentação foi realizada em balões de fundo chato a temperatura ambiente ($27 \pm 2^\circ\text{C}$) por 48 horas. Ao final do processo o fermentado alcoólico foi caracterizado quanto à acidez total, sólidos solúveis totais e teor de cinzas (Instituto Adolfo Lutz, 2008), etanol (Salik & Povoh, 1993), açúcares redutores totais (Miller, 1959), densidade (Brasil, 1999), carotenoides totais por extração em hexano e leitura a 450nm de acordo com a metodologia da Association Of Official Analytical Chemists (2007) e os compostos fenólicos totais extraídos em metanol 80% (Zieliński & Kozłowska, 2000).

2.4.2. Cálculo da eficiência e rendimento da fermentação alcoólica

- O rendimento da fermentação alcoólica foi calculado utilizando-se os valores de etanol produzido (% p.v⁻¹) em relação aos açúcares consumidos (% p.v⁻¹) x 100 (Aquarone et al, 2001).

- A eficiência da fermentação foi calculada pela relação: álcool produzido (% p.v⁻¹) /álcool teórico (% p.v⁻¹) x 100. O álcool teórico é calculado a partir dos açúcares consumidos x 0,5111.
- A produtividade da fermentação foi calculada considerando-se o etanol produzido (p.v⁻¹) em relação ao tempo total de fermentação (horas), em (g.L⁻¹.h⁻¹) de acordo com Aquarone et al. (2001).
- Fator de conversão de substrato em produto (Y p/s): calculado pela relação entre a formação do produto e o consumo do substrato, tem como princípio a estequiometria da reação, onde 1 g de açúcar originará 0,511 g de etanol.
- Velocidade de consumo do Substrato, determina a velocidade em que o açúcar é consumido pela levedura para a produção de biomassa e subprodutos, como por exemplo, o etanol. É expressa em gramas de açúcar consumido por unidade de tempo (g. h⁻¹).
- Conversão de substrato (ART), determina a quantidade de açúcares redutores consumidos em relação ao total de açúcares disponível no meio fermentativo. É expresso em porcentagem (%).

2.5. Fermentação acética

2.5.1. Preparo da calda e acompanhamento da fermentação acética

O fermentado alcoólico de manga (calda) com teor alcoólico de 7 g. L⁻¹ foi suplementado com 0,2 g de fosfato de amônia ((NH₄)₂HPO₄), 0,04 g de fosfato de potássio (K₂HPO₄), 0,03 g de sulfato de magnésio heptahidratado (MgSO₄7H₂O), 0,07g de bitartarato de potássio (KC₄H₅O₆) e 1,0g de glicose (C₆H₁₂O₆) (Suman, 2012; Zilioli 2011).

O processo de acetificação, em triplicata, foi realizado em vinagreiras com capacidade para 5 litros. Cada recipiente foi preenchido com 1000mL de calda, inoculadas com 100mL de vinagre forte (8 g.L⁻¹ de ácido acético), cobertos por tecido de algodão e submetidos a fermentação por 28 dias a temperatura ambiente (28 ± 2°C). Ao longo da fermentação foram realizadas amostragens (0, 7, 14, 21 e 28 dias), sendo submetidas a quantificação da acidez total, acidez volátil, acidez fixa e o pH de acordo com os métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). O teor de etanol foi pesquisado segundo metodologia proposta por Salik & Povoh (1993).

2.5.2. Tratamento final e caracterização do vinagre de manga

Ao final do período de acetificação o vinagre foi filtrado em papel filtro, envasado em frascos de vidro com capacidade para 500 mL e pasteurizados a 65°C por 30 minutos. O produto final foi caracterizado quanto à acidez total, acidez volátil, acidez fixa, teor alcoólico, pH, teor de cinzas e extrato seco de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008), densidade, carotenoides totais (Association of Official Analytical Chemists, 2007) e compostos fenólicos totais (Zieliński & Kozłowska, 2000).

2.5.3. Cálculo do rendimento e produtividade da fermentação acética

- O rendimento GK (*Gesammte Konzentration*) foi calculado pela eficiência da fermentação expressa pela soma da concentração de etanol (% v.v⁻¹) e ácido acético (% p. v⁻¹) no início e final da fermentação, sendo $\text{Rendimento GK} = (\text{GK final/GK inicial}) \times 100$ (Ebner, 1982).
- A produtividade em ácido acético foi calculada pela quantidade produzida de ácido acético em relação ao volume e tempo (g.L⁻¹.h⁻¹).
- Rendimento em ácido (Y_{ácido}), calculado pela razão entre a quantidade de produto formado pela concentração total de substrato e produto (calda), sendo $Y_{\text{ácido}} = \text{acidez do produto (\%)/concentração total calda}$ de acordo com Schmidell Netto et al. (2001).

3. Resultados e Discussão

Os valores médios dos parâmetros analisados nas fermentações alcoólica e acética para a obtenção do vinagre de manga pelo método de Orleans estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos das fermentações alcoólicas e acéticas na produção de vinagre de manga pelo método de Orleans.

Parâmetro	Vinho de manga	Vinagre de manga
pH	3,5 ±0,03	3,28±0,03
Acidez Total (g .100mL)⁻¹	0,4 ±0,01	4,21±0,11
Acidez Fixa (g .100mL)⁻¹	-	0,98±0,17
Acidez Volátil (g .100mL)⁻¹	-	3,23±0,07
ART residual (g. L⁻¹)	1,13 ±0,01	-
Cinzas (g . L⁻¹)	1,3 ±0,02	1,5±0,02
Extrato Seco (g . L⁻¹)	-	11,33±0,12
ES/Cinzas	-	7,55±0,10
Carotenoides (mg .100mL)⁻¹	18,00±0,08	12,67±1,14
Fenólicos Totais (mg catq.100mL)⁻¹	24,56±5,45	31,80±2,00
Etanol inicial (v. v⁻¹)	-	7,04±0,10
Etanol final (v . v⁻¹)	7,70±0,04	0,95±0,01
Produtividade (g. L⁻¹. h⁻¹)	0,38±0,01	0,005±0,001
Rendimento GK (%)	-	64,0±5,04
Rendimento em Etanol	90,0 ±0,70	-
Conversão de ART (%)	93,0±0,9	-
Y ácido(g. g⁻¹)	-	0,799±0,01
Y p/s (g. g⁻¹)	0,494	-

Fonte: dados dos autores.

3.1. Fermentação alcoólica

A fermentação alcoólica apresentou resultados satisfatórios quanto ao rendimento em etanol ($90,0 \pm 0,70$), conversão de ART ($93,0 \pm 0,9$), eficiência (96,7), conversão de substrato em produto - $Y_{p/s}$ (0,494) e teor de etanol ($7,70 \pm 0,0$), sendo possível afirmar bom desempenho do inóculo de leveduras (Tabela 1).

3.2. Fermentação acética

3.2.1. pH e acidez

O valor de pH do vinagre de manga (Tabela 1) foi de $3,28 \pm 0,03$, sendo próximo aos relatados por (Marques, Spinosa, Fernandes, Castro, & Caliari, 2010) para a produção de vinagres de frutas: laranja ($3,40 \pm 0,02$), maracujá ($3,33 \pm 0,01$), maçã ($3,10 \pm 0,02$) e tangerina ($3,51 \pm 0,02$). O vinagre de manga apresentou acidez total de $4,21 \pm 0,11 \text{ g. mL}^{-1}$ inferior aos valores relatados por Zilioli (2011) ao estudar a composição de vinagres produzidos por diferentes fontes vegetais. O autor relata valores de acidez total que variam entre 4,9 a 8,8g. mL^{-1} , sendo o vinagre de maracujá apresentando a menor acidez e o vinagre de uva com maior acidez.

O parâmetro acidez volátil refere-se aos ácidos orgânicos presentes no vinagre, sendo o ácido acético o mais abundante. Dessa forma, a concentração desse ácido no produto está intimamente relacionada com suas características sensoriais. O vinagre de manga (Tabela 1) apresentou acidez volátil ($3,23 \pm 0,07 \text{ g. } 100 \text{ mL}^{-1}$) inferior ao valor, mínimo de 4,0 g. 100 mL^{-1} , estabelecido pela legislação brasileira Brasil (1999). Marques et al. 2010), relataram acidez volátil para vinagres de laranja ($2,74 \pm 0,070$), manga ($3,28 \pm 0,215$), arroz ($3,70 \pm 0,325$), kiwi ($3,10 \pm 0,070$), maracujá ($3,91 \pm 0,107$), maçã ($4,17 \pm 0,041$) e tangerina ($4,01 \pm 0,070$). A redução dos valores de acidez volátil pode ser resultado de perdas por evaporação. Ainda em relação à acidez do vinagre de manga, a acidez fixa determinada foi de $0,98 \pm 0,17 \text{ g. } 100 \text{ mL}^{-1}$, sendo superior a maioria dos vinagres caracterizados por Zilioli (2011) com valores entre 0,24 e 0,93g. 100 mL^{-1} e inferiores apenas aos vinagres de toranja ($1,14 \text{ g. } 100 \text{ mL}^{-1}$) e maçã ($2,03 \text{ g. } 100 \text{ mL}^{-1}$).

3.2.2. Extrato seco, cinzas e razão ES/Cinzas

O extrato seco representa as substâncias não voláteis do fermentado alcoólico e os valores elevados podem estar relacionados com a caramelização dos açúcares da amostra durante o processo de secagem, o que pode interferir na completa evaporação (Asquieri, Candido, & Damiani, 2004; Asquieri, Da Silva Rabêlo, & De Moura e Silva, 2008). O extrato seco foi de $11,33 \pm 0,12$ g. L⁻¹, sendo superior aos vinagres de maracujá ($9,3 \pm 0,222$) e de maçã ($8,9 \pm 0,311$) e inferiores aos vinagres de manga ($14,8 \pm 0,302$), de laranja ($38,3 \pm 0,675$), de arroz ($14,3 \pm 0,378$) e de kiwi ($14,1 \pm 0,298$) obtidos por Marques et al., 2010.

Zilioli (2011), determinou em seus vinagres diferentes valores para extrato seco (g. L⁻¹) compreendendo valores de 1,20 a 24,99 g. L⁻¹, sendo os vinagres de arroz (1,20) e maracujá (24,99) os que apresentaram o menor e maior valor de extrato seco respectivamente. A legislação brasileira vigente estabelece que vinagres provenientes de álcool apresentem extrato seco máximo de 1,0 g. L⁻¹, já para os de frutas o máximo é de 6,0 g. L⁻¹. Os valores encontrados no presente estudo estão acima do estabelecido pela legislação (Brasil, 1999), portanto, esse aumento pode ser explicado pela adição de sacarose no mosto de manga para a padronização dos teores de sólidos solúveis totais.

O teor de cinzas ou resíduo mineral fixo do vinagre de manga, tabela1, (g. L⁻¹) foi inferior aos vinagres de manga ($2,25 \pm 0,073$), laranja ($3,65 \pm 0,008$), tangerina ($2,93 \pm 0,03$) e arroz ($3,75 \pm 0,115$), e próximo aos relatados para kiwi ($1,66 \pm 0,019$), maracujá ($1,45 \pm 0,024$) e maçã ($1,49 \pm 0,024$) como relatados por Palma (2001) e Marques *et al.* (2010). O teor de cinzas varia em função do processo e da matéria prima utilizada e a redução no teor de cinzas pode ser explicada pela necessidade de diluição do mosto na fermentação alcoólica (Palma, 2001)

A relação entre extrato seco e cinzas (Tabela 1) pode fornecer informações sobre possíveis adições de açúcares e outros compostos. Essas adições apesar de aumentarem o extrato seco não interferem no conteúdo mineral. O intervalo aceito para essa relação são valores entre 3 e 8 (Troncoso e Guzmán, 1987). O vinagre de manga produzido apresentou relação extrato seco e cinzas (7,55) na faixa de valores estabelecido.

3.2.3. Compostos fenólicos e carotenoides

Para o vinagre de manga (Tabela 1) os teores de compostos fenólicos totais foi de 31,80 $\pm 2,00$ mg de catequina em 100mL, sendo superior aos relatados por Marques *et al.* (2010) para

vinagres provenientes de diferentes fontes vegetais: maçã ($22,61 \pm 0,218$), kiwi ($17,61 \pm 0,055$), laranja ($28,83 \pm 0,397$), maracujá ($9,79 \pm 0,247$) e vinagres de vinho tinto ($31,86 \pm 1,503$) e vinho branco ($9,53 \pm 0,308$).

O conteúdo de carotenoides do vinagre de manga ($12,67 \pm 1,14 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) é superior ao relatado em fermentado alcoólico de manga “Rosa” ($9,8 \pm 0,26\text{mg}$) por (Silva *et al.*, 2011). Verifica-se que o vinagre de manga do presente estudo apresenta quantidade expressiva de compostos fenólicos e carotenoides tornando-se uma boa alternativa para a obtenção desses compostos e sua possível associação para a melhoria e manutenção da saúde.

3.2.4. Teor de etanol, rendimento e produtividade

O conteúdo de etanol final de $0,9 \pm 0,01 \%$ encontra-se dentro do limite máximo de $1,0 \%$ determinado pela legislação brasileira vigente (Brasil, 1999). De acordo com Artilles *et al.* (1993) citado por Marques *et al.* (2010), os vinagres obtidos pelo método de acetificação lenta apresentam teor alcoólico residual maior e rendimento em ácido acético menor quando comparados aos obtidos pelos métodos industriais, tal como o método submerso.

O rendimento em etanol foi superior aos relatados por (Alvarenga & Alvarenga, 2013) em fermentação de mosto de manga ($82,9 \%$) e banana ($77,2 \%$). O rendimento GK do processo de acetificação (64%) foi inferior quando comparados aos dados da literatura. O parâmetro leva em consideração a razão das somatórias inicial e final dos teores de etanol e acidez. De acordo com White (1971) um processo de acetificação é considerado eficiente quando a conversão de etanol em ácido acético é de 70% , contudo podendo chegar a valores bem mais expressivos, entre 90 e 98% dependendo do método empregado. O baixo valor para o rendimento está diretamente relacionado a perda de voláteis por evaporação durante o processo de acetificação.

O rendimento de substrato em ácido $Y_{\text{ácido}}$ do vinagre foi de $0,799 \pm 0,01$, sendo próximo dos relatados por Zilioli (2011) em processo de acetificação rápida para vinagre de arroz ($0,79$), mel ($0,78$), kiwi ($0,75$), laranja ($0,75$), maçã ($0,74$), maracujá ($0,73$) e uva ($0,73$).

4. Considerações Finais

O método de acetificação lenta, utilizando como inóculo o vinagre forte não pasteurizado, mostrou-se eficaz para a obtenção de vinagre de manga.

Os parâmetros físico-químicos e cinéticos analisados foram satisfatórios, entretanto torna-se necessário o aumento da acidez volátil e diminuição das perdas por evaporação.

O vinagre produzido demonstrou-se como boa fonte para ingestão de fenólicos e carotenóides.

Uma vez que vinagres produzidos pelo processo lento apresentam características sensoriais superiores quando comparados aos demais métodos, torna-se necessário estudos que minimizem o processo de evaporação durante o processo de acetificação e aumento do rendimento. Isso pode garantir vinagres de qualidade com maiores teores de acidez.

Referências

Adams, M. R (1985). Vinegar. In: Wood, B.J.B. *Microbiology of fermented foods*. (1985. V.1, p. 1-47). Elsevier Applied Science.

Alvarenga, L. M., & Alvarenga, R. M. (2013). Avaliação da fermentação e dos compostos secundários em aguardente de banana e manga. *Brazilian Journal of Food and Nutrition*, 24(2), 195–201.

Aquarone, E., Borzani, W., Schmidell Netto, W., & Lima, U. de A. (2001). *Biotechnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos*. São Paulo: Edgard Blucher.

Artiles, A. A., Romero, C. D., & Torre, A. H. (1993). Caracterization fisicoquímica de diferentes tipos de vinagres: determination de algunos parametros de naturaleza volátil. *Alimentaria*, 11, 105-107.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2007. *Official Methods of Analysis*. 18 th ed. Gaithersburg, M.D, USA.

Asquiere, E. R., Candido, M. A., & Damiani, C. (2004). Fabricación de vino blanco y tinto de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg). *Alimentaria*, 355, 97–109.

Asquiere, E. R., Da Silva Rabêlo, A. M., & De Moura e Silva, A. G. (2008). Fermentado de jaca: estudo das características físico-químicas e sensoriais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(4), 881–887. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000400018>

Brasil (1999). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.36, de 14 de outubro de 1999. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para fermentados acéticos. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 de outubro de 1999, Seção 1, 76.

Charles, M., Martin, B., Ginies, C., Etievant, P., Coste, G., & Guichard, E. (2000). Potent aroma compounds of two red wine vinegars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(1), 70–77. <https://doi.org/10.1021/jf9905424>

Ebner, H. (1982). *Vinegar*. IN: Reed, G. (ed.) *Industrial Microbiology*. Westport : AVI, 883, 802-834

Instituto Adolfo Lutz (2008). *Normas analíticas: métodos químicos e físicos para alimentos*. 4. ed. São Paulo.

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 alcoóis superiores*. Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Marques, F. P. P., Spinosa, W., Fernandes, K. F., Castro, C. F. de S., & Caliar, M. (2010). Padrões de identidade e qualidade de fermentados acéticos comerciais de frutas e vegetais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(SUPPL. 1), 119–126. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612010000500019>

Miller, G. L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426–428. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>

Palma, M. S. A.; Carvalho, L. F. C. P.; Gavóglia, L. C. (2001). *Vinagres*. In: AQUARONE, E. et al. *Biotecnologia Industrial*. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 183-208.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Pinto, T. M. S., Neves, A. C. C., Leão, M. V. P., & Jorge, A. O. C. (2008). Vinegar as an antimicrobial agent for control of *Candida* spp. in complete denture wearers. *Journal of Applied Oral Science*, 16(6), 385–390. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572008000600006>

Rizzon, L. A., & Meneguzzo, J. (2002). *Elaboração do vinagre*. Embrapa. <https://doi.org/1516-8107>

Salik, F. L. M.; Povoh, N. P. (1993). *Método espectrofotométrico para determinação de teores alcoólicos em misturas hidroalcoólicas*. In: Congresso Nacional da STAB 5, Piracicaba. p. 262-266.

Schmidell Netto, W., Lima, U. de A., Aquarone, E., & Borzani, W. (2001). *Biotecnologia industrial: engenharia bioquímica*. São Paulo: Edgard Blucher.

Silva, N. D. S. e, Silva, B. A. da, Souza, J. H. P. de, Dantas, V. V., Reis, K. B. dos, & Silva, E. V. C. da. (2011). Elaboração de bebida alcoólica fermentada a partir do suco de manga rosa (*Mangifera indica* L.). *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, Vol. 5.

Spinosa, W. A. (2002). *Isolamento, seleção, identificação e parâmetros cinéticos de bactérias acéticas provenientes de indústrias de vinagre*. Tese, Universidade Estadual de Campinas.

Suman, P. A. (2012). *Processo de obtenção de vinagre de gengibre*. Dissertação, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP.

Troncoso González, A. M., & Chozas, M. G. (1987). Volatile components in Andalusian vinegars. *Zeitschrift Für Lebensmittel-Untersuchung Und -Forschung*, 185(2), 130–133. <https://doi.org/10.1007/BF01850092>

Utyama, I. K. A. (2003). *Avaliação da atividade antimicrobiana e citotóxica in vitro do vinagre e ácido acético: perspectiva na terapêutica de feridas*. Dissertação, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

- Xu, Q., Tao, W., & Ao, Z. (2007). Antioxidant activity of vinegar melanoidins. *Food Chemistry*, 102(3), 841–849. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.013>
- Yamada, Y., & Yukphan, P. (2008). Genera and species in acetic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 125(1), 15–24.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.077>
- Zandim, D. L., Oliveira, F., Corrêa, B., Eduardo, J., Sampaio, C., & Júnior, C. R. (2004). The influence of vinegars on exposure of dentinal tubules: a SEM evaluation. *Brazilian Oral Research* 18(1), 63–68.
- 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. <https://doi.org/10.1021/jf990619o>
- Zilioli, E. (2011). Composição química e propriedades funcionais no processamento de vinagres. Doutorado, Universidade Estadual de Campinas.
- White, J. (1971). Vinegar quality: legal and commercial standards. *Process Biochemistry*, p. 21-25.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

- Cosme Damião Barbosa – 30%
- Elaine Cristina da Costa – 15%
- Isabella Maciel Costa – 15%
- Inayara Cristina Alves Lacerda – 20%
- Evelyn de Souza Oliveira Lopes – 20%