

FERMENTAÇÃO ACÉTICA DE TOMATES EXCEDENTES DE SAFRA PELO PROCESSO SUBMERSO

Wanessa Fernanda Scheidt¹, Bruna Mayara Sipp², Roberta Cechetti², Maurício Alberto Poletti Papi², Clóvis Bombardelli³

RESUMO: A cultura de tomates no sul do país vem se expandindo e a obtenção de vinagre é uma alternativa para o aproveitamento de excedentes de safra. O objetivo desse trabalho é aplicar a condutividade elétrica como um método de controle na produção de vinagre a partir de tomates oriundos. Utilizou-se o processo de fermentação submersa para o suco de tomate. Neste método, a fermentação ocorreu num pequeno reator de mistura completa, com o oxigênio sendo fornecido por borbulhamento de ar filtrado ao meio reacional. Amostras diárias do produto fermentado foram analisadas por titulometria de neutralização empregando solução de NaOH 1,0 molar. E através da condutância elétrica medida à temperatura ambiente. Com os resultados obtidos foram construídas curvas de correlação entre a acidez produzida pela fermentação e a condutividade medida.

PALAVRAS-CHAVE: condutividade, fermentação acética, vinagre.

AUTOMATION AND CONTROL OF PROCESS ACETYLATED OF TOMATO JUICE.

Tomato culture in south country has been expanding and the production of vinegar is an alternative to the use surplus crop. The Objective of this study is applying the electrical conductivity as a method of controlling the production of vinegar from derived tomatoes. Has been used the submerged fermentation process for the tomato juice. In this method, the fermentation happened in a small complete mix reactor, with oxygen being supplied by bubbling filtered air to the reaction medium. Daily samples of the fermented product were analyzed by neutralization titration using NaOH 1,0 molar. Through the electrical conductance measured at ambient temperature. With the results made curves of correlation between the acidity produced by fermentation and conductivity measurement.

KEY WORDS: conductivity, fermentation, vinegar.

INTRODUÇÃO

O vinagre é conhecido desde a antiguidade. Originalmente obtido pela fermentação espontânea do vinho, outras bebidas fermentadas e de mostos de frutas deixados ao ar (SACHS, 1990; AQUARONE et al, 2001). A palavra vinagre deriva de *vinaigre* do francês, substantivo que designa vinho azedo (SACHS, 1990; AQUARONE et al, 2001; MORETTO et al, 1988). Os povos antigos usavam o vinagre não só como condimento, mas também no preparo de bebidas, na conservação de alimentos e até como medicamento e cosmético (MORETTO et al, 1988).

A legislação brasileira define que vinagre é o produto obtido da fermentação acética do vinho (BRASIL, 1990, 1988) e deve conter uma acidez volátil mínima de 40 g por litro expressa em ácido acético (4%). Sua graduação alcoólica não pode exceder a 1ºGL e o vinagre deve ser obrigatoriamente pasteurizado. Um vinagre com mais de 80 g por litro de acidez volátil é o concentrado de vinagre usado exclusivamente para diluição (BRASIL, 1990).

A fabricação de vinagre proporciona um meio de utilização de matéria-prima inaproveitável dos estabelecimentos industriais de frutas e especialmente de propriedades rurais, que de outra maneira, não poderiam competir no mercado (EVANGELISTA J., 1989). Vinagres de frutas são considerados superiores em qualidades sensoriais e nutritivas, quando comparados a outros tipos de vinagres, apresentando características como sabor e aroma próprios (BORTOLINI, F. et al, 2001). Sob o aspecto nutricional, têm vitaminas, proteínas e aminoácidos provenientes do fruto e da fermentação alcoólica (AQUARONE, E. et al, 1983).

No Brasil há grande variedade de frutas que podem ser usadas na fabricação de vinagres. Estudos já realizados mostram a viabilidade de estar utilizando essas frutas (REIS, F.H.S. et al)

A maior parte das frutas são produtos de baixo valor agregado. Portanto, é interessante encontrar novas tecnologias que acelerem a produção de vinagre, minimizando os custos de produção através da utilização de equipamentos que ocupem menos espaço e sejam de fácil limpeza (PEDROSO, P.R.F, 2003).

O termo “fermentação”, no sentido mais amplo, pode ser definido como todo processo no qual microorganismos catalisam a conversão de uma dada substância em determinado produto (PEDROSO, P.R.F, 2003).

Segundo ALCÂNTARA, os fermentados acéticos são definidos como os produtos obtidos da fermentação acética do fermentado alcoólico de mosto de frutas, cereais ou de vegetais, de mel, ou da mistura de vegetais, ou ainda da mistura hidroalcoólica.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a fermentação acética de tomates, oriundos de safra utilizando processo rápido de acetificação: a fermentação submersa, oferecendo com isso ao produtor, uma alternativa para a diversificação de produtos derivados de tomate e para a diminuição de perdas pós-colheita.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATÉRIA-PRIMA

A matéria-prima utilizada foi uma mistura de cultivares de tomates excedentes de safra, com grau de maturação uniforme, adquiridas em supermercados.

MICROORGANISMOS

Para a fermentação alcoólica do suco de tomate, foi utilizada a bactéria *Saccharomyces cerevisiae*, a partir de fermento biológico seco. A fermentação acética foi conduzida pela inoculação de bactérias provenientes de vinagre de vinho não pasteurizado (vinagre forte), com acidez de 4,1% de ácido acético.

FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Processo de fermentação: Inicialmente fez-se o preparo do suco de tomate. Em um liquidificador (Arno) adicionou-se os tomates e 50 mL de água. Pesaram-se duas garrafas descartáveis (pet) separadamente anotando seus valores. Transferiu-se o suco para as garrafas descartáveis e pesou-se. Realizaram-se os cálculos necessários para a adição de fermento e de açúcar (Cristal) para cada garrafa, conforme Equações 1 e 2:

$$60g + M_{\text{açúcar}} = (M_{\text{suco}} + M_{\text{açúcar}}) \cdot 0,18 \quad (1)$$

¹Discente, Tecnologia em Processos Químicos, Campus de Toledo, UTFPR, Toledo, PR,

²Discente, Tecnologia em Processos Químicos, Campus de Toledo, UTFPR, Toledo-PR

³Doutor, Engenheiro Químico, UTFPR, Campus de Toledo, UTFPR, Toledo-PR

Sendo que 60 g é de açúcar pré-existente no suco do tomate, tomando-se por base 1,5 Kg de suco, (considera-se que o suco de tomate tenha 4% de açúcar). E 0,18 é a percentagem de açúcar presente no mosto.

$$M_{\text{fermento}} = \frac{M_{\text{açúcar}} \cdot 1\%}{100\%} \quad (2)$$

Para a garrafa A adicionou-se 220 g de açúcar e 2,2 g de fermento (1%). Para a garrafa B adicionou-se 85,73g de açúcar e 0,8 g de fermento. Fecharam-se as garrafas, permitindo a saída de gás CO₂ por uma pequena abertura na tampa da garrafa. Agitou-se o conteúdo e deixou-se descansar por 5 dias para completa fermentação.

Após o termino da fermentação filtrou-se o suco de tomate separando a parte sólida (polpa) da parte líquida (vinho de tomate). Descarou-se a parte sólida e guardou-se em garrafas descartáveis o vinho de tomate proveniente do suco de tomate.

FERMENTAÇÃO ACÉTICA

Processo submerso: Adicionou-se ao suco de tomate como o inoculante 100 mL de vinagre (“vinagre forte”, 4,1% ácido acético) e utilizou-se para o estudo, o processo de fermentação submersa (LIMA et al., 2001) realizada em batelada, em escala de laboratório. Neste método, a fermentação ocorreu em um pequeno reator de mistura completa com oxigênio sendo fornecido por borbulhamento no meio reacional. Foi acoplado a este sistema uma bomba de ar para distribuição de oxigênio no reator, no qual foram controlados o fluxo de oxigênio, o ar bombeado é filtrado por uma solução de NaOH 1,0 mol/L, e agitação constante fornecido por um agitador. A Figura 1 mostra a foto do sistema utilizado para o processamento da fermentação acética utilizando o reator de mistura completa.

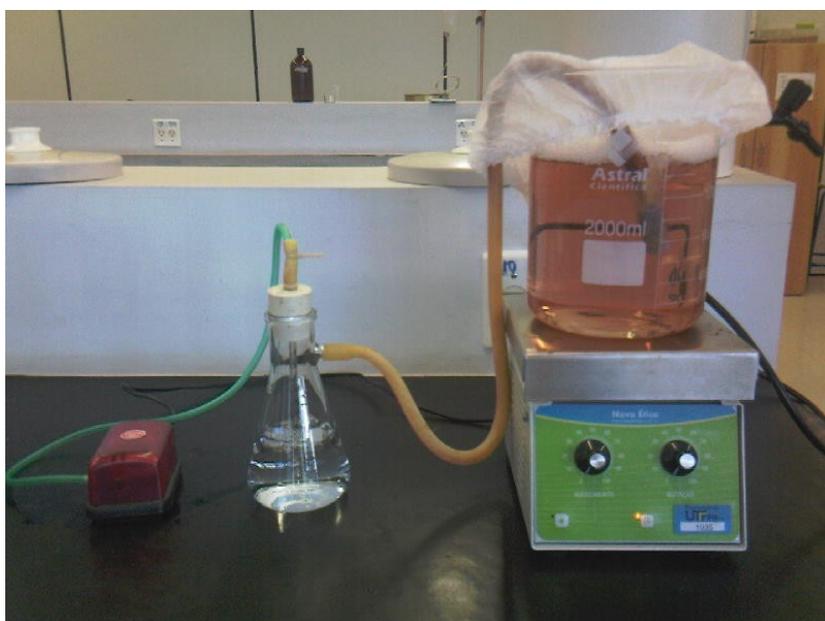


Figura 1 – Reator de mistura completa, com fornecimento de oxigênio.

A fermentação foi conduzida em temperatura ambiente (25 a 30°C), com volume de trabalho de 2 litros. Mediu-se a acidez inicial e a condutividade inicial do vinagre.

Durante o processo de acetificação, foram realizadas coletas diárias, em triplicata, para análise de acidez e condutividade.

Para a análise de acidez fez-se o preparo da solução aquosa de hidróxido de sódio 1,0 mol/L, com reagentes de grau analítico e padronizadas de acordo com a literatura (CIENFUEGOS, 2000). Determinou-se o teor de ácido acético através da Equação 3.

$$\%_{\text{ácido acético}} = \frac{6 \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot M_{\text{NaOH}} \cdot f}{V_{\text{amostra}}} \quad (3)$$

Para a construção de uma curva da condutividade teórica preparou-se soluções de diferentes concentrações de ácido acético, a partir da diluição de uma solução estoque de CH₃COOH 1,0 mol/L, medindo-se suas condutividades.

Para as análises de condutividade utilizou-se o condutivímetro (CD-820 INSTRUTHERM) previamente calibrado com solução padrão (solução padrão).

Diariamente retirava-se do béquer de 2.000 mL aproximadamente 50 mL do vinagre. Media-se a condutividade e temperatura, realizava-se uma titulação ácido-base, anotavam-se os valores obtidos.

O experimento foi realizado em 12 dias.

Acompanhamento da fermentação: Nos produtos finais foram realizadas, em triplicata, as seguintes determinações: acidez fixa expressa em % de ácido acético e a condutividade final expressa em mS/cm a 25°C.

Cinética da reação: O estudo da análise envolveu o levantamento das curvas de concentração x tempo por via química comparando-se a acidez com a condutividade obtida durante o período de ensaio (BOMBARDELLI, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de fermentação ocorreu à temperatura ambiente, que variou 24,9-29,2°C, sendo que a temperatura do mosto teve uma variação de 25,8°C a 30,9°C.

A Tabela 1 apresenta o teor de ácido no mosto de tomate, desde a adição do inoculo, vinagre de vinho não pasteurizado, a condutividade e a temperatura do mosto, ao longo da fermentação.

Tabela 1 – Período de fermentação com correspondente acidez, condutividade e temperatura

Período (dia)	Acidez (%)	δ (mS/cm a 25°C)	T (°C)
0*	1,07	3469	30,9
1	0,9	3938	31
2	0,9	4177	30,6
3	1,07	4564	30,3
5	1,41	4842	26,5
6	1,58	4948	27,1
7	1,64	5002	25,8
8	1,64	5000	28,2
9	1,64	5159	28,8
10	1,58	5109	30,8
11	1,58	5089	28,9
12	1,52	4958	29,8

*dia 0 corresponde ao início do processo, com a adição do inoculo.

O inóculo utilizado foi suficiente para a iniciação do processo fermentativo, havendo um grande aumento no teor de ácido acético, porém após o 11^o dia, a acidez começa um decline, podendo ser mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Teor de ácido acético vs. Período de fermentação acética do mosto de tomate para o processo de borbulhamento.

Ao longo do processo de acetificação do tomate, foi verificada uma pequena queda inicial a acidez desse, própria da produção de ácidos orgânicos, recuperando tal perda já no terceiro dia.

Objetivando-se o proposto pelo projeto, pode-se comparar a condutividade, analisando a Figura 4, com o teor de ácido acético atingido, Figura 3.

Figura 4 - Condutividade do mosto de tomate vs. Período de fermentação acética do mosto de tomate para o processo de borbulhamento.

Mediu-se a condutividade em relação à acidez de soluções padrão de ácido acético, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Condutividade vs. Acidez de soluções padrão de ácido acético

Colacionado-se o teor de ácido acético e a condutividade do mosto de tomate com a condutividade teórica, pode-se determinar a condutividade que melhor se enquadre a acidez máxima atingida, como mostrado na Figura 6. Para a sobreposição da curva teórica, adicionou-se uma constante da condutividade um valor de 4000 mS/cm, para alinhar-se a curva teórica com a experimental. Fato tal deve-se a presença de sais minerais constituintes do tomate, que elevam a condutividade.

Figura 6 - Comparação da condutividade teórica à condutividade do mosto de tomate

Pela falta de dados, a curva do mosto não é representativa, precisando-se de um maior número de análises para determinar-se a condutividade adequada, que condiga com a acidez necessária para a produção de um vinagre de boa qualidade.

Apesar do mosto de tomate, não ter atingido a acidez determinada pela legislação para ser classificado como vinagre de tomate (4%). Este experimento mostra que possível controlar o processo de acetificação do mosto pelo controle da condutividade.

CONCLUSÃO

Foi verificado que as bactérias acéticas utilizadas, provenientes de vinagre de vinho não pasteurizado, não foram eficientes na produção de ácido acético no processo analisado. Como pode ser observado, os teores de ácido acético nos produtos finais ficaram aproximadamente em 1,6 %.

A análise microscópica dos vinagres de tomate revelou presença de sujidades, larvas e parasitas, o que indica que o processo não foi apropriado e que não foi higienicamente bem conduzido. Outro fator que pode ter contribuído para o decréscimo do teor de ácido acético foi

a competição bacteriana ocorrida no processo, uma vez que o inocunante não contém apenas as bactérias responsáveis pela fermentação acética.

Necessita-se de estudos mais aprofundados utilizando-se cepas puras como inoculo.

NOMENCLATURA

δ = condutividade (mS/cm);

%_{ácido acético} = teor de ácido acético (m/m);

f = fator de correção do NaOH;

$M_{açúcar}$ = massa de açúcar adicionado (g);

$M_{fermento}$ = massa de fermento adicionado (g);

M_{NaOH} = concentração de NaOH (mol/L);

M_{suco} = massa de suco de tomate liquidificado (g);

$V_{amostra}$ = volume utilizado para a titulação ácido-base (mL).

V_{NaOH} = volume de NaOH utilizado na titulação (mL);

T = temperatura (°C).

REFERÊNCIA

ALCÂNTARA, S.R.; SWARNAKAR, R. Influência de variáveis do processo de fermentação acética contínua sobre o rendimento. IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, p. 260.

AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. Biotecnologia na produção de alimentos. Vol. 4. Editora Blücher, São Paulo, 523 p., 2001.

AQUARONE, E.; ZACANARO JÚNIOR, O. Vinagres. In: AQUARONE, E., LIMA, U. A., BORZANI, W. (coords): Alimentos e bebidas produzidos por fermentação - Biotecnologia. São Paulo: E. Blücher, v. 5, 1983. p. 104- 122, 243 p.

BOMBARDELLI, C.; ASSIS, M.L.; KALINOWSKI, H.J. Coke fouling monitoring by electrical resistivity. Rio Oil & Gás Expo and Conference, IBP-1713-08, 2008.

BORTOLINI, F.; SANT'ANNA, E.S.; TORRES, R.C. Comportamento das fermentações alcoólica e acética de sucos de kiwi (*Actinidia deliciosa*); Composição dos mostos e métodos de fermentação acética. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 21(2): 236-243, maio-ago. 2001

BRASIL. Lei Nº 7.678 de 08 de Novembro de 1988. Brasília: Imprensa Nacional, 1988.

BRASIL. Decreto nº 99.066 de 08 de Março de 1990. Brasília: Imprensa Nacional, 1990.

CIENFUEGOS, F.; VAITSMAN, D. "Análise Instrumental", Rio de Janeiro, editora Interciência Ltda, 2000.

EVANGELISTA, J. Tecnologia de Alimentos 2 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1989. 652 p.

LIMA, U. A. ; AQUARONE, E. ; BORZANI, W. ; SCHIMIDELL, W. . Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos. 1a . ed., São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 2001. V.1.593 p.

MORETTO, E.; ALVES, R.F.; ARCHER, P.M.B.; CAMPOS, C.M.T.; PRUDÊNCIO, A. J. Vinhos e Vinagres (processamento e análises). Editora da UFSC. Florianópolis, 167p., 1988.

PEDROSO, P.R.F. Produção de vinagre de maçã em biorreator AIRLIFT. Florianópolis: UFSC, 2003. 71 p. Tese (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

REIS, F.H.S.; SANTOS, P.J.; SILVA, C.R.; SILVA, G.L.J.P.; SILVA, M.L.C.P. Avaliação da acidez em vinagres comerciais e produtos de fermentação empregando titulometria com detecção condutométrica.

SACHS, L.G. Tecnologia dos produtos agropecuários – Transformações de produtos vegetais. FFALM, Bandeirantes, p.58-73, 1990.