

APLICAÇÃO DO PLANEJAMENTO FATORIAL PARA OTIMIZAÇÃO DO ESTUDO DA PRODUÇÃO DE FERMENTADO DO FRUTO DA PALMA FORRAGEIRA

Roseany de Vasconcelos Vieira Lopes¹, Aleksandra Silva Rocha²,
Flávio Luiz Honorato da Silva³, Josivanda Palmeira Gomes de Gouveia⁴

RESUMO

No contexto socioeconômico é muito importante para a região Nordeste do Brasil, a busca de fontes alternativas de renda que minimizem os seus graves problemas. Com base nisso, no presente trabalho foi pesquisada a melhor forma de aproveitamento e utilização de uma matéria-prima renovável e abundante na caatinga, o fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill). A metodologia utilizada consistiu na utilização de um reator em batelada com agitação mecânica, onde foram adicionados o suco da fruta integral clarificado e levedura de panificação, na temperatura de 30 °C. O decaimento do substrato limitante, a produção de células, o produto (etanol), o pH e a acidez total foram analisados em tempos regulares (estudo cinético). A média dos fermentados (vinhos) produzidos apresentou concentração de etanol acima de 6% (v v⁻¹), acidez total abaixo de 130 meq L⁻¹, pH de 3,5 e um sabor delicado e agradável. Dessa forma os resultados atenderam às especificações estabelecidas pela legislação brasileira.

Palavras-chave: *Opuntia ficus-indica* Mill, superfície de resposta, vinho, fermentação alcoólica

APPLICATION OF FACTORIAL DESIGN FOR OPTIMIZATION OF THE STUDY OF THE PRODUCTION OF FERMENTATION OF THE PRICKLY PEAR CACTUS FRUIT

ABSTRACT

The search for the alternative revenue sources is very important because it can minimize the socioeconomic problems of the northeast region of Brazil. With this point of view, a study of producing fermented product from of the prickly pear cactus fruit (*Opuntia ficus-indica* Mill), which is abundant and a renewable raw material of the Caatinga semiarid region, has been made. The fermentation experiments, at 30 °C temperature, were performed in a stirred batch bioreactor where a clarified juice of integral fruit and bakery yeast as inoculums were used. The decay of the limiting substrate, the production amount of the cells and the product ethanol formed, the pH and the total acidity of the n medium reaction were analyzed at regular time intervals. The average values of ethanol concentration, total acidity and pH observed for the wine produced were: above 6% (v v⁻¹), below 130 meq L⁻¹ and 3.5 respectively. The flavor was soft and pleasant. The results were compatible with the specifications established by the brazilian legislation.

Keywords: *Opuntia ficus-indica* Mill, response surface, wine, alcohol fermentation

¹ Engenheira Química, Mestre em Engenharia Química, UFCG, E-mail: roseanyvieira@yahoo.com.br

² Química Industrial, UEPB, E-mail: flhs@deq.ufcg.edu.br

³ Professor Dr. do Departamento de Engenharia Química, UFCG, Av. Aprígio Veloso 882 CEP 58.109-970, Campina Grande, Paraíba, E-mail: flavioluizh@yahoo.com.br

⁴ Professora Dra. do Departamento de Engenharia Agrícola, UFCG, Av. Aprígio Veloso 882 CEP 58.109-970, Campina Grande, Paraíba, E-mail: josi@deag.ufcg.edu.br

INTRODUÇÃO

O estudo para aproveitamento de culturas agrícolas é uma alternativa crescente que promove o desenvolvimento sustentável, seja em regiões como o Nordeste do Brasil ou em outras regiões de países em desenvolvimento, as quais possuem fontes de matérias-primas renováveis. No contexto sócio-econômico, é muito importante para a região semi-árida do Nordeste, a busca de alternativas que possam minimizar os graves problemas desta região. O tema sugere o aproveitamento de uma matéria-prima pouco utilizada para fins alimentícios, já que a palma forrageira é cortada e serve como alimento para o gado e os frutos, muitas vezes, são desperdiçados, em função de serem muito perecíveis, mas que é abundante na região mais seca do país, a caatinga, que possui um clima semi-árido, com altas temperaturas e pouca chuva, que, geralmente, se concentra, durante 3 a 5 meses, sendo muito irregular. Sua área de cultivo no Nordeste brasileiro é de mais de 400 mil ha, sendo a maior parte em Pernambuco e Alagoas (Lira et al., 1989). A área de predominância da caatinga é de aproximadamente 835000 km², isto é, cerca de 11% do território nacional incluindo todos os estados do Nordeste brasileiro, além do Norte de Minas Gerais. Em determinados pontos do sertão, a terra é toda rachada e seca, e a vegetação é muito escassa. Adaptada a estas condições de solo e clima é um tipo de vegetação da família das Cactáceas, do gênero *Opuntia*, ou comumente conhecida como palma forrageira. O seu fruto conhecido como figo-da-índia é ovóide, grande, amarelo ou roxo e com espinhos no pericarpo, possui elevado valor nutritivo, apresentando na sua composição fonte de fibras, uma boa concentração de carboidratos solúveis e cálcio rico em vitaminas (principalmente A e C) e magnésio. A polpa, amarelo-ouro é meio porosa, cheia de sementinhas pretas. Seu sabor é doce, com leve toque ácido e segundo Lopes (2004) a fruta é surpreendentemente refrescante.

De acordo com o mesmo autor a produção de frutas dessa cactácea destinada a exportação acabou se concentrando no estado de São Paulo, na cidade de Valinhos, onde existe um pomar com cactos.

Estudos e novas descobertas acerca de vinho vem sendo desenvolvidos ao longo dos séculos e segundo Dias (2001), a produção de vinho passou de somente arte para arte com

embasamento científico, ampliando-se as pesquisas em vitivinicultura.

A legislação brasileira afirma que fermentado de fruta é a bebida com graduação alcoólica de 4 a 14% em volume, a 20 °C, obtida da fermentação alcoólica do mosto de fruta sã, fresca e madura. Vinhos, que não são provenientes da uva, devem, obrigatoriamente, ser rotulados com a denominação fermentado (vinho) acompanhado do nome da fruta da qual se originou, como exemplos: fermentado (vinho) de abacaxi, fermentado de laranja, fermentado de caju, fermentado do figo-da-índia, entre outros, com sabores característicos de cada fruta (Brasil, 1997).

A obtenção do fermentado (vinho de fruta) se dá pela fermentação alcoólica, por difusão (Corazza et al., 2001), que é o tipo de fermentação em que se obtêm essencialmente etanol, mas que compreende um grupo de reações onde são produzidos também outros álcoois, como o metanol, propanol, butanol, por exemplo.

Dessa forma a pesquisa foi realizada com o objetivo de estudar o aproveitamento dos frutos da palma forrageira (figo-da-índia), buscando um produto de valor agregado e com tempo de prateleira, utilizando-se da metodologia de planejamento fatorial para verificar os efeitos das variáveis concentração de açúcares (°Brix) e concentração de leveduras sobre o % conversão e a produtividade de obtenção da bebida alcoólica fermentada. Nesta pesquisa foi analisada físico-quimicamente a bebida alcoólica procurando-se verificar se o produto produzido se enquadra na legislação brasileira vigente.

MATERIAIS E MÉTODOS

O fermentado da fruta da palma forrageira foi produzido em escala de bancada, onde foi utilizado um reator em batelada com agitação mecânica de capacidade de 5 L, confeccionado em tambor de plástico. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Engenharia Bioquímica do DEQ/CCT da UFCG e como matéria-prima, utilizou-se a polpa da fruta integral (utilização de toda a fruta). O processo de produção utilizado neste trabalho foi baseado no estudo de produção de vinho de caju (Silva, 2004) tendo sofrido algumas alterações (adaptações).

Obtenção e seleção de frutos

Os frutos da palma forrageira foram obtidos na região do cariri paraibano em Pocinhos e Soledade, e selecionados de acordo com o estado de maturação e conservação. As frutas passaram por uma seleção para eliminar as que estavam machucadas, verdes ou muito maduras. A seleção é um ponto importante para garantir um produto de boa qualidade, visto que as frutas machucadas, verdes e muito maduras apresentam fermentações indesejáveis, comprometendo a qualidade do vinho.

Retirada de espinhos, lavagem com água clorada e corrente e pesagem dos frutos

Foram retirados os espinhos dos frutos, em seguida, eles foram lavados com água clorada a 3%, permanecendo em repouso durante 15 minutos, visando a eliminar os microrganismos da parte externa da fruta (casca) e depois lavada em água corrente para eliminar as sujeiras mais grosseiras.

Após as lavagens, realizaram-se pesagens, em uma balança analítica, com o objetivo, ao fim do processo, de verificar o rendimento da produção.

Extração da polpa integral

A extração da polpa integral (casca + polpa) foi realizada com o auxílio de um liquidificador doméstico. Em seguida, mediu-se, volumetricamente, a polpa em embalagens de 3,5 L, fez-se a etiquetagem e armazenou-se em freezer com a finalidade de prolongar a vida útil.

Clarificação

Com a finalidade de clarificação (visando, principalmente, a retirada da pectina) do mosto, foi utilizada uma solução de gelatina comercial, incolor e sem sabor, a 10% (m v⁻¹), adicionando-se 6 mL L⁻¹, levando-o, em seguida, a geladeira por 24 h para promover uma melhor floculação da polpa e, conseqüentemente, a pectina, já que essa proporciona a produção de metanol ao final da fermentação.

Filtração do mosto

Depois da etapa de clarificação, o mosto foi novamente filtrado em tecidos de algodão 100%, previamente limpos e

esterilizados em estufa, fazendo-se torções para a direita e para a esquerda.

Sulfitação, adição de nutrientes e do inóculo

A sulfitação foi realizada com a finalidade de desinfetar o suco, evitando reações oxidativas como, degradação de vitaminas, degradação de carotenóides, reações de escurecimento com compostos fenólicos (Borenstein, 1987) e proliferação de microrganismos. O metabissulfito de potássio (K₂S₂O₅), foi adicionado ao mosto numa concentração de 3 gramas para cada 10 litros de suco clarificado. A adição de nutrientes, fósforo (KH₂PO₄) e nitrogênio [(NH₄)₂SO₄] foi realizada visando a suplementar, satisfatoriamente, as necessidades do microrganismo (levedura). O microrganismo utilizado foi a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (fermento de panificação, marca Fleischmann (70% de umidade), com viabilidade de 90%).

Preparo do inóculo

Com a finalidade de ampliar a produção em escala, em trabalhos futuros, para que seja produzido o vinho no campo, foi preferível utilizar o fermento de panificação (*Saccharomyces cerevisiae*) que é mais acessível ao pequeno produtor rural. Dessa forma, o fermento foi adicionado na concentração de 5 a 25 g L⁻¹.

Fermentação

Nessa etapa, ocorre a reação de conversão de açúcares em álcool e gás carbônico. A fermentação foi conduzida em reator batelada de polietileno, agitado com agitadores magnéticos, com capacidade de 5 L. As análises da fermentação foram realizadas em intervalos de três horas. O término de todas as fermentações se deu, quando as concentrações de °Brix alcançaram valores em torno de 3,5, que corresponde a 37,0 g L⁻¹ de sacarose, com a finalidade de se obter fermentados suaves (Brasil, 1988). As análises foram feitas em tempos regulares e foram: decaimento de substrato (°Brix), a produção de células (biomassa), o produto (etanol), o pH e a acidez total.

Decantação e trasfega

Finalizada a fermentação, o vinho foi levado à geladeira por 24 h para facilitar a decantação da levedura, devido o fato da

levedura ser menos solúvel a baixas temperaturas. Dessa forma, após esse período foi feita a primeira trasfega do vinho de um reator para kitassatos de 1000 mL, com o auxílio de uma bomba a vácuo, rolha com saída superior, e mangueiras de conexão e sucção, descartando-se, assim, a levedura.

Filtração engarrafamento e conservação

Após a trasfega, o vinho foi filtrado e engarrafado. O engarrafamento foi feito em garrafas PET, com capacidade de 1000 mL, visto que as garrafas apropriadas para vinhos de vidro verde escuro não acondicionaram, adequadamente, permitindo vazamento, entrada de oxigênio e microrganismos indesejáveis. As garrafas foram vedadas com fita plástica adesiva. Após o engarrafamento, o vinho foi pasteurizado em banho-maria a 65 °C por 30 min, depois resfriado e conservado em garrafas para envelhecimento.

Planejamento fatorial

O planejamento experimental fatorial desse trabalho foi elaborado para a produção do fermentado da fruta integral, onde foram especificados os níveis das variáveis de entrada em dois, que foram: °Brix e a concentração inicial de levedura, realizando-se sete experimentos, sendo 4 experimentos distintos e 3 no ponto central. As variáveis respostas foram: % de conversão e produtividade.

O % de conversão, a produtividade $g (L \cdot h)^{-1}$, o rendimento em relação ao produto ($Y_{P/S}$) e a velocidade específica máxima de crescimento do microrganismo ($\mu_{m\acute{a}x}$) para a produção do vinho da fruta integral, foram calculados a partir das Equações 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

$$\% \text{convers\~{a}o do vinho} = \frac{Q_{EXP}}{Q_{TEO}} \times 100 \quad 1$$

$$\text{Produtividade do vinho} = \frac{Q_{EXP}}{t} \quad 2$$

$$Y_{P/S} = \frac{P}{S_0 - S_f} \quad 3$$

$$\mu = \frac{1}{X} \frac{dx}{dt} \quad 4$$

em que:

- Q_{EXP} - Concentração de etanol experimental
- Q_{TEO} - Concentração de etanol máxima teórica (estequiométrica)
- t - Tempo de fermentação, h
- P - Etanol produzido, $g L^{-1}$
- S_0 - Concentração inicial de sacarose, $g L^{-1}$
- S_f - Concentração final de sacarose, $g L^{-1}$
- μ - Velocidade específica de crescimento de microrganismos, h^{-1}
- X - Concentração do microrganismos, $g L^{-1}$

Análises realizadas durante a fermentação alcoólica

Durante a fermentação alcoólica do vinho da fruta da palma forrageira, foram realizadas análises em períodos de 3 h até o final da fermentação com uma concentração de sacarose ($g L^{-1}$), correlação com o °Brix, concentração de biomassa ($g L^{-1}$), concentração de ácidos totais ($g (100 mL)^{-1}$), pH e concentração de etanol ($v v^{-1}$).

A análise da concentração de açúcares foi realizada através de um areômetro, na determinação da concentração de etanol, foi utilizado o ebuliômetro, a concentração de células foi determinada pelo método gravimétrico, o pH por um pHmetro digital e a análise da acidez total foi utilizado o método da titulação volumétrica de neutralização.

A análise de determinação do metanol no vinho da fruta integral da palma forrageira foi feita através de cromatografia gasosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo dos efeitos do °Brix e da concentração de levedura sobre o % de conversão e produtividade para a produção de fermentado da fruta integral

Com o planejamento fatorial, verificou-se a influência das duas variáveis de entrada (concentração de levedura e do °Brix) sobre os valores das variáveis resposta (% de conversão e produtividade) do processo, buscando definir as faixas ótimas de operação do processo, ou seja, faixas que maximizem as respostas. Na Tabela 1, encontram-se os níveis das variáveis de entrada reais e codificadas (°Brix e Concentração de Levedura). Na Tabela 2, está a matriz de planejamento com as respostas (% de conversão e produtividade), as quais foram

obtidas a partir dos experimentos realizados com as combinações dos níveis estudados.

Tabela 1 – Níveis reais e codificados das variáveis de entrada

Variáveis	Nível -1	Nível 0	Nível +1
⁰ Brix	8	11	14
CLev.	5	15	25

Tabela 2 - Matriz do planejamento fatorial 2² e dados experimentais do % de conversão e da produtividade para os ensaios do fermentado da fruta integral

Ensaio s	C (°Brix)	CLev (g L ⁻¹)	C (%)	P g (L h) ⁻¹
1	-1	-1	81,3	0,67
2	+1	-1	69,1	2,28
3	-1	+1	87,8	2,90
4	+1	+1	44,9	5,89
5	0	0	80,0	1,90
6	0	0	78,0	2,63
7	0	0	72,2	2,18

C - concentração de °Brix; CLev - concentração de levedura; C (%) – conversão; P - produtividade

As Equações 5 e 6 representam os modelos empíricos codificados da regressão linear dos dados experimentais ajustados para % de conversão e a produtividade (g/L.h) do fermentado do fruta integral, respectivamente.

$$\% \text{ conversão} = \mathbf{73,28} - \mathbf{13,72B} - 4,45L - 7,7BL \quad (5)$$

$$\text{Produtividade} = \mathbf{2,63} + \mathbf{1,15B} + \mathbf{1,46L} + 0,35BL \quad (6)$$

Onde B e L representam concentrações de °Brix e levedura (g L⁻¹), respectivamente.

Os parâmetros em negrito são os estatisticamente significativos ao nível de 95% de confiança.

Na Tabela 3 encontram-se os parâmetros das análises de variância

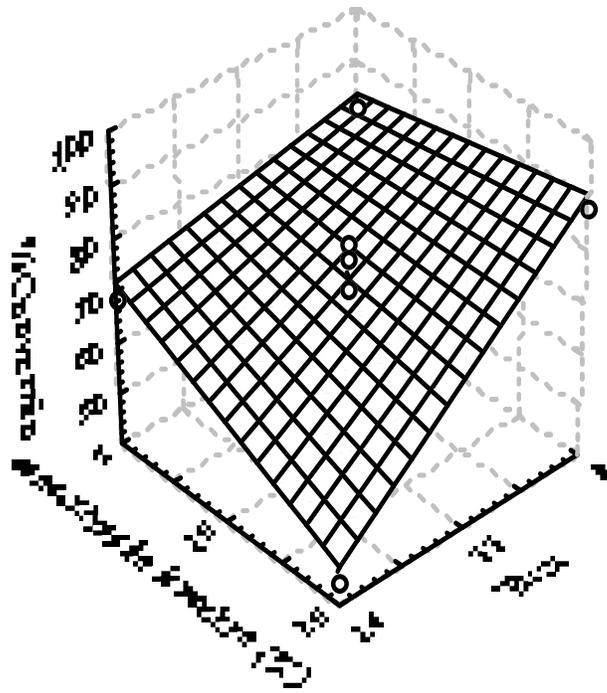
(coeficiente de variação explicada R² e teste F) para o ajuste do modelo linear com 4 parâmetros, para % de conversão e produtividade g (L h)⁻¹. Observa-se que os modelos do % de conversão e produtividade descritos nas Equações 5 e 6 são, estatisticamente, significativos, pois os coeficientes de variação explicada (R²) são satisfatórios e a razão de Fcalculado por Ftabelado está acima de 1, para um nível de confiança de 95%, indicando que o modelo é, estatisticamente, significativo (Barros Neto et al., 2001). Assim, pode-se construir as superfícies de resposta para análises das faixas ótimas de operação das variáveis de entrada que maximizem as respostas em estudo.

Tabela 3 – Parâmetros da análise de variância para % de conversão e produtividade g (L h)⁻¹

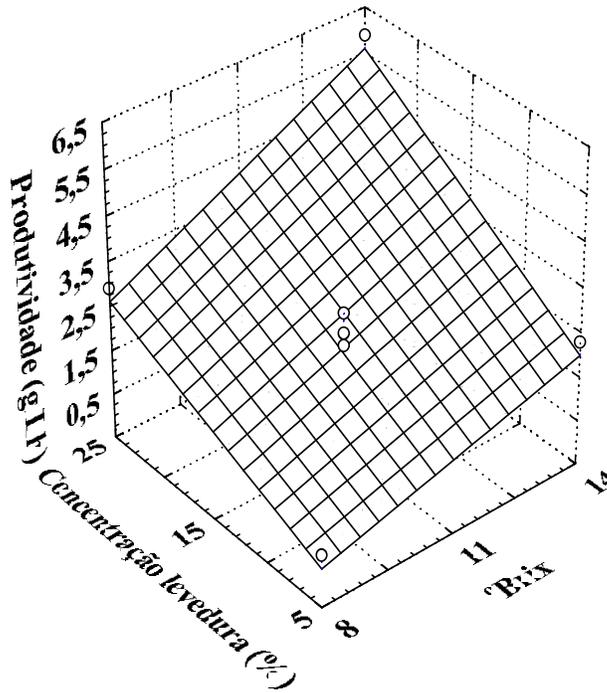
Parâmetros	% conversão	Produtividade g (L h) ⁻¹
R ²	93,0	93,0
Teste F	12,53	12,86
Fcalculado/Ftabelado	3,5	3,7

Na Figura 1, estão as superfícies de resposta, mostrando os efeitos das variáveis: °Brix e concentração de levedura sobre o % de conversão e a produtividade do fermentado da fruta integral, respectivamente. Pode-se observar na Figura 1A, que, com a diminuição do °Brix e dos valores médios de concentração de leveduras, o % de conversão da fermentação aumenta, chegando a um valor máximo de 90%. Verifica-se que a influência do °Brix é bem maior que a da concentração inicial de leveduras na resposta. Operando-se com °Brix fixado em 8 e concentração de leveduras = 15 (ponto central), obtém-se % de conversão de 90.

Na Figura 1B, verifica-se que as duas variáveis de entrada (°Brix e concentração inicial de leveduras) influenciam na resposta (produtividade). Observa-se que, com o aumento do °Brix e da concentração de leveduras, aumenta-se a produtividade do processo, chegando a valor máximo de 6,0 g (L h)⁻¹.



A



B

Figura 1 - Superfície de resposta: variação de % conversão (A) e produtividade (B) em função das concentrações de °Brix e levedura para o fermentado da fruta integral

Avaliação dos parâmetros cinéticos da fermentação

O cálculo dos parâmetros cinéticos e a avaliação deles são importantes, uma vez que podem servir para futuro estudo de modelagem e simulação por computador do processo. Os valores dos parâmetros cinéticos para os vinhos do fruto integral do rendimento de produto em relação ao substrato ($Y_{P/S}$) e velocidade específica máxima ($\mu_{m\acute{a}x}$) foram calculados, utilizando-se as Equações 3 e 4.

Na Tabela 4, encontram-se os resultados do % de conversão, produtividade e os parâmetros cinéticos da fermentação: rendimento em relação ao produto $Y_{P/S}$ e $\mu_{m\acute{a}x}$ para o vinho do fruto integral e dados semelhantes da literatura para efeitos de comparação.

Tabela 4 – Dados referentes às médias dos parâmetros: % conversão, produtividade $g (L h)^{-1}$, $Y_{P/S}$ e $\mu_{m\acute{a}x}$ para o vinho do fruto integral comparados a literatura

Parâmetros	Média dos Parâmetros	Valores Literatura
Conversão	73,29	38,65 – 47,23 ^a
Produtividade	2,6	0,74 – 2,0 ^b
$Y_{P/S}$	0,39	0,323 ^a – 0,44 ^c
$\mu_{m\acute{a}x}$	0,16	0,19 h^{-1} ^d

Fonte: ^aTorres Neto et al. (2003); ^bBertolini et al. (2001); ^cAndrietta e Stupiello (1990); ^dSilva (1998)

Observa-se, Tabela 4, que o % de conversão (73,29) e a produtividade (2,6 $g (L h)^{-1}$), valores médios dos sete experimentos de cinética, apresentam, em geral, valores acima das faixas encontradas na literatura.

O parâmetro cinético ($Y_{P/S}$) tem um valor dentro da faixa encontrada na literatura, o ($\mu_{m\acute{a}x}$) calculado apresenta um valor abaixo do encontrado na literatura, mas relativamente próximo.

Em termos gerais, pode-se considerar que os dados experimentais dos parâmetros cinéticos, do % conversão e produtividade são satisfatórios, visto que, em determinadas comparações, os valores estão acima dos encontrados na literatura, o que indica uma conversão e produtividade maior do que em outros estudos realizados.

Por análise de cromatografia gasosa, verificou-se que a concentração de metanol no

fermentado foi de 1,4 $mg (100mL)^{-1}$, que não representa nem 1% do máximo permitido pela legislação. Sendo assim, o valor da concentração de metanol encontra-se bem abaixo do máximo permitido pela legislação brasileira, ou seja, abaixo da concentração considerada como tóxica, indicando que a metodologia utilizada para retirada da pectina foi bem conduzida, uma vez que o metanol presente no vinho é produzido na fermentação alcoólica, através da degradação da pectina. O ministério da Agricultura – Portaria nº 84 de 25 de Abril de 1989, citado por Rizzon et al. (2003), afirma que a concentração máxima de metanol permitida nos vinhos de mesa é de 35 $mg (100mL)^{-1}$ da bebida.

Ao término da fermentação os resultados finais médios dos sete experimentos obtidos para pH, açúcares finais, acidez total e concentração de etanol foram de 3,31; 21,9 $g.L^{-1}$; 0,45 $g (100mL)^{-1}$ e 6,05% ($v v^{-1}$), respectivamente, valores dentro do estabelecido pela legislação brasileira acerca de vinho suave de mesa (Rizzon et al., 2003). O fermentado da fruta da palma apresentou cor límpida e odor característico da fruta.

CONCLUSÕES

os resultados encontrados permitiram concluir que:

- A produção dos vinhos do fruto integral é, tecnicamente, viável, podendo minimizar o desperdício do fruto de uma maneira geral, apresentando altos rendimentos no aproveitamento do fruto.
- As cinéticas fermentativas apresentaram boas conversões de substrato em etanol.
- Ocorreram melhores resultados de % de conversão e produtividade para maiores concentrações de levedura, alcançando valores máximos de 90% e 6,0 $g (L h)^{-1}$, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrietta, S.R.; Stupiello, J.P. Simulação e modelagem para processo de fermentação alcoólica (II) contínua. *Revista Stab Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v.9, n.2, p.45-51, 1990.

- Barros Neto, B.; Scarmínio, J.S.; Bruns, R.E. **Como fazer experimentos**. Editora Unicamp, Campinas, São Paulo, 2001, 401p.
- Borenstein, B. The role of ascorbic acid in foods. **Food Technology**, Chicago, v.4, n.11, p.98-99, 1987.
- 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. **Ciências e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.21, n.2, p.236-246, 2001.
- Brasil, Lei nº 7678 de 08 de outubro de 1988. **Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento.
- Brasil, Decreto nº 2314, 4 de setembro de 1997, **Dispõe sobre o registro, classificação, padronização, controle, inspeção e fiscalização de bebidas**. Diário Oficial da União. Brasília.
- Corazza, M.L.; Rodrigues, D.G.; Nozaki, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. **Química Nova**, São Paulo, v.24, n.4, p.449-452, 2001.
- Dias, D.R. **Elaboração de bebida alcoólica fermentada a partir de mostos de cajá (*Spondias mombin*) e cacau (*Theobroma cacao*)**. Lavras: UFLA, 2001. 130p. (Dissertação de Mestrado).
- Lira, M.A.; Farias, I.; Santos, M.V.F.; Filho, J.J.T. Introdução, geração e avaliação de clones de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica Mill*). In: Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes. 1989, Natal, **Anais...** Natal: EMPARN, 1989, p.241.
- Lopes, R.V.V. **Estudo cinético da produção de vinho do fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica Mill*)**. Campina Grande: UFCG/DEQ, 2005. 95p. (Dissertação de Mestrado).
- Rizzon, L.A.; Zanuz, M.C.; Manfredini, S. **Como elaborar vinho de qualidade na pequena propriedade (Embrapa Uva e Vinho)**. Documentos, 12, Bento Gonçalves, p.34, 2003.
- Silva, F.L.H. **Modelagem, simulação e controle de fermentação alcoólica contínua extrativa**. Campinas: UNICAMP/FEA, 1998. 162. (Tese de Doutorado).
- Silva, M.E da. **Estudos cinéticos da fermentação alcoólica para produção de vinho e fermentação acética para produção de vinagre de vinho de caju**. Campina Grande: UFCG/DEQ, 2004. 178p. (Dissertação de Mestrado).
- Torres Neto, A.B.; Silva, A.R.; Medeiros, C.D.; Meneses, J.M.; Silva, W.B.; Silva, F.L.H.; In: INIC Encontro de Iniciação Científica, 7, 2003, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2003. v.1, CD Rom.