

APROVEITAMENTO DE MAÇÃS IMPRÓPRIAS PARA CONSUMO HUMANO PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL

Guilherme Martello, Claudio Marafon, Vinicius Mazzone, André Rech, Camilla Rodrigues, Raquel Dalla Costa da Rocha, Gracielle Barbieri

Curso de Engenharia Bioenergética. Departamento de Exatas. Universidade do Oeste de Santa Catarina. Xanxerê – SC.

e-mail: tellino_515@hotmail.com

Recebido em 08 de março de 2010.

Aceito em 15 de junho de 2010.

RESUMO

Mesmo sendo uma preferência nacional, uma grande porcentagem de maçã é descartada diariamente por diversos fatores, como avanço na podridão e aspectos não aceitáveis para comércio. Como essa fruta apresenta uma concentração significativa de açúcar, pode ser utilizada na produção de produtos fermentativos, como o vinagre e em especial o etanol. No Brasil, grande atenção vem sendo dada à produção de bioetanol como energia renovável, não apenas aliviando a dependência de petróleo como colaborando para atenuar os efeitos do aquecimento global, dessa forma, este projeto baseia-se em uma avaliação inicial da produção de bioetanol a partir de maçãs impróprias para consumo humano que são descartadas no comércio de Xanxerê – SC. As porcentagens de bioetanol produzido pelas maçãs descartadas apresentaram valores equivalentes aos encontrados dentro da literatura, entre 4,2 e 9,2%. Baseando-se nestes resultados, as maçãs impróprias para consumo são ótimas matérias-primas para a produção de biocombustível – bioetanol, desde que avaliadas seu nível de podridão anteriormente ao processo.

Palavras-chave: Maçã; Descartes; Leveduras; *Saccharomyces cerevisiae*; Biocombustível; Bioetanol.

1. INTRODUÇÃO :

A maçã é nativa da Europa e da Ásia e possuem mais de 7.500 espécies e variedades, sendo as mais cultivadas: gala, golden delicious e fuji. Basicamente, podem ser classificadas em função do seu uso, em três tipos: mesa, indústria ou próprias à fabricação da fermentados [1].

A maçã Fuji, a mais utilizada comercialmente, é resultante do cruzamento 'Ralls Janet' e 'Delicious' e está entre as quatro novas cultivares de macieiras mais promissoras no contexto mundial na atualidade (aproximadamente 40% da área plantada com macieira no Brasil) [2].

A produção de maçãs no Brasil provém especialmente do Sul e do Sudeste do país, onde os estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná são responsáveis pelas quase totalidades do volume produzido. O setor agrícola de produção de maçã nesses Estados abastece quantitativamente o mercado nacional e participa de processos de exportação da fruta para os entrepostos holandeses, competindo em ambos os casos com tradicionais exportadores, como a Argentina e a Nova Zelândia. [3].

Santa Catarina permanece na liderança do ranking nacional, responsável por 50,2% da produção de maçã, com 563,0 mil toneladas, seguida pelo Rio Grande do Sul, com 45,9% (514,7 mil toneladas). O Estado de Santa Catarina, nas últimas safras, tem apresentado um aumento gradativo da produção, devido ao ganho de produtividade, resultado de uma

melhor organização dos segmentos - produção e comercialização [3].

Entre 2003 e 2004 aproximadamente 200 mil toneladas de maçãs foram descartadas, decorrente do rigoroso processo de seleção e classificação comercial utilizada para satisfazer as exigências do consumidor brasileiro. Esse descarte pode ser utilizado para o processamento e constitui-se na matéria prima disponível para a indústria de transformação [2].

O bagaço (ou resíduo da maçã) pode ser aplicado na alimentação animal, na realização de modificação e/ou incorporação em alimentos, na produção de etanol (fermentação em estado sólido), aromas, gás natural, ácido cítrico, pectinas, enzimas, cogumelos, extração de fibras e carvão vegetal [4].

No Brasil, o resíduo de maçã é dispensado no solo como adubo orgânico ou utilizado como ração animal, porém a fermentação deste subproduto provoca alcoolemia, trazendo prejuízos à saúde do gado bovino.

Sendo Santa Catarina o maior produtor de maçã do Brasil, é possível a utilização de maçãs impróprias para o consumo humano em processos fermentativos para a obtenção de álcool, em especial para biocombustíveis [4].

O bioetanol merece destaque como uma das principais fontes energéticas do Brasil, além de ser renovável e pouco poluente [5]. Ao contrário do petróleo e do gás natural, é um combustível produzido a partir de fontes renováveis. Ou seja, sua produção pode ser controlada: planta-se mais, em

caso de maior demanda, ou menos, em momentos de sobre oferta, ao contrário do petróleo – existente em depósitos sob o solo e o fundo do mar – tornando-se cada vez mais raro, além de que seus preços tendem a subir. Fator este, entre outros, que fará com que os biocombustíveis sejam mais competitivos no mercado global de energia [5].

Segundo Pereira [3], a utilização do bagaço da maçã com finalidade de produzir álcool é possível e viável; levando-se em conta que o álcool de frutas apresenta no mercado valor superior ao de cana-de-açúcar, esse processo passa a ser uma excelente fonte de renda tanto para pequenos, médios e grandes produtores de maçã.

O processo de produção de bioetanol a partir de resíduos de maçã ocorre em três etapas principais, a preparação da massa, a fermentação da massa e a separação do bioetanol por destilação.

O processo de fermentação de suco de maçã visando à obtenção de bebida alcoólica já era conhecido no Mediterrâneo Oriental há mais de 2000 anos [6] e é bem difundido o fato de que sucos de maçãs contêm os nutrientes necessários para o desenvolvimento de leveduras [7-8].

Essa fermentação alcoólica transforma os açúcares da fruta em álcool. Este processo é desencadeado por leveduras, sendo por vezes necessário adicioná-las para que o processo se inicie. Essas leveduras fornecem um pólo enzimático que desdobra este açúcar em álcool. Um dos principais fatores de importância no processo é a temperatura, quanto mais elevado mais rápido ocorrerá o processo. Porém em alta temperatura, pode ocorrer a exterminação destas leveduras [7].

O desenvolvimento de um processo adequado e economicamente viável para obtenção de novos produtos a partir de resíduos de maçã pode permitir ao setor frutícola diversificar a produção e aumentar a receita. O mesmo pode ser observado em estudos com resíduos de bananas, beterrabas, morango e outras frutas e vegetais que contêm açúcares [9,10].

Esse projeto baseia-se em uma avaliação inicial da produção de bioetanol a partir de maçãs impróprias para consumo humano que são descartadas no comércio de Xanxerê – SC.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Estudo do nível de podridão na produção de bioetanol

Foram estudados 4 níveis de podridão:

- (1) maçã com podridão acima de 5 cm de diâmetro.
- (2) maçã com podridão de 2 a 5 cm de diâmetro.
- (3) maçã com podridão de 0,1 a 2 cm de diâmetro.
- (4) maçã sem podridão.

As amostras foram colocadas em erlenmeyers e armazenadas por 7 dias.

Foram feitos experimentos com e sem a presença de metabissulfito de sódio, agente antibactericida – na concentração de 2 mg L⁻¹.

2.2 Matérias-primas

As maçãs, da espécie Fuji, que foram utilizadas no experimento deveriam apresentar um grau de podridão mediano, sendo dessa forma, considerado frutos com lesões com diâmetro até 2 cm e características típicas de ataque por patógenos, segundo resultados apresentados no estudo do nível de podridão na produção de bioetanol.

As maçãs foram coletadas nos comércios alimentícios do município de Xanxerê – Santa Catarina, com autorização do estabelecimento.

A levedura utilizada foi da espécie *Saccharomyces cerevisiae* comercial.

2.3 Extrações e preparação do mosto

As maçãs foram trituradas no liquidificador para a produção do mosto. Após esse processo, o mosto foi submetido a tratamento térmico em banho-maria a 65°C por 25 min a fim de se eliminar a carga microbiana contaminante. O mosto foi conservado em geladeira a 4°C.

As maçãs foram pesadas para a determinação da eficiência do processo pela razão bioetanol (produzido/quantidade) de maçã utilizada e assim relacionar o volume de bioetanol produzido a partir de uma quantidade de maçã.

2.4 Caracterização do mosto

Todas as análises foram realizadas em triplicata. O pH foi determinado por meio de um potenciômetro. A acidez total foi determinada por método titulométrico com solução de NaOH 0,1mol L⁻¹, descrito pelo Instituto Adolfo Lutz [11].

2.5 Fermentação do mosto

Foram realizados experimentos em frascos Erlenmeyer contendo 200 mL de mosto e uma quantidade em estudo (0,4 – 0,8 g) de levedura da espécie *Saccharomyces cerevisiae* comercial.

As amostras foram incubadas com temperatura constante de 30°C durante um determinado período experimental. O pH foi ajustado com bicarbonato de sódio, quando necessário, para faixa entre 4,0-5,0.

2.6 Planejamento experimental

Após o período de experimento estudado, as amostras foram aquecidas à temperatura de ebulição do etanol por um tempo determinado (destilação simples). Após a destilação, pode-se calcular a porcentagem de bioetanol produzido na amostra a partir de um alcoômetro.

Foram avaliados dois fatores que influenciam na produção de etanol, a concentração de levedura utilizada e o período da fermentação. As concentrações de leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* comercial foram 0,4 e 0,8 g. E os períodos de fermentação variaram de 4 e 7 dias. A variável resposta foi porcentagem de bioetanol presente no mosto, após

a fermentação com as leveduras. A Tabela 1 apresenta as condições de operações dos experimentos.

Tabela 1 – Condições dos Experimentos

| Experimentos | Variáveis | |
|--------------|-----------|---------|
| | C (g) | T(dias) |
| 1 | 0,4 | 4 |
| 2 | 0,4 | 7 |
| 3 | 0,8 | 4 |
| 4 | 0,8 | 7 |

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dependendo do estado da maçã, o tamanho da podridão, causa a ruptura na casca e fermentação pelas leveduras selvagens presentes na casca (epiderme) sendo parte do açúcar transformado em etanol e rapidamente oxidado a ácido acético [12].

Foi determinado uma média de pH entre as amostras, a série 4 (maçãs com nível alto de podridão) apresentaram pH de 3,72, série 3 (maçãs com podridão média alta) pH médio 4,06, série 2 (maçãs com podridão média baixa) pH de 4,10 e maçãs sem presença de podridão, pH 4,2.

Nesses resultados de pH, observa-se que as maçãs com uma podridão avançada apresentam uma acidez maior em relação às demais, indicando já, a presença de leveduras e bactérias que participam do consórcio acidogênico de degradação, no qual apresentam uma maior tendência à oxidação do etanol produzido para a formação de ácido acético.

A Figura 1 apresenta as porcentagens de bioetanol presentes no experimento 1 (sem metabissulfito de sódio) e 2,3 e 4 com presença de metabissulfito de sódio

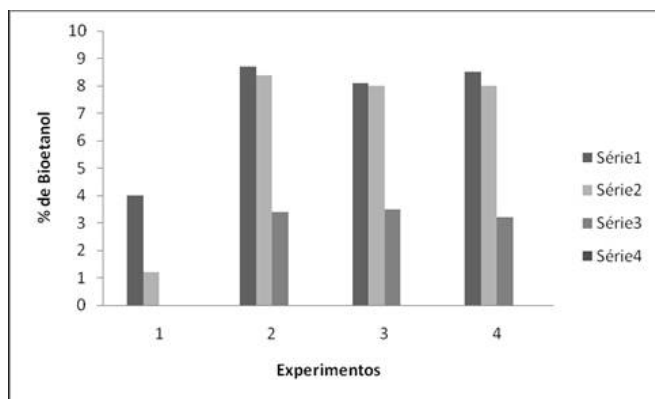


Figura 1 – Porcentagem de bioetanol presente nos experimentos. Série 1: alto nível de podridão; série 2: podridão média alta; série 3: podridão média baixa e série 4: maçã sem podridão.

No experimento 1, as amostras com nível de podridão apresentaram a formação de ácido acético após o período de incubação, ou seja, maçãs com percentual significativo de área afetada reduziram o rendimento de álcool, e em alguns casos o etanol formado foi totalmente oxidado a ácido acético, a análise para estes testes foram realizados a partir da determinação qualitativa sensorial do ácido acético. Os experimento 2, 3 e 4 foram realizados com metabissulfito de sódio para a inibição de leveduras selvagens, e apresentaram rendimentos de produção de etanol dentro do encontrado na literatura, entre 3,5 e 12% [12].

A utilização de maçãs com alto e médio nível de podridão não são indicado para a produção de bioetanol, uma vez que mesmo com a presença de metabissulfito de sódio apresentam a formação de ácido acético na fermentação do mosto, o que reduz a porcentagem final de etanol no mosto.

Dessa maneira, para os demais experimentos de produção de bioetanol de maçãs, foram utilizadas matérias primas com médio-baixo nível de podridão, ou seja até 2 cm de diâmetro de podridão.

Os mostos nos experimentos apresentaram pH numa faixa de 3,8 e 4,3 e acidez média de 0,28 g/100 mL, sendo estes produzidos com maçãs com médio-baixo nível de podridão, seguindo melhores resultados apresentados na avaliação do nível de podridão anterior.

Os resultados apresentados para esses parâmetros foram similares aos apresentados na literatura, como os resultados apresentados por Nogueira et al [12], acidez de 2700 mg L⁻¹ e pH 4,2. Paganini et al [13], pH de 3,9 e acidez de 2900 mg L⁻¹ e demais estudos. Os experimentos apresentaram resultados de porcentagem de bioetanol na faixa de 4,5 e 8,9%.

A Tabela 2 apresenta os valores de produção de bioetanol e suas médias em porcentagem, uma vez que os experimentos foram todos realizados em triplicata. Esses valores encontram-se dentro da faixa observada na literatura.

Tabela 2 – Resultados da produção de bioetanol nos experimentos

| Experimentos | Variáveis não codificadas | | Resultado % de Bioetanol (média) | | | |
|--------------|---------------------------|---------|----------------------------------|-----|-----|------|
| | C (g) | T(dias) | 1 | 2 | 3 | m |
| 1 | 0,4 | 4 | 4,8 | 4,2 | 4,5 | 4,50 |
| 2 | 0,4 | 7 | 8,1 | 7,9 | 7,8 | 7,93 |
| 3 | 0,8 | 4 | 8,4 | 8,5 | 8,5 | 8,46 |
| 4 | 0,8 | 7 | 9,1 | 8,8 | 8,8 | 8,90 |

Observando os resultados, nota-se que a combinação maior concentração de levedura e maior tempo de incubação apresentam o melhor resultado para a produção de bioetanol a partir da maçã. Porém, ressalta que os experimentos realizados são de escala laboratorial e, como o intuito é elevar a escala de produção, devem ser avaliados os custos de todo o processo.

Dessa maneira, observa-se que no experimento 2, utilizou-se no processo uma menor quantidade de levedura *Saccharomyces cerevisiae* contribuindo com a redução de custos no processo e produzindo significativamente o bioetanol, apresentando uma diferença de 1 entre os melhor resultados de produção (experimento 4).

A Figura 2 apresenta o gráfico de superfície dos resultados da produção de bioetanol dos experimentos.

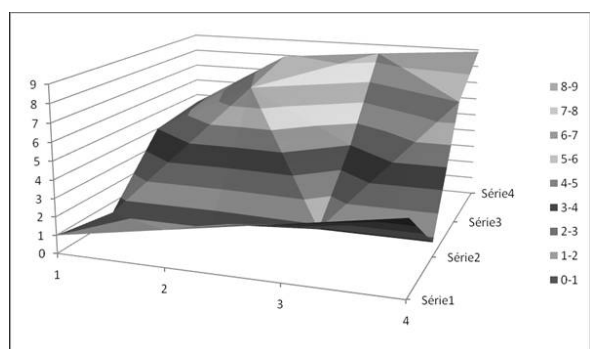


Figura 2 – Gráfico de superfície de produção de bioetanol a partir de maçãs impróprias para consumo humano

Sendo assim a melhor combinação para se continuar esse processo de produção é utilizando 0,4 g de levedura *Saccharomyces cerevisiae* comercial em um tempo de incubação de 7 dias.

CONCLUSÃO

As porcentagens de bioetanol produzido pelas maçãs impróprias apresentaram valores equivalentes a maçãs dentro de padrão comercial, ou seja, dentro da faixa obtida em indústrias de fermentação de maçã.

Baseados nos resultados observados, as maçãs impróprias para consumo é uma ótima matéria prima para a produção de biocombustível – bioetanol.

Porém essas maçãs devem apresentar níveis médio-baixos de podridão, uma vez que maçãs com alto nível de podridão apresentam leveduras capazes de oxidar o etanol produzido em ácido acético.

presents a significant concentration of sugar, it can be utilized in the production of fermented products, like vinegar and especially ethanol. In Brazil, much attention has been given to the production of bioethanol as renewable energy, not only relieving dependence on oil as working to mitigate the effects of global warming, by the way, this project is based on an initial assessment of bioethanol production from improper apples for human consumption that are discarded in the market of Xanxerê – SC. The percentages of bioethanol produced by the apples discarded presented equivalent values to them found inside the literature, between 4.2 and 9.2%. Based on these results, the improper apples for consumption are great raw materials for the production of biofuel – bioethanol, since evaluated his level of rottenness previously on the process.

Keywords: Apple. Discards; Yeasts; *Saccharomyces cerevisiae*; Biofuel; Bioethanol.

REFERÊNCIAS

- [1] Site oficial sobre fruticultura, organizado por Cooperativas. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br>. Acesso em 15 jun. 2009.
- [2] BLEICHER, J.; A Cultura da Macieira. Epagri, **2002**, p.743.
- [3] PEREIRA, L. B.; SIMIONI, F. J. e CARIO, S. A. F.; Evolução da produção de maçã em Santa Catarina: novas estratégias em busca de maior competitividade, **2007**.
- [4] OLIVEIRA, J.M.; SANTANA, L.F.; PINTO, F.S.T. Produção de álcool de bagaço de maçã, SENAI-RS, **2007**.
- [5] Site oficial sobre Biocombustíveis, organizado pela ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em: 18 ago. 2009.
- [6] LAPLACE, J. M.; JACQUET, A.; TRAVERS, I.; SIMON, J. P.; AUFFRAY, Y. J. of the Inst. of Brew., Vol. 107, **2001**, p. 227-233.
- [7] BINNIG, R.; POSSMANN, P. Apple Juice. Fruit Juice. Processing Technology. Agscience, 1993, p. 271-317.
- [8] DOWNING, D. L. Processed apple products, 1989, p. 169-187.
- [9] SHARMA, N, KALRA, K.L, OBEROI, H.S, BANSAL, S. Ind. J. of Microb. Vol. 47, p. 310-316, **2007**.
- [10] BONCIU, C, TABACARU, C. BAHIM, G. In. Rom. F. Biotech., Vol. 6, p. 29-34, **2010**.
- [11] INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos. São Paulo: 4ª edição, **2008**, p. 1020.
- [12] NOGUEIRA, A; ALBERTI, A; DANTAS, A.P; MONGRUEL, C; WOSIACKI, G. Rev. Bras. de Tecn. Agroin., Vol. 01, p. 30-36, **2007**.
- [13] PAGANINI, C.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N. C. C.; WOSIACKI, G. Ciênc. Agrotec. Lavras, Vol. 29, p. 1231-1238, **2005**.

UTILIZATION OF IMPROPER APPLES FOR HUMAN CONSUMPTION FOR BIOETANOL PRODUCTION

ABSTRACT: In spite of a national preference, a big percentage of apple is discarded daily by many factors, such as rot and some aspects not acceptable for market. As this fruit