

DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS CINÉTICOS DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO DO SUCO DO COLMO DO SORGO SACARINO PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

Jullie Guimarães Ferreira da Silva¹; Márcio José Vasconcelos da Silva²; Líbia de Sousa Conrado³

¹Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, guimaraes.jullie@gmail.com

²Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia de Processos, marciojvsilva@gmail.com

³Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, libiaconrado@yahoo.com.br

RESUMO – Nos últimos anos o estudo de fontes de energias renováveis se intensificou, busca-se cada vez mais utilizar fontes de energias menos nocivas ao meio ambiente. Nas últimas décadas os combustíveis fósseis e seus derivados tem sido os grandes representantes da matriz energética mundial, entretanto a queima desses produtos contribui diretamente com o aumento de problemas ambientais, além da desvantagem de ser uma fonte de energia não renovável. O etanol surge como uma fonte de energia alternativa, pois se apresenta como um combustível renovável, limpo e autossustentável. No Brasil, a cadeia produtiva de etanol é destaque, sustentada na utilização de biomassa de origem agrícola. O sorgo sacarino é uma espécie agrícola grosseira que apresenta uma boa adaptação a estresses ambientais e colmos suculentos com açúcares diretamente fermentáveis, surgindo como uma matéria-prima relevante para a produção de etanol. Nesse trabalho foi estudada uma nova variedade do sorgo sacarino, IPA 467-4-2, com o intuito de realizar o acompanhamento da cinética fermentativa e determinar parâmetros cinéticos de fermentação dessa variedade. Os resultados mostram que as variedades estudadas oferecem concentrações relevantes de açúcares fermentáveis, apresentando potencial para a produção de etanol. Com essa análise percebe-se a importância do estudo de diferentes matérias-primas para obtenção de biocombustível, pois por meio dele pode-se diversificar o processo de produção de álcool e expandir a utilização de outras matérias-primas além do caldo da cana de açúcar, principal matéria-prima utilizada no Brasil para produção de etanol.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente os combustíveis fósseis e seus derivados suprem a maioria de nossas necessidades energéticas, entretanto às pressões de preços e perspectivas de esgotamento das fontes não-renováveis de combustíveis fósseis, juntamente com os problemas ambientais gerados com a queima destes combustíveis vem causando um aumento na busca por fontes alternativas de energia (BASTOS, 2007).

Diante dessa situação o etanol vem se destacando, pois, fazendo um comparativo entre ele e os combustíveis fósseis, o etanol apresenta as vantagens de ser uma fonte renovável de energia e de contribuir para a redução das emissões de dióxido de carbono (PACHECO, 2011).

Segundo Pacheco (2011), o mercado consumidor de etanol crescerá ainda mais em um futuro próximo, em virtude das legislações ambientais que coagem o uso de biocombustíveis em meios de transporte, ao cumprimento das exigências do Protocolo de Kyoto, à mistura do biocombustível na gasolina e a disponibilização crescente de automóveis bicombustíveis.

A cadeia produtiva brasileira de etanol é bastante relevante, sua produção fornece um mercado em crescimento para a geração de combustível renovável e para o estabelecimento de uma indústria química de base, sustentada na utilização de biomassa de origem agrícola (PARRELLA et al, 2010).

No Brasil o etanol é praticamente utilizado como combustível automotivo, tendo seu principal meio de produção a fermentação do caldo da cana-de-açúcar (FERRARI, 2013), porém vem se expandindo estudos com novas espécies vegetais que possam complementar a produção desse biocombustível.

Uma nova matéria-prima que vem ganhando destaque no processo de produção de etanol é o sorgo sacarino, essa espécie vegetal é caracterizada por apresentar colmo doce e succulento, estudos mostram que se extrai em média 80 a 127 kg de açúcar por tonelada de massa verde de sorgo, sendo possível obter em média 50 a 77 litros de etanol (DURÃES, 2011).

O sorgo sacarino tem sido utilizado com o intuito de fornecer matéria-prima para a produção de etanol na entressafra da cana-de-açúcar no Brasil, ele apresenta colmos com caldo similar ao da cana-de-açúcar, rico em açúcares fermentáveis, além de ser uma espécie agrícola grosseira que apresenta uma boa adaptação a estresses ambientais, resistente a seca e a baixa fertilidade (GOMES et al, 2011).

Com o estudo da produção de etanol a partir do sorgo sacarino amplia-se as possibilidades de obtenção desse biocombustível, além de gerar oportunidades de desenvolvimento a regiões desprovidas de meios de sobrevivência.

Nesse trabalho foi realizada a caracterização do suco do colmo do sorgo sacarino de uma nova variedade desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), posteriormente este mesmo caldo foi fermentado utilizando a levedura industrial *Saccharomyces cerevisia* como agente metabolizador, com o intuito de produzir álcool etílico e por meio do acompanhamento cinético observar os perfis do consumo do substrato e da produção de biomassa, além de determinar e avaliar parâmetros cinéticos de fermentação, para definir o potencial de produção de etanol.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizados colmos de sorgo sacarino da variedade IPA 467-4-2, nomenclatura determinada pelo próprio instituto. Os colmos foram gentilmente cedidos pelo Instituto de Pesquisas Agropecuárias de Pernambuco (IPA) em convênio com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE).

A área de plantio está situada no município de Vitória de Santo Antão – PE, localizado na Zona da Mata de Pernambuco (long.: 08°08'S, lat.: 35°22'W, altitude: 146 m) com precipitação pluviométrica média anual de 1.834 mm, concentrada no período de abril a julho, e temperatura média de 27,1°C. A colheita foi realizada em 120 dias após o plantio. Após a colheita efetuava-se a extração do suco em sistema moenda de um terno, os sucos obtidos foram armazenados em freezer à -4 °C.

Para realização das fermentações descongelou-se os sucos a uma temperatura de 30 °C e efetuou-se a determinação de °Brix, pH e açúcares redutores in natura. As análises foram realizadas

em triplicatas. Posteriormente foi realizada uma esterilização do mosto para redução de carga microbiana em autoclave a uma temperatura de 105 °C. Em seguida, realizou-se uma nova caracterização para determinar °Brix, pH e açúcares redutores pós esterilização. As análises foram realizadas em triplicatas.

Para determinação de °Brix utilizou-se um refratômetro de bancada tipo ABBE, o pH foi determinado por meio fitas teste de pH e para a determinação dos açúcares redutores utilizou-se a espectrofotométrica baseada no método DNS, por meio do espectrofotômetro BEL – Modelo SF200DM – UV Vis.

As fermentações foram efetuadas em sistema batelada simples em Erlenmeyers de 250 mL de volume total no equipamento Shaker Marconi modelo MA-420 sob temperatura controlada a 30 °C com agitação de 150 rpm. Nos Erlenmeyers foram adicionados 250 mL de suco de sorgo sacarino e 2 g/L de inoculados de fermento industrial seco Y-904 (*Saccharomyces cerevisiae*), 3% de nutrientes NPK e 0,3 mL de antibiótico (10 mg/mL em 70% álcool). Durante as 48 horas de fermentação foram retiradas alíquotas de 1,5 ml dos sucos fermentados.

O material coletado era adicionado em tubetes e conservado a -4 °C para posterior determinação de açúcares utilizando espectrofotômetro BEL – Modelo SF200DM – UV Vis, de etanol utilizando ebuliômetro, construído em aço inoxidável, e para a realização da contagem de células também se utilizou o espectrofotômetro BEL – Modelo SF200DM – UV Vis

2.1 Determinação de parâmetros cinéticos para o processo fermentativo

Os parâmetros cinéticos determinados nas fermentações foram: o rendimento $\left(Y_{P/S}\right)$, velocidade específica de crescimento microbiano (μ), produtividade total em etanol (Q_P) e eficiência de conversão de açúcares em etanol (ECA).

O rendimento foi determinado com base na Equação 1, exposta abaixo.

$$Y_{P/S} = \frac{P - P_0}{S_0 - S} \quad (1)$$

onde:

P e P_0 - concentração de etanol no tempo final e inicial de fermentação (g/L)

S e S_0 - concentração de Glc, Frt e Scr no tempo final e inicial da fermentação (g/L)

O rendimento das fermentações é representado pelo fator de conversão de açúcares totais em etanol e foram comparados ao rendimento teórico máximo obtido nas fermentações alcoólicas, que deve ser igual a 51,11%.

Os valores de produtividade total em etanol de cada processo (Q_P), expresso em massa do produto formado por unidade de tempo e por unidade de volume (g/L.h) serão obtidos por meio da Equação 2, conforme definição de Gaden Júnior (1959).

$$Q_p = \frac{P}{t} \quad (2)$$

onde:

t- tempo de fermentação (h)

Para se obter a eficiência do processo foi utilizada a seguinte Equação 3.

$$ECA = \frac{Y_{p/s} \cdot 100}{0,51} \quad (3)$$

A velocidade específica de crescimento microbiano foi determinada de acordo com a Equação 4, definida por Borzani (2001). Para utilizar essa equação linearizou-se a curva de crescimento celular no intervalo de tempo em que ocorria a fase exponencial de crescimento.

$$\ln X = \ln X_0 + \mu t \quad (4)$$

Onde:

X e X_0 - concentração de células no tempo final e inicial de fermentação (g/L)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os valores de °Brix, pH e açúcares redutores determinados na caracterização do suco do colmo do sorgo sacarino da variedade IPA 467-4-2 in natura e após esterilização.

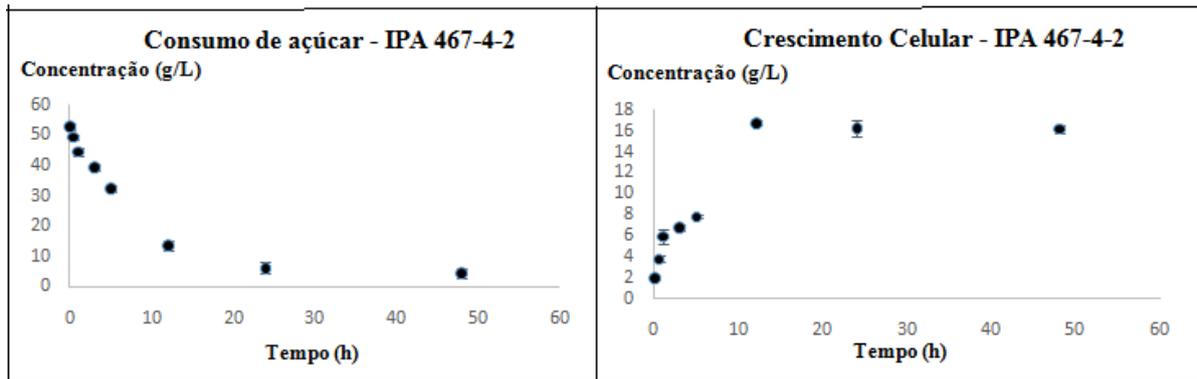
Tabela 1 – Dados obtidos na caracterização do suco de sorgo sacarino in natura e após esterilização para as quatro variedades estudadas.

Variedade	IN NATURA			PÓS ESTERILIZAÇÃO		
	pH	°Brix	AR (g/L)	pH	°Brix	AR (g/L)
IPA 467-4-2	5	7,7 ± 0,15	52,23± 0,29	5	7,9 ± 0,06	53,98 ± 0,26

Os resultados obtidos mostram que o suco do colmo do sorgo sacarino apresenta uma concentração de açúcar considerável e a esterilização não alterou em grandes proporções os valores de pH, °Brix e açúcares redutores da matéria-prima.

Na Figura 1 é exposto a curva de crescimento celular e a curva de consumo de açúcar da variedade estudada, obtida por meio dos experimentos.

Figura 1 – Curva de consumo de açúcar e curva de crescimento celular



Com base na figura acima é possível observar que o processo fermentativo ocorre intensamente nas primeiras 12 horas de fermentação, tempo no qual 92% do açúcar presente no suco do colmo do sorgo sacarino é consumido. Após 12 horas de fermentação o consumo de açúcar é mais brando e o crescimento celular se estabiliza até completar as 48 horas de fermentação.

Segundo Bonassa et al (2013) e Daré (2008), o consumo de açúcares redutores pode variar entre 65% a 98% para a fermentação do caldo da cana-de-açúcar, dependendo das características do processo, pode-se considerar então que o resultado obtido para a IPA 467-4-2 é condizente com a literatura, pois o caldo de cana-de-açúcar é semelhante ao do caldo do sorgo sacarino.

Na Tabela 2 encontram-se os parâmetros cinéticos determinados a partir dos dados experimentais obtidos.

Tabela 2- Parâmetros cinéticos determinados experimentalmente.

Variedade	P (g/L)	$Y_{P/S}$	μ (h^{-1})	Q_P (g/Lh)	ECA (%)
IPA 467-4-2	24,36	0,48	0,0112	0,51	94,05

Segundo Basso (2011) os valores de $Y_{P/S}$ variam entre 0,13 e 0,55, e com base em Toniato (2013) os valores de μ variam de 0,01 a 0,06 h^{-1} , para fermentações utilizando a cana-de-açúcar como matéria-prima, observa-se então que os valores experimentais encontram-se de acordo com a literatura, já que a cana-de-açúcar e o sorgo sacarino são semelhantes.

4. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos e apresentados pode-se concluir que a variedade IPA 467-4-2 do suco do sorgo sacarino contém concentrações de açúcares consideráveis, sendo possível obter um processo fermentativo para produção de etanol satisfatório, com parâmetros cinéticos condizentes.

Dessa forma, pode-se concluir que o sorgo sacarino é uma boa opção de matéria-prima, surgindo como uma tecnologia renovável. Além que a aplicação dessa tecnologia pode provocar desenvolvimentos em regiões desfavorecidas economicamente, já que pode ser aplicada em locais de condições climáticas mais desafiadoras.

5. REFERÊNCIAS

- BASSO, T. O., **Melhoramento da fermentação alcoólica em *Saccharomyces cerevisiae*** por engenharia evolutiva. Tese. Boitecnologia USP, São Paulo, 2011.
- BASTOS, V. D., **Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias**; BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 25, p. 5-38, mar. 2007.
- BONASSA, G., TELEKEN, J. G., SCHNEIDER, L. T., OLIVEIRA, C. J., **Análise da Influência do pH e da Temperatura no Processo de Fermentação de Caldo de Cana**. III Encontro Paranaense de Engenharia e Ciência, Toledo, Paraná. 2013.
- BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, Urgel de A.; AQUARONE, E., **Biotecnologia Industrial**. Volume 1. Editora Edgard Blucher LTDA. 2001.
- DURÃES, F. O. M., **Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia agrônômica**. Agroenergia em Revista, Brasília, p. 7, v. 2, n. 3, agosto de 2011.
- FERRARI, F. C. S., **Fatores operacionais e cinética do processo fermentativo para otimização da produção de etanol em escala industrial**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2013.
- GADEN JÚNIOR, E. C., **Fermentation process kinetics**. The Journal of Microbial & Biochemical Technology, v.1, p.413-429, 1959.
- GOMES, A., RODRIGUES, D., OLIVEIRA, P., **Caracterização do sorgo para a produção de etanol**, Agroenergia em Revista, Brasília, p. 26, v. 2, n. 3, agosto de 2011.
- PACHECO, T. F., **Produção de Etanol: Primeira ou Segunda Geração?**, Circular Técnica 04, Brasília, 2011.
- PARRELLA, R. A. C., MENEGUCI, J. L. P., RIBEIRO, A., SILVA, A. R., PARRELLA, N. N. L. D., RODRIGUES, J. A. S., TARDIN, F. D., SCHAFFERT, R. E., **Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol**. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Goiânia, p. 2858-2860, 2010.
- TONIATO, J., **Determinação de parâmetros cinéticos de fermentação alcoólica em diferentes substratos**. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP. BOTUCATU, São Paulo. 2013.