



9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

DETERMINAÇÃO DA INVERSÃO DE SACAROSE EM CALDO DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDO A TRATAMENTO POR IRRADIAÇÃO MICRO-ONDAS

Cássia Cristina Silva¹; Lídia Ferreira Assunção²; José Waldir Sousa Filho³

^{1, 2, 3} Universidade de Uberaba – UNIUBE

cassia.cristina@outlook.com¹; josewaldir.ingenharia@gmail.com³

Resumo

As inovações tecnológicas empregadas no setor sucroalcooleiro reduzem custo energético e o tempo tornando toda produção mais eficaz. É possível simplificar o processo de clarificação do caldo de cana-de-açúcar a partir da tecnologia de irradiação micro-ondas, já que esta não utiliza insumos, e mostra-se eficiente na redução de microrganismos contaminantes contidos em alimentos e seus derivados, com isso é notável a diminuição no custo de produção. Dessa forma é possível analisar o grau da inversão da sacarose e quantificar os açúcares redutores contidos no caldo de cana-de-açúcar. Este método de irradiação foi aplicado com uma potência de 600 W e um tempo de exposição 2 minutos. O tratamento não se mostrou eficiente para a produção de açúcar, tendo em vista, que houve um grau de inversão de 0,14. Apesar de não ter sido eficaz nesse intervalo de tempo testado, a irradiação micro-ondas promove a inversão de sacarose com a porcentagem de açúcares redutores aumentando de 2,39% para 2,59% em relação ao caldo *in natura*. O valor de °Brix analisado durante o processo teve um aumento significativo após o tratamento. Sendo assim, o tratamento se torna inviável para o processo de produção de açúcar, já que essa inversão é prejudicial ao processo de cristalização.

Palavras-chave: Esterilização. Açúcares redutores. Inovação tecnológica.

1 Introdução

No setor sucroalcooleiro uma das operações unitárias mais críticas do tratamento do caldo de cana-de-açúcar é a

clarificação, pois, no método tradicional, o uso do dióxido de enxofre (SO₂) tem apresentado restrições (LOPES, 1981).

Na produção de açúcar (sacarose), estão envolvidas uma série de operações unitárias, com o intuito de desenvolver um processo com grande capacidade de extração de sacarose e o processamento máximo de cana-de-açúcar ou beterraba branca. O entendimento e controle da inversão de sacarose que ocorre durante o processo de produção do açúcar é de grande importância. Métodos como o uso de micro-ondas e a radiação ultravioleta na produção do açúcar são inovações tecnológicas que podem auxiliar no processo de tratamento do caldo (MACEDO, 2005).

Com isso, o objetivo deste trabalho foi determinar o grau de inversão de sacarose do caldo de cana-de-açúcar utilizando este método voltado para produção de açúcar, quantificando os açúcares redutores (AR) contidos no caldo, e utilizando as condições operacionais ótimas para o tratamento do caldo por irradiação micro-ondas, sendo 2 minutos de exposição a uma potência de 600 W.

2 Materiais e Métodos

O caldo de cana-de-açúcar utilizado foi obtido comercialmente na cidade de Uberaba – MG, proveniente da safra de 2014. O caldo foi filtrado em algodão hidrófilo e depositado em balões de 2 litros previamente esterilizados e envolvidos em papel laminado.

As metodologias empregadas para as análises do °Brix (sólidos solúveis) e de açúcares redutores no caldo de cana-de-



9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

açúcar estão de acordo com o manual da Consecana (2012), e foram baseadas nos métodos recomendados pela ICUMSA – International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. Para análise do °Brix foi utilizado um refratômetro portátil da marca Instrutherm e para análise de açúcares redutores foi utilizado o método titulométrico.

Para determinar o grau de inversão optou-se por repetir os testes em 4 amostras de 50mL do caldo *in natura* com tratamento em micro-ondas nas condições ótimas (600W e 2 minutos de exposição). O equipamento utilizado na pesquisa consistia em um forno micro-ondas caseiro convencional, marca CONTINENTAL, modelo AW 42, com 42 L e sua potência varia de 0 a 1400 W.

Para a primeira titulação, foi preparada uma solução de 100 mL, utilizando 10 mL do caldo *in natura* e 2 mL da solução de EDTA (4%). Essa solução foi titulada com volume de 10 mL da solução de Licor de Fehling. Foram utilizadas 4 amostras diluídas na mesma proporção e realizada média dos valores de volume gastos em cada titulação.

Assim que atingiu 15 mL da solução titulante, foi observado a cor da solução. A mistura foi aquecida até a ebulação, como não houve mudança de cor na solução indicando que o licor de Fehling ainda havia reduzido, adicionou mais solução titulante até que a cor original desaparecesse tornando-se da cor vermelho tijolo. A viragem de cor indicou que a reação teria se completado, determinando o volume (V) da titulação. Após a primeira titulação, repetiram-se as mesmas operações. O volume adicionando de titulante foi o mesmo consumido na titulação anterior menos 1 mL (V - 1), aquecendo a mistura até a ebulação e cronometrando 2 minutos, em ebulação constante. Após essa etapa, adicionou de 3 a 4 gotas da solução de azul de metileno como indicador e aos poucos completou a

titulação até a completa eliminação da cor azul. O tempo total estimado, desde o início da ebulação até o final da titulação foi de 3 minutos, no máximo. Ao término de todas as titulações, foi possível determinar o volume gasto de cada amostra e o teor de açúcares redutores foi obtido através da seguinte equação:

$$AR = \frac{f \times t}{V \times me} \quad (1)$$

Onde:

f = fator de diluição

t = fator que considera a influência da sacarose na análise

V = volume gasto

me = massa específica do caldo

B = Brix do caldo

3 Resultados

Em todos os testes laboratoriais foram realizadas comparações das análises físico-químicas do caldo *in natura* com o caldo obtido depois do tratamento com o método de irradiação por micro-ondas. Para contabilizar os sólidos solúveis foi feita a leitura no aparelho refratômetro, que representa o índice de refração encontrado em uma solução de sacarose e corresponde à medida do teor de sacarose.

A determinação de açúcares redutores no caldo foi feita através da titulação de óxido-redução. As diluições sugeridas para essa análise estão descritas no manual segundo a Consecana (2012) como mostra a tabela 1.

Tabela 1: Diluição de amostras

Caldo (mL)	EDTA (mL)	Fator de diluição (f)
10	2	10
20	4	5
25	5	4
50	10	2

Fonte: Adaptado do manual Consecana, 2012.



9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

Foram determinados os valores de (^oBrix) das amostras antes do tratamento por micro-ondas, como mostra a tabela 2.

Tabela 2: Média da variação do ^oBrix no caldo *in natura*.

Amostra	Tempo (min)	^o Brix
Momento da filtragem	00:00	22,7
1	55:00	22,9
2	43:00	23,0
3	46:00	23,0
4	40:00	23,0
Média		22,92

De acordo com Consecana (2012), o valor de um ^oBrix inicial deve estar entre 9 e 23. Como mostrado na tabela 2, o valor médio de ^oBrix inicial está dentro das exigências. Houve pouca variação do ^oBrix entre os intervalos de tempo, isso indica que o caldo sofreu baixa reação enzimática.

Tabela 3: Média da variação do ^oBrix no caldo após o tratamento

Amostra	Tempo (min)	^o Brix
1	00:00	27,5
2	50:00	26,8
3	43:00	25,5
4	47:00	26,5
Média		26,575

O efeito dielétrico que a irradiação micro-ondas provoca nas moléculas polares como a água faz com que estas sofram um aquecimento, ocasionando a evaporação. O ^oBrix, que é a razão entre a quantidade de açúcar e a massa da solução, consequentemente terá seu valor elevado pela evaporação da água, tendo assim a concentração do caldo, conforme Tabela 3 (SOUZA FILHO, 2014).

Os valores da média de volume gasto no momento da titulação das amostras antes do tratamento por micro-ondas, conforme tabela 4.

Tabela 4: Média de volume das amostras do caldo *in natura*.

Amostra	Volume (mL)
1	19,5
2	19,00
3	19,00
4	19,00
Média	19,3

A equação 1 representa a quantificação da porcentagem de açúcares redutores e pode ser aplicada já que os volumes gastos na titulação de cada amostra tiveram baixa variação.

O valor determinado antes do tratamento com micro-ondas de ^oBrix foi de 22,92. Foi considerado um fator de correção (*t* = 5), o fator de diluição, *f*, é dado na Tabela 1. O volume gasto na titulação foi de 19,13mL. A massa específica do caldo é calculada pela Equação 2:

$$me = 0,00431 \times ^o\text{Brix} + 0,99367 \quad (2)$$

$$me = 0,00431 \times 22,92 + 0,99367$$

$$me = 1,092$$

Aplicando os valores na equação 1, tem-se:

$$AR = \frac{10 \times 5}{19,3 \times 1,092}$$

$$AR = \frac{10 \times 5}{19,13 \times 1,092}$$

$$AR = 2,39\%$$

As amostras foram expostas às micro-ondas e após 2 minutos de exposição foi feita novamente a titulação a fim de determinar os teores de açúcares redutores contidos no caldo. Neste método titulométrico, o licor de Fehling constituído por tartarato duplo de sódio e potássio e sulfato de cobre age na redução dos íons da solução, passando de íons cúpricos para íons cuprosos. (CONSECANA, 2012).

A Solução de EDTA serviu de agente sequestrante possíveis íons de cálcio e magnésio presentes no caldo, e ajuda para



9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

que esses compostos não interfiram na reação de oxirredução. Os resultados estão expressos na Tabela 5.

Tabela 5: Média do volume gasto na titulação das amostras do caldo tratado.

Amostra	Volume (mL)
1	17,10
2	17,00
3	19,00
4	18,10
Média	17,80

Nesta análise também foi aplicada a fórmula de quantificação da porcentagem de açúcar redutor após o tratamento com micro-ondas estipulada pelo manual Consecana (2012). O valor utilizado de °Brix após o tratamento foi de 26,575. O volume gasto na titulação foi de 17,80 mL. Os valores fator de correção e de diluição utilizados foram os mesmos utilizados para calcular os açúcares redutores na amostra *in natura*. A massa específica do caldo foi calculada também pela Equação 2;

$$me = 0,00431 \times ^\circ \text{Brix} + 0,99367 \quad (2)$$

$$me = 0,00431 \times 26,575 + 0,99367$$

$$me = 1,108$$

Aplicando os valores na Equação 1, tem-se:

$$AR = \frac{f \times t}{V \times me}$$

$$AR = \frac{10 \times 5}{17,80 \times 1,108}$$

$$AR = 2,53\%$$

Para a determinação do grau e inversão de sacarose após o tratamento com irradiação micro-ondas, basta subtrair o resultado de açúcares redutores do caldo tratado com o valor de açúcares redutores do caldo *in natura*, tendo assim como resultado a diferença em porcentagem do grau de inversão, para isso os valores serão empregados na seguinte equação:

$$I = AR_{\text{tratado}} - AR_{\text{in natura}} \quad (3)$$

Onde:

I = Grau de inversão da sacarose (%).

AR_{tratado} = Porcentagem de açúcares redutores no caldo tratado.

AR_{in natura} = Porcentagem de açúcares redutores no caldo *in natura*.

Aplicando todos os valores na Equação 3, obtém-se a seguinte porcentagem de inversão de sacarose:

$$I = 2,53 - 2,39$$

$$I = 0,14\%$$

O tratamento do caldo por irradiação micro-ondas não se mostrou eficiente para a produção de açúcar, pois, após o tratamento houve um grau de inversão de 0,14 e um aumento 0,14% na porcentagem de açúcares redutores em relação ao caldo *in natura*. Houve variação significante do °Brix, um aumento 3,655 °Brix após o tratamento.

4 Discussão

Como Sousa Filho (2014) salienta, a exposição a uma potência de 600 W e tempo de 2 minutos se mostrou um método sem contaminação por fungos e por bactérias aeróbicas. Porém, o fato do tratamento inverter a sacarose o torna inviável para o processo de produção de açúcar, tendo em vista que a inversão é prejudicial ao processo de cristalização.

Estes resultados se mostram semelhantes ao de Silva et al. (2003), que comparou diferentes métodos para determinação de açúcares em mel e Bringhenti et al. (2011) para determinação da inversão utilizando ácido cítrico e suco de limão.

5 Conclusão

De acordo com os resultados mencionados anteriormente, pode-se



9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

concluir que os avanços tecnológicos empregados neste setor podem simplificar o processo de clarificação do caldo de cana-de-açúcar, como é o caso do tratamento por irradiação micro-ondas. Este método apresentou um grau de inversão de 0,14, expondo o caldo a uma potência de 600 W e tempo de 2 minutos. Houve um aumento na porcentagem de açúcares redutores de 2,39% para 2,59% em relação ao caldo in natura.

Para a produção de açúcar o método de irradiação micro-ondas é inviável, mas para a produção de etanol ele pode ser aplicado, já que o fato de ocorrer inversão da sacarose é irrelevante no processo fermentativo. Com o emprego dessa inovação tecnológica, a indústria sucroalcooleira poderia automatizar ainda mais o processo de produção do etanol, reduzindo além do tempo de tratamento e fermentação, a utilização de insumos para esterilização do caldo.

Referências

BRIGHENTI, Deodoro Magno et al. Inversão de Sacarose utilizando ácido cítrico e suco de limão para preparo de dieta energética de ApismelliferaLinnaeus, 1758. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, v. 35, n. 2, p.297-

304, mar. 2011. Mensal CONSECANA.

Propriedades da Cana-de-Açúcar. 2012.

Disponível em: <www.consecana.com.br>.

Acesso em: 25 set. 2014.

LOPES, C.H. **Influência da umidade atmosférica na umidade do açúcar.** Brasil Açucareiro, v.98, n.6, p.17-20. 1981.

MACEDO, I. C. **A Energia da Cana-de-açúcar:** Doze Estudos sobre a Agroindústria da Cana-de-açúcar no Brasil e a sua Sustentabilidade. In: Berlendis&Vertecchia. São Paulo: SP. Única. União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, 2005.

SILVA, Roberto Nascimento et al. Comparação de métodos para a Determinação de açúcares redutores e totais em mel. *Ciênc. Tecol. Aliment.*, Campinas, v. 23, n. 3, p.337-341, set. 2003. Semestral.

SOUSA FILHO, José Waldir de. **Purificação do caldo de cana-de-açúcar por irradiação ultravioleta e micro-ondas para produção de açúcar e etanol.** 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2014.