



SECAGEM DO BAGAÇO DE MALTE POR REFRACTANCE WINDOW

O. F. S. NETTO¹, A. O. SANTOS¹, N. C. SILVA¹, C. R. DUARTE¹ e M. A. S. BARROZO¹

¹Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química
E-mail para contato: oscarfonseca94@gmail.com

RESUMO – O aproveitamento de resíduos tem sido visado ultimamente no meio industrial, alavancando pesquisas em diferentes métodos na área em questão. Na indústria cervejeira o bagaço de malte é o principal subproduto do processo. No entanto, o mesmo apresenta um alto teor de umidade o que ocasiona dificuldades em sua conservação, surgindo a secagem como uma importante alternativa na conservação deste material, através de diferentes metodologias. Este trabalho avaliou a secagem do bagaço de malte por meio do método da Refractance Window, o qual tem se destacado por apresentar baixas perdas nutricionais, bom aspecto visual do produto final e um custo inferior à outros métodos. Foram realizados testes preliminares e um Planejamento Composto Central para definição das melhores condições experimentais. Realizaram-se análises de umidade final, atividade de água e compostos bioativos (teor de fenólicos totais, teor de flavonoides totais, ácido ascórbico e ácido cítrico) tanto para o bagaço de malte *in natura*, quanto desidratado, a fim de avaliar a eficiência da remoção de umidade e o impacto das condições de processo nos teores de bioativos. Obtiveram-se, após a desidratação, condições favoráveis para um aproveitamento do potencial do resíduo em comparação com o material *in natura*, mesmo sendo observada uma redução nos compostos bioativos.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da indústria cervejeira, houve um aumento na produção de resíduos industriais oriundos dessa atividade produtiva. Este fator ocasionou uma preocupação a respeito do descarte de tais subprodutos no meio ambiente devido à pressão política e social induzida pela poluição causada por estas indústrias (Borges & Neto, 2009). A primeira etapa do processo cervejeiro consiste da obtenção do mosto (uma solução de açúcares que serve como matéria-prima para o processo de fermentação). Uma parte sólida é retida após esta etapa e é denominada de bagaço de malte, o qual é o principal subproduto do processo cervejeiro chegando a representar 85% do total de resíduos dessa atividade (Santos & Ribeiro, 2005). O principal destino deste material é o simples descarte ou o uso em alimentação de animais (Mussatto *et al.*, 2006).

O bagaço de malte tem recebido a atenção de estudiosos recentemente por conta do seu alto teor de fibras, resíduos de proteínas e açúcares, o que tem levado então a busca por um melhor aproveitamento deste subproduto para fins mais nobres, tais como a alimentação humana. No entanto, o alto teor de umidade no mesmo limita o seu tempo útil *in natura*, uma vez que este se deteriora rapidamente. Assim, é interessante que sejam desenvolvidos

métodos de conservação deste, como a secagem, a qual pode ser utilizada por ser uma alternativa possível e vantajosa para evitar sua degradação, reduzir o volume final, facilitando seu transporte e armazenamento com redução de custos (Santos *et al.*, 2003; Mujumdar, 2006).

Das várias metodologias utilizadas na remoção de umidade, a Refractance Window tem tido destaque por ser um método inovador e promissor ao obter produtos finais com reduzidas perdas nutricionais, além de possuir um custo menor para investimento e operação em comparação a outros secadores convencionais (Nindo & Tang, 2007; Zotarelli *et al.*, 2015). Todavia, ainda se faz necessário um estudo específico desse método na secagem do bagaço de malte e as condições de processo a serem utilizadas.

Assim, este trabalho visou investigar o efeito de diferentes condições de operação na secagem do bagaço de malte por meio da Refractance Window, levando em consideração o impacto sobre o processo de remoção de umidade e os teores de compostos bioativos (fenólicos, flavonoides, ácido cítrico e ácido ascórbico), além de avaliar a viabilidade para um possível aproveitamento deste resíduo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Bagaço de malte

O bagaço de malte utilizado nesta pesquisa foi fornecido pela empresa Uberbrau, localizada na cidade de Uberlândia-MG. O mesmo foi armazenado em sacos de polietileno envoltos em papel alumínio e congelado em freezer até o momento de realização dos experimentos.

Figura 1 - Bagaço de malte utilizado.



2.2. Análises realizadas

Foram feitas análises de umidade pelo método de estufa, ao submeterem-se as amostras a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas (AOAC, 1995) e análises da atividade de água (a_w) com uso do equipamento LabSwift da Novasina.

Considera-se que praticamente toda atividade microbiana seja inibida quando a a_w atinge valores abaixo de 0,6. Contudo, caso a atividade de água seja reduzida ao extremo, níveis inferiores à 0,3, reações necessárias à estabilidade do material não ocorrem. Dessa forma, considera-se uma faixa entre 0,3 e 0,6 como aceitável para a atividade de água (Celestino, 2010).

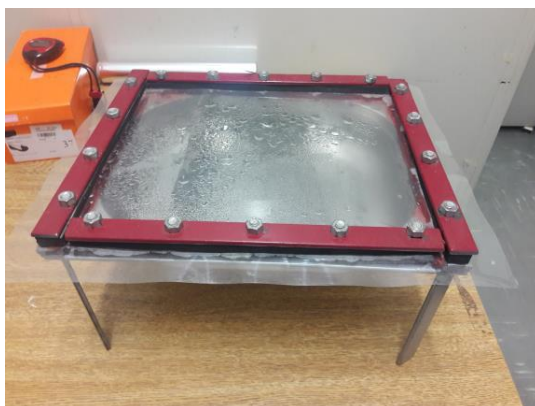
Além das análises citadas anteriormente, também foram observados a quantidade de compostos bioativos presente no material (tanto *in natura* quanto após a secagem) por meio dos métodos indicados a seguir: Teor de Fenólicos Totais (TPC) usando o Método de *Folin-Ciocalteu* (Singleton & Rossi, 1965) e leitura em espectrofotômetro; Teor de Flavonoides Totais (TFC) através do Método colorimétrico descrito por Zhishen *et al.* (1999) e leitura em espectrofotômetro; Acidez (ATT) a partir do Método titulométrico usando NaOH 0,1 N padronizado até a viragem, (AOAC, 1995); Teor de Ácido Ascórbico (AA) por via do Método titulométrico baseado na redução do 2,6 – diclorofenol-indofenol (AOAC, 1995).

2.3. Aparato experimental

A secagem do bagaço de malte foi realizada por meio de uma unidade de Refractance Window, desenvolvida na Faculdade de Engenharia Química da UFU em escala piloto de forma a operar em batelada. O secador em questão é constituído de um reservatório de aço com um filme plástico Mylar (Dupont, USA) em sua parte superior, onde o material a ser secado é depositado. No reservatório, água quente, proveniente de um banho termostático, é bombeada e circulada, aquecendo a parte inferior do filme continuamente.

A fim de favorecer a remoção de umidade, uma vez que o material teve a tendência de secar da extremidade para o centro, o bagaço foi separado em retângulos de cerca de 15 cm por 2 cm, espaçados entre si cerca de 0,5 cm e com espessura de 0,5 cm.

Figura 2 – Aparato experimental utilizado



Um Planejamento Composto Central (PCC) Rotacional foi montado com base em experimentos preliminares realizados com o bagaço nas temperaturas de 60 °C, 70 °C e 80 °C, visando avaliar os efeitos das variáveis Temperatura (T) e tempo de secagem (t) no processo. Este resultou num total de 10 experimentos, cujos níveis de variáveis são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Planejamento composto central para a secagem do bagaço de malte ($\alpha=1,141$)

Variáveis	-1,4142	-1	0	1	1,4142
Temperatura (°C)	55,9	60,0	70,0	80,0	84,1
Tempo (h)	1,6	2,0	3,0	4,0	4,4

3. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos nos experimentos preliminares são apresentados na Tabela 2. O bagaço de malte *in natura* apresentou a atividade de água de 0,977 e umidade de $75,89 \pm 1,31$ %. Os valores de TPC, TFC, ATT e AA obtidos nos experimentos com o material *in natura* foram, respectivamente, $136,57 \pm 5,78$ mg de ácido gálico/100g de base seca, $2,45 \pm 0,16$ mg de rutina/100g de base seca, $402,42 \pm 20,12$ mg de ácido cítrico/100g de base seca e $8,19 \pm 0,2$ mg de ácido ascórbico/100g de base seca.

Tabela 2 – Resultados obtidos dos testes em temperaturas de 60 °C, 70 °C e 80 °C.

Experimento	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Atividade de água (a_w)	Tempo de secagem (min)
1	60	$8,36 \pm 0,18$	0,527	250
2	70	$5,85 \pm 0,46$	0,425	170
3	80	$5,10 \pm 0,22$	0,352	140

Como observado na tabela 2, quanto maior a temperatura, menor o tempo de secagem necessário para se atingir uma faixa de atividade de água aceitável. Além disso, a remoção de umidade observada foi considerável em todas as três faixas de temperaturas analisadas visto que foram obtidas umidades inferiores a 10% nos materiais secos. No entanto, a variação da a_w indica que se faz necessário um controle maior sobre os tempos de secagem para que se evite um desvio da faixa ideal da a_w .

Os resultados obtidos para os teores de compostos bioativos são apresentados nas superfícies de resposta abaixo (Figuras 3 e 4), assim como as equações de regressão obtidas.

Figura 3 – Teores de Compostos Bioativos: (a) TPC e (b) TFC.

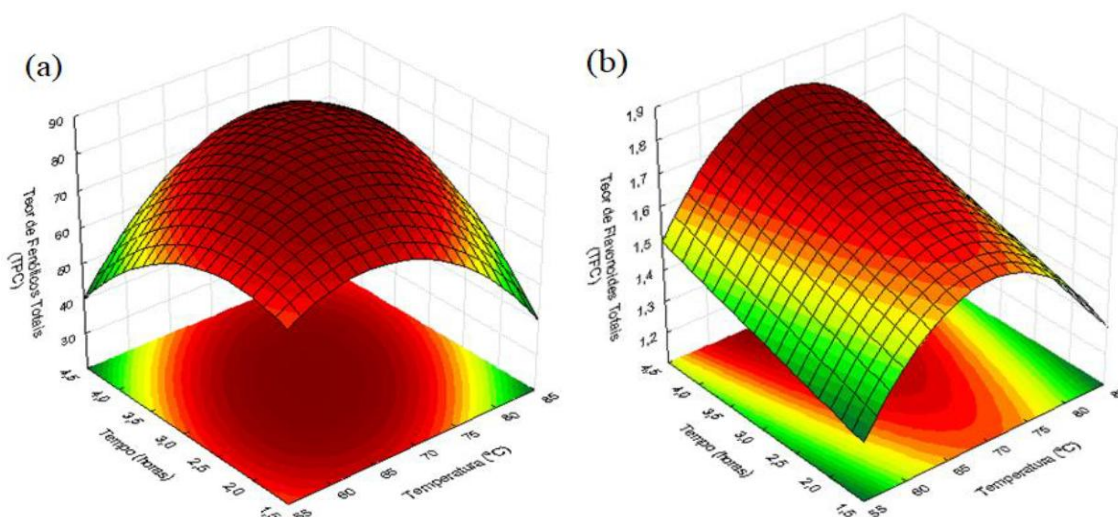
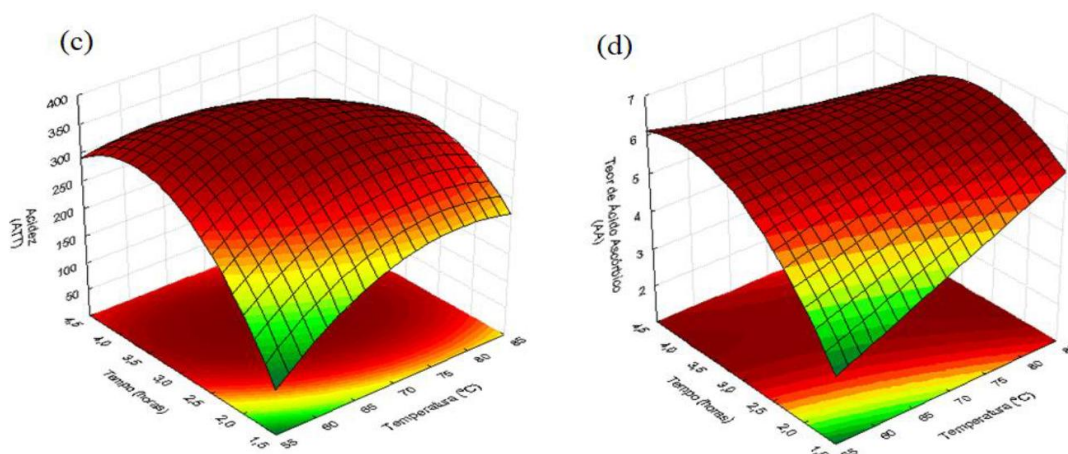


Figura 4 – Teores de Compostos Bioativos: (c) ATT e (d) AA.



Segundo a equação 1 ($R^2 = 0,8295$), verificou-se que tanto a temperatura quanto o tempo afetaram o TPC. Conforme a Figura 3a, observa-se que foi possível obter teores mais expressivos de Fenólicos se mantermos temperaturas em torno de 65 °C e 75 °C mantendo um tempo de processo na faixa de 2,5 e 3,5 horas. Se comparado com o resultado obtido para o bagaço *in natura* percebe-se que houve uma perda de aproximadamente 41% de TPC.

$$\text{TPC} = 84,76 - 7,81.T^2 - 5,91.t^2 + 6,17.T.t \quad (1)$$

Assim como o TPC, o TFC também se mostrou impactado por ambas as variáveis tempo e temperatura, o que pode ser observado pela equação 2 ($R^2 = 0,7695$). Ao analisarmos a Figura 3b, observou-se que ao manter a temperatura na faixa de 65 °C e 75 °C os teores encontrados foram maiores. No entanto, elevados tempos de secagem podem se relacionar a umidades e a_w muito baixas tornando o produto final não muito interessante. Quando comparado ao bagaço *in natura* observa-se que o TFC sofreu com uma perda de aproximadamente 25%.

$$\text{TFC} = 1,71 - 0,14.T^2 + 0,07.t \quad (2)$$

A ATT também se mostrou influenciada pelas duas variáveis analisadas segundo a equação 3 ($R^2 = 0,8284$). Observando a Figura 4c, observou-se que em tempos superiores à 3 horas de secagem tem-se valores estáveis de acidez até a temperatura de 75 °C onde inicia-se uma leve degradação do material conforme a temperatura aumenta. O bagaço não sofreu grandes perdas de ATT, apenas cerca de 11% em relação ao material *in natura*.

$$\text{ATT} = 373,28 - 25,81.T^2 + 22,34.t - 54,49.t^2 - 31,28.T.t \quad (3)$$

Por fim, a AA também sofreu impacto das variáveis temperatura e tempo conforme a equação 4 ($R^2 = 0,9314$). De acordo com a Figura 4d é possível concluir que baixas temperaturas ocasionam maiores valores de Ácido Ascórbico, contanto que o tempo de processo não ultrapasse as 3 horas. O bagaço sofreu uma perda em torno de 27% de AA em relação ao material *in natura*.

$$\text{AA} = 6,17 + 0,22T + 0,42.t - 0,61.t^2 - 0,45.T.t \quad (4)$$



4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que a técnica da Refractance Window se fez satisfatória na secagem do bagaço de malte, oferecendo assim, condições adequadas para se aproveitar o potencial do mesmo. Apesar de ter se observado uma redução dos teores de compostos bioativos quando comparado ao material *in natura* foi possível definir condições de processos que viabilizam seu aproveitamento em faixas intermediária de temperatura em torno de 65 °C a 75 °C e maiores tempos de processo.

5. REFERÊNCIAS

- AOAC, Association of Official Analytical Chemists, 1995. Official Methods of Analysis, Gaithersburg, MD, 1995.
- BORGES, M. S.; NETO, S. P. S. Meio ambiente x Indústria de cerveja: um estudo de caso sobre práticas ambientais responsáveis. Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 5. 2009, Niterói. Anais... Niterói: UFF, 2009.
- CELESTINO, S. M. C. Princípios de Secagem de Alimentos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 51p, 2010.
- MUJUNDAR, A. S. Handbook of Industrial Drying. 3ed CRC Press, 1312p. 2006.
- MUSSATTO, S. I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I. C. Brewer's spent grain: generation, characteristics and potential applications. *J Cereal Sci*, v. 43, n. 1, p. 1-14, 2006.
- NINDO, C. I.; POWERS, J. R.; TANG, J. Influence of Refractance Window evaporation on quality of juices from small fruits. *LWT*, v. 40, p. 1000-1007, 2007.
- SANTOS, M. S.; RIBEIRO, F. M. Cervejas e Refrigerantes. CETESB, São Paulo. 58p. 2005.
- SANTOS, M.; JIMÉNEZ, J.J.; BARTOLOMÉ, B.; GÓMEZ-COROVÉS, C.; DEL NOZAL, M.J. Variability of brewers' spent grain within a brewery. *Food Chem.* 80, p. 17-21. 2003.
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic_phosphotungstic acid reagents. *J. Enol. Vitic.*, v. 16, p. 144-158, 1965.
- ZOTARELLI, M. F.; CARCIOFI, B.A.M.; LAURINDO, J.B. Effect of process variables on the drying rate of mango pulp by Refractance Window. *Food Res. Int.*, v. 69, p. 410-417, 2015.
- ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and their Scavenging Effects on Superoxide Radicals. *Food Chem.*, v. 64, p.555-559, 1999.