



## INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE SECAGEM EM CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO BAGAÇO DE CERVEJA

L. Bagatini<sup>1</sup>, Sant'Anna<sup>2</sup>

1-Área da Vida e Meio Ambiente – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Campus Encantado - CEP: 95960-000 – Encantado – RS – Brasil, Telefone: 55 (51) 3751-3376 – Fax: 55 (51) 3751-3376 – e-mail: ([nutrieduc@teutonia.com.br](mailto:nutrieduc@teutonia.com.br))

2-Área da Vida e Meio Ambiente – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Campus Encantado - CEP: 95960-000 – Encantado – RS – Brasil, Telefone: 55 (51) 3751-3376 – Fax: 55 (51) 3751-3376 – e-mail: ([voltaire-santanna@uergs.edu.br](mailto:voltaire-santanna@uergs.edu.br))

**RESUMO** – Neste estudo avaliou-se a influência do ar estático quente (60 - 100°C) na concentração de polifenóis totais, flavonóis, ésteres tartáricos, compostos com atividade antioxidante, pH, cor e capacidade de retenção de água e óleo do bagaço de malte proveniente do processo de produção da cerveja pilsen. Observou-se diminuição exponencial da umidade, com estabilidade sendo atingida a 80°C e 100°C, simultaneamente, aos 150 minutos. Amostras secas à 60°C apresentaram maior concentração de polifenóis totais, flavonóis, ácidos fenólicos e compostos com capacidade de eliminar radicais ABTS. Em comparação com as amostras liofilizadas, àquelas expostas a procedimentos de secagem a 60 e 80°C apresentaram quantidades semelhantes de polifenóis totais e flavonóis. Em todas as temperaturas de secagem houve perda maior de ésteres tartáricos em comparação às amostras liofilizadas. A capacidade de sequestrar o radical DPPH foi significativamente afetada nas amostras secas a 100°C.

**ABSTRACT** – In this study we evaluated the influence of warm static air (60 - 100°C) on the concentration of total polyphenols, flavonols, tartaric esters, compounds with antioxidant activity, pH, color and water and oil retention capacity of malt pomace from the process of lager production. Exponential decrease in humidity was observed, with stability reaching 80°C and 100°C simultaneously at 150 minutes. Samples dried at 60°C showed higher concentration of total polyphenols, flavonols, phenolic acids and ABTS radical scavenging compounds. Compared to the lyophilized samples, those exposed to drying procedures at 60 and 80 ° C showed similar amounts of total polyphenols and flavonols. At all drying temperatures there was a greater loss of tartaric esters compared to lyophilized samples. The ability to sequester the DPPH radical was significantly affected in samples dried at 100° C.

**PALAVRAS-CHAVE:** bagaço de malte; secagem; polifenóis totais, atividade antioxidante.

**KEYWORDS:** brewery bagasse; drying; total polyphenols, antioxidant activity.



## 1. INTRODUÇÃO

O bagaço de malte (BM) é considerado o maior resíduo sólido cervejeiro formado no início do processo de produção da cerveja, é insolúvel e conhecido por conter quantidades significativas de ricos componentes que permanecem inexplorados durante o processamento. Apesar de estar disponível em grandes volumes e ser de baixo custo, seu destino usual tem sido a doação ou venda para elaboração de ração animal. Barbosa-Pereira et al., (2014), comprovaram em sua pesquisa que extratos brutos de compostos fenólicos com alta atividade antioxidante podem ser obtidos a partir dos resíduos de cervejarias, e que podem ser usados como fonte barata de compostos.

É possível ter a dimensão do impacto ambiental que o setor pode provocar considerando que cada hectolitro (100 litros) de cerveja produzida gera entre 14 e 20 kg de bagaço úmido, visto como sobras de processamento sem serventia ou valor econômico, e cujo montante pode chegar a 85% do total de resíduos gerados (MUSSATO et al., 2006; XIROS & KRISTHAKOPOULOS, 2012; LYNCH et al., 2016). A desidratação tem se apresentado como alternativa para melhorar a estabilidade microbiológica e bioquímica de resíduos da indústria alimentícia, permitindo estudos de viabilidade para ser utilizado como ingrediente nutricional para humanos.

Visto que o BM proveniente da produção de cerveja apresenta alto teor de umidade levando o resíduo a um curto prazo de validade, este estudo tem o objetivo de avaliar o efeito da secagem em estufa na faixa de temperatura de 60 a 100°C, sobre sua umidade, cor, pH, concentração de polifenóis totais, flavonóis, ésteres tartáricos, compostos com atividade antioxidante e capacidade de retenção de água e óleo, utilizando amostras liofilizadas como técnica de controle.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de bagaço de cerveja pilsen (72% de umidade em base úmida) foram dispostas em camada única, em bandejas de metal de 12,5cm de largura, 19,7cm de comprimento e 1cm de altura, em equipamento previamente aquecido. Cada amostra permaneceu a temperaturas diferentes: 60°C, 80°C e 100°C. A massa do sistema resíduo e bandeja foi medida a cada 30 minutos até atingir peso constante. Então, procedeu-se a moagem das amostras secas, realizada em processador industrial, peneiradas em malhas de 5mm de abertura e transferidas para embalagens estéreis de polietileno escuro, dentro de uma capela laminar de fluxo. Amostras liofilizadas foram utilizadas como controle. O teor de umidade das amostras, antes e após o experimento de secagem, foi determinado pelo método padrão AOAC (2000). O pH foi determinado através do método padrão AOAC (1990). A cor do BM seco foi medida pelos parâmetros CIELab, usando iluminação difusa D-65 de um colorímetro Minolta Chroma CR-400 em 3 pontos diferentes da superfície das amostras. A capacidade de retenção de água e óleo foi determinada de acordo com Rosell, Santos & Collar, (2009) com poucas modificações. Resumidamente, 0,5 g ( $\pm$  0,1 mg) de pó de resíduo seco foram suspensos em 10 mL de água destilada ou óleo de soja, quando foram centrifugadas a 1.000 G e medidas as partes líquidas sobrenadantes.

Para a análise de polifenóis e compostos com atividade antioxidante realizou-se a extração conforme descrito por Larrauri et al., (1997) ao misturar 3g de resíduo triturado com 40 mL de solução de metanol 50% (v/v), seguido de extração com solução de acetona 70% (v/v). A concentração de polifenóis totais foi determinada pelo método de *Folin-Ciocalteu* descrito por Singleton & Rossi, (1965), com leitura da absorbância da reação à 765 nm em espectrofotômetro UV/Visível. Os



resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente (EAG) por 100 g de resíduo seco. O conteúdo de ácidos fenólicos foi mensurado conforme Heimler et al., (2005), com leitura da absorbância da reação à 360 nm. O conteúdo de ácidos fenólicos foi expresso em mg de ácido caféico equivalente por 100g de resíduo seco. A atividade antioxidante dos resíduos de BM seco foi avaliada pelos métodos de sequestro do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) e eliminação de radicais ABTS (ácido 3-etilbenzotiazolína-6-sulfônico) (BRAND-WILLIAMS et al., 1995; RE et al., 1999). Os testes foram conduzidos em triplicata e as médias de dois experimentos independentes foram calculadas. Os valores obtidos foram comparados por Análise de Variância (ANOVA), pelo software Excel 2013 e tratadas pelo teste de Tukey, pelo Statistica 10.0. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando  $p < 0,05$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento da perda de umidade pelos resíduos mostraram redução exponencial, havendo uma tendência de equilíbrio para cada amostra. Os resultados demonstram que a estabilidade do teor de umidade do bagaço foi atingida a 80°C e 100°C, simultaneamente aos 150 minutos. Contudo, a 60°C a umidade de equilíbrio do BM foi alcançada somente depois de 340 minutos. O efeito das diferentes temperaturas de secagem sobre a concentração de compostos bioativos e a atividade antioxidante do BM seco encontrados neste estudo estão demonstrados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Influência de diferentes temperaturas de secagem sobre a concentração de polifenóis totais, flavonóis, ésteres tartáricos e compostos com atividade antioxidante no bagaço de malte

	Polifenóis totais (mg GAE/100g)	Flavonóis (mg EE/ 100g)	Ésteres tartáricos (mg CA/100g)	DPPH(%)	ABTS(%)
100°C	7601,402±759,75 <sup>b</sup>	2620,742±260,3 <sup>b</sup>	1440,029±226,55 <sup>b</sup>	6,036±0,019 <sup>c</sup>	48,075±0,53 <sup>b</sup>
80°C	11944,962±834,67 <sup>a</sup>	3395,449±241,2 <sup>a</sup>	1423,463±234,33 <sup>b</sup>	10,905±1,54 <sup>b</sup>	50,625±0,39 <sup>b</sup>
60°C	12210,499±1500,1 <sup>a</sup>	3604,209±327,8 <sup>a</sup>	1538,401±139,80 <sup>b</sup>	10,603±0,91 <sup>b</sup>	60,225±3,85 <sup>a</sup>
Liofilizado	9515,595±1528,01 <sup>a</sup>	3618,775±397,7 <sup>a</sup>	3601,620±157,90 <sup>a</sup>	16,183±1,83 <sup>a</sup>	68,875±0,39 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ )

Entre as amostras secas em diferentes temperaturas, aquelas submetidas à 60°C apresentaram maior concentração de polifenóis totais, flavonóis, ácidos fenólicos e compostos com capacidade de eliminar radicais ABTS ao final do processo. Em comparação com as amostras liofilizadas, àquelas expostas a procedimentos de secagem a 60 e 80°C apresentaram quantidades semelhantes ( $p > 0,05$ ) de polifenóis totais e flavonóis após o processo, resultado semelhante encontrado por Hii et al., (2009) em amostras secas de cacau. Contudo, o mesmo não ocorreu com o BM seco a 100°C, o qual apresentou quantidades significativamente ( $p < 0,05$ ) menores destas substâncias. A redução significativa ( $p < 0,05$ ) da concentração de polifenóis e flavonóis pode estar relacionada à degradação térmica deles durante a exposição a altas temperaturas.

Os resultados referentes a quantidade de ácidos fenólicos encontrados nas amostras de BM secas a 60, 80 e 100°C apresentaram comportamento semelhante entre si ( $p < 0,05$ ), porém antagônico às amostras

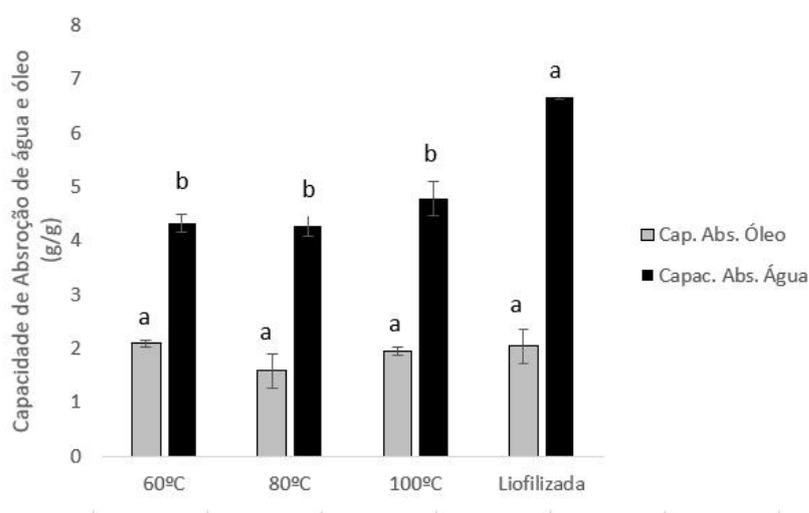


lioofilizadas, ou seja, em qualquer uma das três temperaturas de secagem houve perda maior de ésteres tartáricos em comparação às amostras que passaram por liofilização. Hii et al., (2009), da mesma forma, demonstraram em seu estudo, não haver diferença significativa no conteúdo fenólico para amostras secas a 60 e 80°C. A capacidade de eliminação do radical ABTS analisada no BM seco a 60°C demonstrou semelhança ( $p>0,05$ ) ao resultado encontrado na amostra liofilizada. Contudo, após serem submetidas a temperaturas maiores de 80°C, verificou-se perda significativa ( $p<0,05$ ) desta capacidade. A capacidade de sequestrar o radical DPPH, permaneceu semelhante a 60°C e 80°C. Sant’Anna et al., (2014) ao analisarem efeitos da secagem sobre o bagaço de uva demonstraram que compostos fenólicos totais e compostos com capacidade de eliminação de radicais DPPH permaneceram estáveis, embora compostos com capacidade de eliminação de radicais ABTS mostraram-se suscetíveis a degradação.

Larrauri et al., (1997) avaliaram a influência de temperaturas entre 60 e 140°C na degradação de compostos bioativos em secagem de bagaço de uva e concluíram que, em comparação ao resíduo liofilizado, não houve diferença significativa na degradação de polifenóis totais e compostos com atividade antioxidante quando o bagaço foi seco a 60°C. Porém, o aumento da temperatura afetou negativamente a composição do produto seco.

Os resultados da análise de cor demonstraram não haver diferença significativa ( $p>0,05$ ) para o parâmetro  $L^*$ , indicando que as amostras apresentam grau de coloração escura semelhante. Resultados semelhantes foram encontrados sobre o impacto da secagem para os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ , em que as temperaturas empregadas não impactaram em alteração significativa ( $p>0,05$ ) no parâmetro de cor em relação às amostras liofilizadas, demonstrando ser uma forma mais econômica de desidratar o BM sem alterar sua cor característica.

**Figura 1.** Influência da temperatura de secagem na capacidade de absorção de água e óleo de bagaço de cerveja.



Além de apresentar alto teor de fibras alimentares, o estudo demonstrou que o subproduto tem grande capacidade de absorção de água e reduzida habilidade de absorção de gordura (Figura 1). Este mesmo resultado foi constatado por Huige (1994) em sua pesquisa com farinha de bagaço de malte. Isso possivelmente se deve ao fato do resíduo ser rico em monossacarídeos e polissacarídeos e seus derivados. Sabe-se que o grão de cevada tem um nível de beta-glucanos muito maior do que o



encontrado em outros grãos (NEWMAN et al., 1989; MCINTOSH et al., 1991), os quais, na presença de água, avolumam-se para formar soluções viscosas (CAVALLERO et al., 2002). Constatou-se ainda nesse estudo que a baixa temperatura de secagem relacionou-se diretamente com uma menor capacidade de absorção de água pelo BM. Tal resultado pode estar associado à trituração pela qual passou o BM após a secagem, tendo em vista que a capacidade de retenção de água depende da forma do processamento da fibra, além de sua estrutura físico-química (ROSSEL, SANTOS & COLLAR, 2009).

O efeito da secagem sobre o pH do resíduo seco demonstrou sua permanência entre 5,0 e 5,6. A secagem do resíduo à 60°C e 80°C não impactou em alteração significativa ( $p>0,05$ ) do pH das amostras em comparação àquelas liofilizadas. Quando tratadas a 100°C, contudo, houve redução significativa ( $p<0,05$ ) do parâmetro, possivelmente devido a degradação de lipídeos em ácidos graxos livres.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que, mesmo após sua secagem, o BM mantém importantes concentrações de polifenóis e compostos com atividade antioxidante. Em relação a características físico-químicas, os dados indicam não haver grande impacto no pH, cor, absorção de água e óleo quando comparadas com amostras liofilizadas. Os dados também indicam que a secagem do resíduo em temperaturas de até 80°C é uma alternativa interessante para aumentar a estabilidade do produto sem impactar nos parâmetros estudados. Mais estudos são necessários para utilizar o resíduo de cerveja na indústria de alimentos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the AOAC International. 15th ed. Arlington, 1990.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 17th Edition, Gaithersburg, MD, USA, 2000.

Barbosa-Pereira, L., Bilbao, A., Vilches, P., Angulo, I., Lluís, J., Fité, B., Paseiro-Losada, P., & Cruz, J.M. (2014). Brewery waste as a potential source of phenolic compounds: Optimisation of the extraction process and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities. *Food Chemistry*, 145, 191–197.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28, 25–30.

Cavallero, A., Empilli, S., Brighenti, F., & Stanca, A. M. (2002). High (1-3,1-4)- $\beta$ -glucan barley fractions in bread making and their effects on human glycemic response. *Journal of Cereal Science*, 36, 59–66.

Gazor, H.R., & Minaei, S. (2005) Influence of temperature and air velocity on drying time and quality parameters of pistachio (*Pistacia vera* L.) *Drying Technology*, 23, 2463–2475.



- Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M.G., & Romani, A. (2005). Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 3053-3056.
- Hii, C.L., Law, C.L., Cloke, M., & Suzannah, S. (2009). Thin layer drying kinetics of cocoa and dried product quality. *Biosystem Engineering*, 102, 153-161.
- Huige, N.J. (1994). Brewery by-products and effluents, in: Hardwick, W.A. (Ed.), *Handbook of Brewing*. Marcel Dekker, New York, pp. 501–550
- Lynch, K.M., Steffen, E.J., & Arendt, E.K. (2016). Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health. *Journal of the Institute of Brewery*, 122, 553–568
- Mcintosh, G. H., Whyte, J., Mcarthur, R., & Nestel, P. J. (1991). Barley and wheat foods: influence on plasma cholesterol concentrations in hypercholesterolemic men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53(5), 1205–1209.
- Muralikrishna, G., & Nirmala, M. (2005). Cereal  $\alpha$ -amylases—an overview. *Carbohydrate polymers*, 60(2), 163-173.
- Mussatto, S.I., Dragone, G., & Roberto, I.C. (2006). Brewer's spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, 43, 1–14.
- Newman, R.K., Lewis, S.E., Newman, C.W., Boik, R.J., & Ramage, R.T. (1989). Hypocholesterolemic effect of barley foods on healthy men. *Nutritional Reports International*, 39, 749–760.
- Onyeka, U., & Dibia, I. (2002). Malted weaning food made from maize, soybean, groundnut and cooking banana. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(5), 513-516.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Panala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical and Biological Medicine*, 26, 1231–1237.
- Reinold, M.R. (1997) *Manual Prático de Cervejaria* (1ª ed) Aden Editora e Comunicações Ltda, São Paulo. 214 p.
- Rosell, C.M., Santos, E., & Collar, C. (2009). Physico-chemical properties of commercial fibres from different sources: A comparative approach. *Food Research International*, 42, 176–184.
- Sant'Anna, V., Englert, A.H., Córrea, A. P. F., Brandelli, A., Marczak, L. D. F. & Tessaro, I. C. (2014). Grape marc powder: physicochemical and microbiological stability during storage and moisture sorption isotherm. *Food Bioprocess and Technology*, 7 (9), 2500-2506.
- Schmitt, M.R., Skadsen, R.W., & Budde, A.D. (2013). Protein mobilization and malting specific proteinase expression during barley germination. *Journal of Cereal Science*, v. 58, n. 2, p. 324-332.
- Singleton, V.L., & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 20, 144–158.
- Xiros, C., & Christakopoulos, P. (2012). Biotechnological Potential of Brewers Spent Grain and its Recent Applications. *Waste and Biomass Valorization*, 3(2), 213–232.