

EMBALAGENS EXPANDIDAS DE AMIDO E REFORÇADAS COM RESÍDUO CERVEJEIRO

J.C. da Cruz¹, V. G. Deon², V.Z. Pinto¹

1- Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Engenharia de alimentos, Campus Laranjeiras do Sul, PR. e-mail: (jujuh.cabral@hotmail.com; vania_vzp@hotmail.com)

2- Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Engenharia mecânica, Campus Xanxerê, SC. e-mail (vinicius.deon@yahoo.com)

RESUMO – Objetivou-se desenvolver e caracterizar embalagens expandidas à base de amido reforçadas com resíduo cervejeiro, obtidas por expansão térmica em molde fechado, segundo um planejamento 2², sendo a concentração de resíduo cervejeiro e plastificante as variáveis independentes. Os resultados mostraram que a adição de resíduo cervejeiro como material de reforço resultou em embalagens com maiores densidades, enquanto as espumas com os maiores teores de glicerol apresentaram os maiores teores de CAA. De acordo com o exposto é possível concluir que dentro dos parâmetros estudados, o ensaio 3 (30% m/m de resíduo e 2,5 % m/m de glicerol) é o que mais se mostrou favorável para ser aplicado em alimentos, pois apresentou baixa atividade de água e densidade.

ABSTRACT – The objective was to develop and characterize baked foams based on starch reinforced with brewing residue, obtained by thermal expansion in closed mold, according to a planning 2², with the concentration of brewing residue and plasticizer being the independent variables. The results showed that the addition of brewing residue as reinforcement material resulted in packaging with higher densities, while foams with the highest glycerol contents presented the highest CAA contents. It is possible to conclude that within the parameters studied, test 3 (30% w / w of residue and 2.5% w / w of glycerol) is the most favorable to be applied in food, because presented low water activity and density.

PALAVRAS-CHAVE: espumas expandidas, bagaço de malte, termoexpansão

KEYWORDS: baked foams, malt bagasse, thermoexpansion

1. INTRODUÇÃO

As embalagens expandidas (espumas expandidas) são amplamente utilizada na indústria de alimentos para o acondicionamento de carnes, ovos, frutas, hortaliças, alimentos refrigerados e outros (MORAES & BRASIL, 2015). Em geral, são produzidas utilizando poliestireno (PS) que sofre uma expansão pela aplicação de pentano ou cloreto de metila através de aquecimento a vapor (Engel, M.O.; Reautegui, D.R., Santana, 2014; Engel et al., 2019). As aplicações decorrem suas das características isolantes, elevada leveza, resistência mecânica, baixo custo e facilidade de manuseio (Seo et al., 2005). Entretanto, estas embalagens não são biodegradáveis e frequentemente descartadas em aterros sanitários, tornando-se um problema ambiental para a sociedade.

A utilização de materiais biodegradáveis consiste em alternativa, pelo menos em parte, às embalagens oriundas do petróleo. Os polissacarídeos amido e celulose são recursos renováveis, abundantes e de baixo custo e possuem propriedades que se aproximam dos polímeros tradicionais (DEBIAGI et al., 2010; ESPINA et al, 2016). As embalagens biodegradáveis à base de amido são de elevado interesse, uma vez que apresentam baixo custo, além de serem baseadas em um recurso renovável (Carvalho et al., 2018; Kaewtatip et al., 2018).

O amido, em contato com a água apresenta a capacidade de se expandir, quando aquecido, e formar espumas, num processo conhecido como expansão térmica (Stoffel et al., 2019). Entretanto, as embalagens

contendo apenas amido apresentam limitações relacionadas à baixa resistência à umidade e pouca flexibilidade. Dessa forma, o uso de plastificantes e materiais de reforço promovem melhorias nas propriedades mecânicas das espumas de amido (Engel, M.O.; Reategui, D.R., Santana, 2014; Engel et al., 2019; Schimidt, 2006). O resíduo cervejeiro é um resíduo do processo cervejeiro com potencial para aplicação em embalagens (MELLO & MALI, 2013). Esse subproduto sólido consiste principalmente de sobras de casca e o endosperma dos grãos malteados de grãos não malteados, como arroz, milho e trigo (Cordeiro et al., 2013).

Desta forma, objetivou-se desenvolver e caracterizar espumas expandidas à base de amido reforçadas com resíduo cervejeiro, obtidas por expansão térmica em molde fechado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material

Os tubérculos de batata, cultivar Astérix, foram cedidos pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Unicentro, Guarapuava, PR. O amido foi extraído com a moagem dos tubérculos em liquidificador doméstico com água, filtrado em tecido e deixados decantar por 12h. O material decantado foi resuspenso em água para purificação (2x), filtrados em peneira de 200 *mesh* e decantados por mais 12h.

O resíduo cervejeiro foi cedido pela cervejaria Brauheim localizada em Saudade do Iguaçu, PR. O resíduo foi seco em estufa com circulação forçada de ar (Prática Technicook, modelo C20, São Paulo) a 80° C por 48h, moídos em moinho de martelos (partículas de 106 µm) e armazenados. Todos os reagentes utilizados no experimento foram de grau analítico.

2.1 Elaboração das embalagens expandidas

A embalagens expandidas foram produzidas segundo um delineamento 2², com 3 repetições no ponto central, totalizando 7 ensaios. Os níveis codificados e decodificados encontram-se descritos na Tabela 1, sendo a concentração de resíduo cervejeiro e plastificante as variáveis independentes. Todos as concentrações foram calculadas fixando a quantidade de amido (16g), sendo os demais componentes adicionados em relação à massa de amido em base seca. Adicionou-se 1% de goma guar e 1% de desmoldante estearato de magnésio em cada formulação.

Tabela 1 - Delineamento experimental para elaboração de bandejas expandidas de amido com as variáveis independentes concentração de resíduo cervejeiro e plastificante

Variáveis Independentes	Níveis		
	-1	0	+1
Resíduo cervejeiro (%)	10	20	30
Plastificante (%)	2,5	5	7,5

As matérias-primas e os aditivos foram misturados por 1 min e a suspensão foi disposta em molde bipartido com dimensões de 117 x 64 x 20 mm, pré-aquecido a 180°C, com resistências elétricas do tipo cartucho. O molde foi fechado e a expansão do material resultou na formação de bandejas após 4 minutos de aquecimento. Em seguida, as amostras foram retiradas do molde, resfriadas a temperatura ambiente, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em dessecadores com sílica gel para posterior análise.

2.2 Caracterização das embalagens expandidas

A atividade de água (a_w) das embalagens no formato de bandejas foi determinada com o auxílio do analisador de atividade de água Novasina AG (CH8863, Novasina AG Lanchem Lab Master, Suíça) operando na faixa de 0 a 1 na temperatura de 25°C. A densidade aparente calculada pela razão entre a massa e o volume das bandejas.

A capacidade de absorção de água (CAA) foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Carvalho et al., (2018) em que amostras de 2 x 2 cm foram submersas em 100 mL de água destilada a 20°C após 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 min de imersão. A capacidade de absorção de água foi calculada através da diferença entre a massa inicial e final da amostra e expressa em porcentagem.

2.3 Análise estatística

As médias obtidas foram avaliadas através de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com nível 95% de confiança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O planejamento experimental 2^2 não permitiu gerar modelos preditivos significativos ($p < 0,05$) para as variáveis dependentes atividade de água e densidade das bandejas expandidas. A atividade de água das bandejas variou entre $0,471 \pm 0,0008$ a $0,564 \pm 0,001$ (Tabela 2). Com estes resultados é possível concluir que a adição do resíduo diminuiu a atividade de água das amostras expandidas, como verificado nos ensaios 2 e 3, em que foi adicionado a máxima concentração de resíduo (30 % m/m). No geral, as embalagens apresentam baixa atividade de água e são resistentes à ataques microbianos e consequentemente, tendem a se deteriorar mais lentamente (Oksman et al., 2016).

A densidade média das amostras variou entre $0,284 \pm 0,003 \text{ g.cm}^{-3}$ a $0,405 \pm 0,003 \text{ g.cm}^{-3}$ (Tabela 2), sendo possível observar que a quantidade de material de reforço adicionada tem influência direta na densidade das bandejas ($p < 0,5$). Este comportamento pode ser observado entre o ensaio 2 com 30% (m/m) de material de reforço e no ensaio 4 com 30% (m/m) de material de reforço. Este fenômeno pode estar associado a menor expansão do volume da massa que contém o resíduo, indicando um aumento da densidade das bandejas, o que está relacionado, possivelmente, à fração lignocelulósica do componente adicionado (Machado et al., 2017). A densidade é uma importante propriedade física para a aplicabilidade das espumas expandidas, e que é inversamente proporcional à sua capacidade de expansão (Espina et al., 2016; Matsuda et al., 2013; Palma-Rodríguez et al., 2016; Pornsuksomboon et al., 2016).

Tabela 2 - Densidade, atividade de água das diferentes formulações das bandejas expandidas

Formulações	a_w	Densidade (g cm^{-3})
1	$0,525 \pm 0,002^b$	$0,349 \pm 0,003^{ab}$
2	$0,471 \pm 0,0008^c$	$0,405 \pm 0,003^a$
3	$0,477 \pm 0,002^c$	$0,330 \pm 0,004^{bc}$
4	$0,564 \pm 0,001^a$	$0,284 \pm 0,003^c$
5	$0,505 \pm 0,020^b$	$0,381 \pm 0,006^{ab}$
6	$0,510 \pm 0,004^b$	$0,384 \pm 0,007^{ab}$
7	$0,507 \pm 0,002^b$	$0,379 \pm 0,005^{ab}$

* Média \pm desvio padrão de cinco determinações. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias pelo Teste de Tukey a 95% de confiança

A capacidade de absorção de água (CAA) das bandejas variou de $43,66 \pm 3,28$ % a $36,46 \pm 3,13$ % com 1 min de imersão; de $57,20 \pm 3,96$ % a $79,41 \pm 5,53$ % para 5 min; de $82,00 \pm 6,28$ % a $139,66 \pm 7,13$ % para 10 min; $97,19 \pm 4,34$ % a $158,94 \pm 1,92$ % para 15 min; $118,96 \pm 1,63$ % a $192,29 \pm 3,37$ % para 20 min; $141,60 \pm 2,16$ % a $241,23 \pm 4,90$ % para 25 min e $147,36 \pm 1,30$ % a $211,60 \pm 6,47$ % para 30 min, variando em todos os tempos de

imersão ($p < 0,5$). Na Figura 1 é possível observar o aumento da capacidade de absorção das bandejas com o aumento do tempo de imersão delas em água.

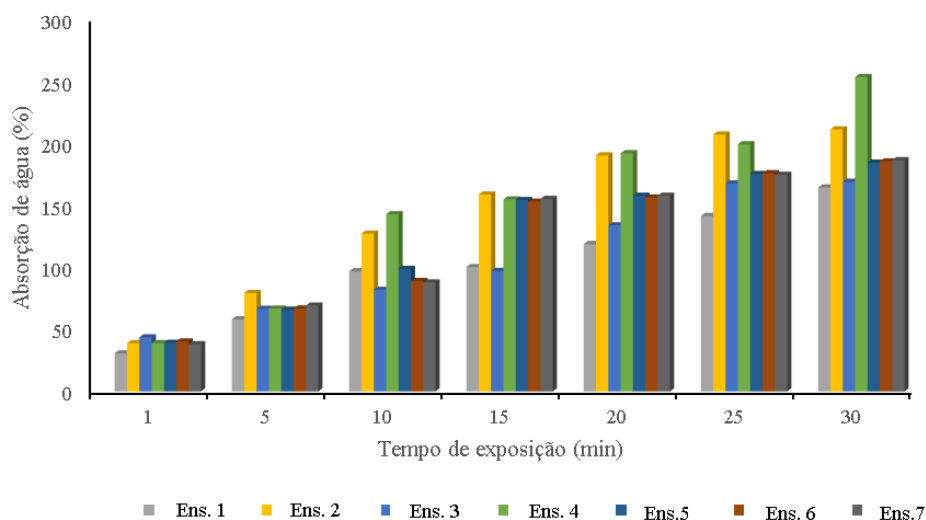


Figura 1. Capacidade de absorção de água das bandejas de amido de batata expandidas reforçadas com resíduo de cervejeiro em diferentes tempos de imersão em água. Intervalo de confiança $\pm 40,14$.

A CAA das bandejas é diretamente proporcional ao tempo de contato com a água (Figura 1). Também se observa que os ensaios 2 e 4, apresentaram, majoritariamente, maior CAA, devido a ação do glicerol adicionado como plastificante em maior quantidade nestas formulações, (7,5 % m/m). O glicerol apresenta alta solubilidade em água pela presença de três carbonos ligados a três grupamentos hidroxila em sua estrutura química, conferindo alta higroscopicidade. Além disso, é uma molécula altamente flexível e capaz de formar ligações de hidrogênio intra e intermolecular (Bergel et al., 2018; Engel et al., 2019; Stoffel et al., 2015).

Segundo Debiagi et al. (2010), a CAA representa um indicativo referente a disponibilidade das moléculas hidrofílicas de interagirem com as moléculas de água. Dessa forma, verifica-se que os ensaios em que foram adicionadas as maiores quantidades de glicerol apresentaram as maiores porcentagem de CAA, devido a interação do deste com a água (Figura 1). O amido possui em sua estrutura molecular muitos grupamentos hidroxila que conferem ao polímero propriedades hidrofílicas, resultando em um material que apresenta elevada afinidade com a água (Sjoo & Nilsson, 2004). Por outro lado, o resíduo de cervejeiro, empregado como material de reforço é composto por fibras lignocelulósicas que possui menor afinidade pela água (MELLO & MALI, 2013). Analisando o ensaio 3, em que se adicionou 30% (m/m) de resíduo e 2,5% (m/m) de plastificante, é possível verificar que a adição do resíduo de cervejeiro contribui para a redução da CAA e conseqüentemente, melhora a resistência das bandejas à elevadas umidades.

4. CONCLUSÃO

A incorporação de resíduo de cervejeiro nas bandejas expandidas de amido, em excesso, causou aumento da densidade. Além disso, promoveu a CAA das bandejas à base de amido e resíduo de cervejeiro foi diretamente influenciada pelas maiores concentrações de glicerol incorporados às formulações. De acordo com o exposto, é possível concluir que dentro dos parâmetros estudados, o ensaio 3 (30% m/m de resíduo e 2,5 % m/m de glicerol) é o que mais se mostrou favorável para ser aplicado em alimentos, pois apresentou baixa atividade de água e densidade.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Chamada MCTIC/CNPq N° 28/2018 - Universal/Faixa A - Até R\$ 30.000,00, processo n° 432181/2018-0.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bergel, B. F., Dias Osorio, S., da Luz, L. M., & Santana, R. M. C. (2018). Effects of hydrophobized starches on thermoplastic starch foams made from potato starch. *Carbohydrate Polymers*, 200(July), 106–114.
- Carvalho, F. A. de, Bilck, A. P., Yamashita, F., & Mali, S. (2018). Baked Foams Based on Cassava Starch Coated with Polyvinyl Alcohol with a Higher Degree of Hydrolysis. *Journal of Polymers and the Environment*, 26(0), 1445–1452.
- Cordeiro, L. G., El-Aouar, Â. A., & De Araújo, C. V. B. (2013). Energetic characterization of malt bagasse by calorimetry and thermal analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 112(2), 713–717.
- DEBIAGI, F., MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., & YAMASHITA, F. (2010). Efeito 1522 de fibras vegetais nas. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(6), 1522–1529.
- Engel, M.O.; Reautegui, D.R., Santana, R. M. . (2014). BIOCÓMPÓSITOS DE AMIDO TERMOPLÁSTICO EXPANDIDO REFORÇADO COM CASCA DE SOJA. *Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Dos Materiais*, 3685(1), 2665–2672.
- Engel, J. B., Ambrosi, A., & Tessaro, I. C. (2019). Development of biodegradable starch-based foams incorporated with grape stalks for food packaging. *Carbohydrate Polymers*, 225(May), 115234.
- Espina, M., Cruz-Tirado, J. P., & Siche, R. (2016). Mechanical properties of trays based on starch of native plant species and fiber of agroindustrial wastes. *Scientia Agropecuaria*, 07(02), 133–143.
- Kaewtatip, K., Chiarathanakrit, C., & Riyajan, S. (2018). The effects of egg shell and shrimp shell on the properties of baked starch foam. *Powder Technology*, 335, 354–359.
- Machado, C. M., Benelli, P., & Tessaro, I. C. (2017). Sesame cake incorporation on cassava starch foams for packaging use. *Industrial Crops & Products*, 102, 115–121.
- Matsuda, D. K. M., Vercezeze, A. E. S., Carvalho, G. M., Yamashita, F., & Mali, S. (2013). Baked foams of cassava starch and organically modified nanoclays. *Industrial Crops and Products*, 44, 705–711.
- Mello, L. R. P. F., Vergílio, R. M., & Mali, S. (2013). Caracterização Química e Funcional do Resíduo Fibroso da Indústria Cervejeira. *Biochemistry and Biotechnology Reports*, 2(3), 191–194.
- Moraes, C. B., & Brasil, P. D. C. (2015). Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental. *Seminário Nacional de Construções Sustentáveis*, 1.
- Oksman, K., Aitomäki, Y., Mathew, A. P., Siqueira, G., Zhou, Q., Butylina, S., Tanpichai, S., Zhou, X., & Hooshmand, S. (2016). Review of the recent developments in cellulose nanocomposite processing. *Composites Part A*, 83, 2–18.
- Palma-Rodríguez, H. M., Berrios, J. D. J., Glenn, G., Salgado-Delgado, R., Aparicio-Saguilán, A., Rodríguez-Hernández, A. I., & Vargas-Torres, A. (2016). Efecto de las condiciones de almacenamiento en las propiedades mecánicas y microestructura en espumas biodegradables de almidón cocido. *CYTA - Journal of Food*, 14(3), 415–422.
- Pornsuksomboon, K., Barta, B., Mészáros, K., & Kaewtatip, K. (2016). Properties of baked foams from citric acid modified cassava starch and native cassava starch blends. *Carbohydrate Polymers*, 136, 107–112.
- Schmidt, V. C. R. (2006). Desenvolvimento de bandejas biodegradáveis a partir da fécula de mandioca, calcário e fibra de celulose. *Dissertação Pós-Graduação Em Engenharia de Alimentos*, 64.
- Seo, K. S., Cho, C. H., & Hong, S. I. (2005). Evaluation of the Shock Absorption Properties of Rigid Polyurethane and Polystyrene Foam Used in a Small Transport Package. *Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive Material*, 16(2), 145–150.
- Sjoo, M., & Nilsson, L. (2004). Starch in Food. In *Starch in Food* (2nd ed.). Woodhead Publishing.
- Stoffel, F. (2015). Desenvolvimento De Espumas a Base De Amido De Mandioca. *Dissertação Mestrado Em Engenharia de Processos*, 101.
- Stoffel, F., Barreto, L. P., & Zeni, M. (2015). Preparation of Cassava Starch-based Trays with Glycerol , Sorbitol and Poly (Vinyl Alcohol): Properties and Influence for Use as Food Packaging. *Research & Reviews: Journal of Food Science and Technology*, 4(3), 45–52.
- Stoffel, F., Weschenfelder, E. F., Camassola, M., Piemolini-Barreto, L. T., & Zeni, M. (2019). Influence of Plasticizers in Enzymatic Degradation and Water Resistance of Starch Foam Trays Obtained by Thermal Expansion. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(4), 739–746.