



Desenvolvimento de material de embalagem a partir de bagaço de malte

Development of packaging material from Brewer's Spent Grain

Jonas Cardoso de Oliveira*, Vânia de Cássia da Fonseca Burgardt[†],

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um material de embalagem com base de bagaço de malte e avaliar o mesmo quanto a resistência a tração. Para tal, foi feito um processo de delignificação no resíduo agroindustrial, e realizado um delineamento experimental fatorial fracionado 2^{5-1} para estudar a influência dos aditivos para os resultados de resistência a tração do material formado. O preparo do material compreendeu em uma homogeneização do bagaço de malte delignificado, amido de milho pré-gelatinizado, levedura residual do processamento da cerveja, glicerol e glutaraldeído 1%. Os materiais de embalagem apresentaram facilidade de formação, porém seria necessário a inclusão de prensagem, termoformação ou moldagem à vácuo para melhor efetividade. A resistência a tração nos materiais variaram de $0,0007 \text{ N.mm}^{-2}$ a $0,0112 \text{ N.mm}^{-2}$ e foi visto que à medida que a concentração de glicerol aumenta, ocorre uma diminuição dos valores de resistência à tração dos materiais de embalagem. Dessa forma, foi possível desenvolver um material de embalagem a partir do bagaço de malte com adição de diferentes proporções de levedura residual, amido de milho, glicerol e glutaraldeído. O ensaio 11 apresentou maior valor de resistência a tração com média de $0,0112 \text{ N.mm}^{-2}$.

Palavras-chave: Material de embalagem, Resíduo agroindustrial, Bagaço de malte

ABSTRACT

The objective of the present work was to develop a packaging material based on malt bagasse and evaluate its tensile strength. To this end, a delignification process was performed on the agro-industrial residue, and a 2^{5-1} factorial experimental design was performed to study the influence of additives on the results of tensile strength of the material formed. The preparation of the material consisted in a homogenization of delignified malt bagasse, pre-gelatinized corn starch, residual yeast from beer processing, glycerol and 1% glutaraldehyde. The packaging materials were easy to form, but would require the inclusion of pressing, thermoforming or vacuum molding for best effectiveness. The tensile strength of the materials ranged from 0.0007 N.mm^{-2} to 0.0112 N.mm^{-2} and it was seen that as the concentration of glycerol increases, there is a decrease in the tensile strength values of the packaging materials. Thus, it was possible to develop a packaging material from malt bagasse with the addition of different proportions of residual yeast, corn starch, glycerol and glutaraldehyde. Test 11 showed the highest value of tensile strength with an average of 0.0112 N.mm^{-2} .

Keywords: Packaging material, Waste agroindustrial, Brewer's Spent Grain.



1 INTRODUÇÃO

Materiais celulósicos são amplamente utilizados para a fabricação de embalagens para acondicionamento de produtos alimentícios e resíduos agroindustriais geram um grande interesse para obtenção desses materiais. Geralmente, esses resíduos são ricos em fibras e podem servir como fonte de reforço em embalagens (MELLO; MALI, 2014, p. 1).

O bagaço de malte, oriundo do processo de fabricação de cerveja é um material rico em fibras e representa 85% do total de subprodutos da fabricação de cerveja. Gerando 6,2 kg de bagaço de malte a cada hectolitro de cerveja produzida. Sendo interessante a aplicação de tecnologias nesse resíduo para desenvolver um material de embalagem (HEJNA; FORMELA; SAEB, 2015, p. 1).

A celulose é o polissacarídeo mais abundante produzido na natureza, está incorporada como uma matriz na parede celular de plantas, e para melhor aproveitamento da celulose em materiais, é necessário passar por um processo de fibrilação para remover os demais componentes. Esse tratamento passa por tratamento alcalino, seguido pela explosão do vapor, o que ajuda a diminuir a duração do procedimento (WEERAPPULIARICHCHI et al., 2020, p. 2).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um material de embalagem com base de bagaço de malte e avaliar o mesmo quanto a resistência a tração.

2 MÉTODO

O estudo foi realizado nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Francisco Beltrão – PR. O bagaço de malte de cevada utilizado e levedura foram cedidos pela microcervejaria Schaf Bier, situada no município. A levedura residual foi coletada diretamente nos reatores de fermentação em batelada, guardada em garrafas PET e mantidas sob refrigeração até o início da realização das análises. O bagaço úmido foi recolhido após o processo cervejeiro da cerveja Pilsen, acondicionado em sacos plásticos e armazenados em refrigerador até o momento das análises.

2.1 Deslignificação

O processo de deslignificação do bagaço de malte úmido foi realizado com adaptações. O pré-tratamento alcalino foi realizado em frasco de 3 L com NaOH 10% em proporção 3:10 (p/v) de sólido para líquido de material úmido em autoclave 121 °C por 1 hora. Após, o material foi peneirado em peneira de MESH 18, filtrado e lavado continuamente com água destilada quente até obtenção de pH neutro (GABRIEL et al., 2020, p. 6; GOMES et al., 2017, p. 1).

2.2 Delineamento experimental

Para o delineamento experimental fatorial fracionado 2^{5-1} (Tabela 01) foi utilizado o software Statistica versão 10. Para definir as concentrações das variáveis independentes nas amostras: 1) bagaço de malte deslignificado (BMD), 2) amido de milho, 3) levedura residual, 4) glicerol e 5) glutaraldeído. Essas concentrações foram definidas mediante pré-testes com as variáveis. Sendo a variável dependente (resposta), resistência a tração. As variáveis codificadas X_1 (BMD), X_2 (Amido de milho), X_3 (Levedura), X_4 (Glicerol) e X_5 (Glutaraldeído) foram estabelecidas em dois níveis de variação codificados como -1 (mínimo) e +1 (máximo) e com três repetições no ponto central.



2.2.1 Preparação do material

Para o preparo da polpa foi adicionado ao bagaço de malte pré-tratado, solução de amido de milho (Maizena®) (2% em água a 96 °C por 2 horas em agitador magnético), levedura residual do processamento da cerveja, glicerol e glutaraldeído 1% nas proporções dispostas na Tabela 01. Foi calculada a umidade para cada componente conforme metodologia disposta no Adolfo Lutz, e assim fixada a quantidade de água para todos os ensaios. A homogeneização da polpa foi realizada em agitador turrax por 5 minutos com agitação a 300 rpm. O glutaraldeído foi adicionado após a mistura dos demais componentes e a mistura homogeneizada por mais 2 minutos. Posteriormente, a polpa preparada foi distribuída em recipiente de alumínio de 30 cm x 10 cm e disposta em estufa de circulação de ar a 60 °C por 15 horas. Após secagem, as amostras foram desenformadas e cortadas em tiras de 250 mm x 25 mm para os ensaios de resistência a tração, conforme corpo de prova disposto na ASTM D3039.

2.3 Resistência a tração

Para realizar o teste de resistência a tração (RT) foi utilizado o texturômetro TA.XT2 (Stable Micro System, Hasleme, Inglaterra), operado de acordo com o método padrão ASTM D3039 em temperatura ambiente, operando com velocidade padrão de 1 mm/s (0,3 %/s). Os materiais de embalagem foram cortados em tiras de 250 mm de comprimento e 25 mm de largura e fixados 0,5 mm de cada extremidade da tira nas respectivas garras. O cálculo para determinar estes valores são apresentados na equação (1).

$$RT = F_m / A \quad (1)$$

Onde, RT é a resistência à tração (N.mm⁻²); F_m, a força máxima do momento da ruptura (N); A é a área da seção transversal (mm²).

Tabela 01 - Delineamento experimental composto rotacional 2⁵⁻¹.

Ensaio	BMD (g)	Amido de milho (g)	Levedura (g)	Glicerol (g)	Glutaraldeído 1% (g)
1	110	7,5	2,5	2,5	0
2	90	7,5	2,5	7,5	0
3	90	7,5	7,5	2,5	0
4	110	7,5	7,5	7,5	0
5	90	12,5	2,5	2,5	0
6	110	12,5	2,5	7,5	0
7	110	12,5	7,5	2,5	0
8	90	12,5	7,5	7,5	0
9	90	7,5	2,5	2,5	2
10	110	7,5	2,5	7,5	2
11	110	7,5	7,5	2,5	2
12	90	7,5	7,5	7,5	2
13	110	12,5	2,5	2,5	2
14	90	12,5	2,5	7,5	2
15	90	12,5	7,5	2,5	2
16	110	12,5	7,5	7,5	2



Ensaio	BMD (g)	Amido de milho (g)	Levedura (g)	Glicerol (g)	Glutaraldeído 1% (g)
17 (C)	100	10	5	5	1
18 (C)	100	10	5	5	1
19 (C)	100	10	5	5	1

Fonte: Autoria própria (2021).

3 RESULTADOS

O processo de deslignificação produz fragmentos de lignina de diversos tamanhos com diferentes propriedades físicas e químicas. Este processo pode ser considerado como etapa de pré-tratamento dos materiais lignocelulósicos, visando a obtenção de polpas deslignificadas com degradação e dissolução de lignina originalmente presente nos tecidos vegetais e leva ao isolamento da polpa celulósica, além de tornar mais adequadas para as operações de hidrólise ácida, ou enzimática (NETO, 2012, p. 28).

Os materiais de embalagem apresentaram facilidade de formação. No entanto, ao desenformarem houve algumas rupturas nas laterais do corpo de certas amostras, o que indica que a necessidade de incluir prensagem, termoformagem ou moldagem à vácuo para a obtenção de resultados mais efetivos. Os resultados da análise mecânica de acordo com o delineamento proposto estão dispostos na Tabela 02.

Tabela 02: Resultados de resistência a tração dos materiais de embalagem em diferentes concentrações de BMD, amido, levedura, glicerol e glutaraldeído.

Ensaio	Resistência a Tração (N.mm ⁻²)
1	0,0065 ^d
2	0,0012 ^{abc}
3	0,0018 ^{abc}
4	0,0007 ^a
5	0,0031 ^{abcd}
6	0,0009 ^{ab}
7	0,0049 ^{bcd}
8	0,0002 ^{abc}
9	0,0022 ^{abcd}
10	0,0009 ^{abc}
11	0,0112 ^e
12	0,0011 ^{abc}
13	0,0052 ^{cd}
14	0,0017 ^{abcd}
15	0,0061 ^{abcd}
16	0,0010 ^{abcd}
17 (C)	0,0008 ^{abc}
18 (C)	0,0024 ^{abc}
19 (C)	0,0014 ^{abc}

Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Fonte: Autoria própria (2021).

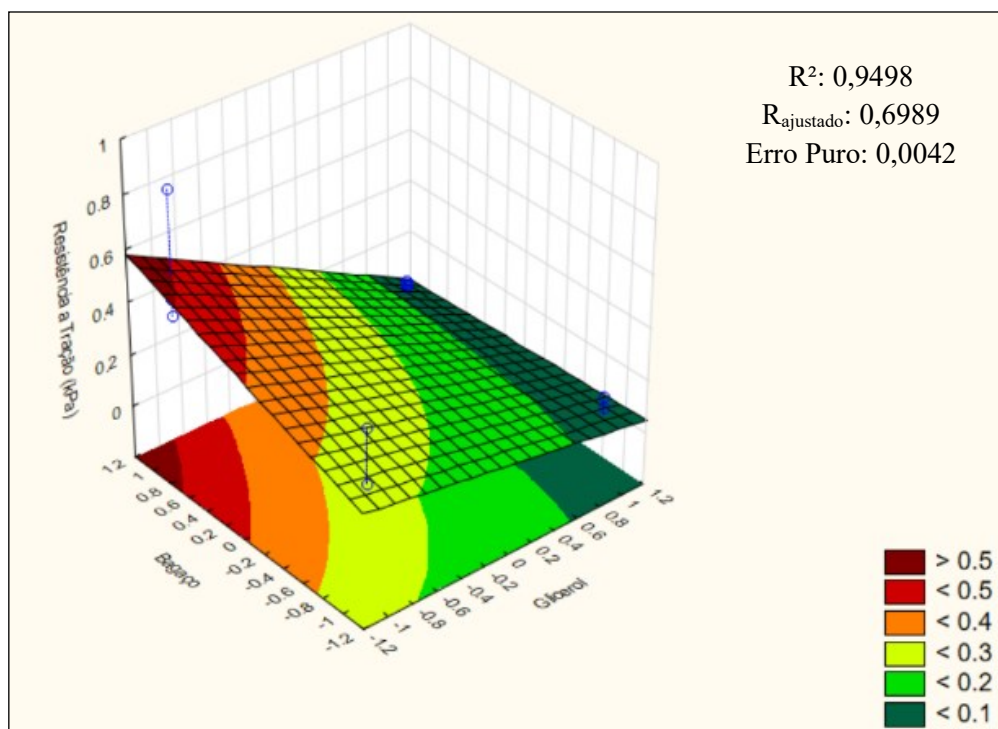
Ao analisar os dados estatísticos e o gráfico da Figura 01, pode-se inferir que, à medida que a concentração de glicerol aumenta, ocorre uma diminuição dos valores de resistência à tração dos materiais de embalagem.

O que fica evidenciado nos experimentos 11 e 1 que apresentaram os maiores valores de RT e valores mínimos da matriz experimental de glicerol, com $0,0112 \text{ N.mm}^{-2}$, $0,00650 \text{ N.mm}^{-2}$, respectivamente.

O glicerol por ser um plastificante, possui características de provocar maior flexibilidade aos materiais poliméricos e menor fragilidade por diminuir as forças intermoleculares do sistema e aumentar o volume livre dentro das cadeias poliméricas (BANEGAS, 2011, p. 34).

No entanto, Teyssandier (2012) observou um comportamento atípico para alguns biopolímeros adicionados de plastificantes, tal fenômeno é chamado de anti-plastificação. Esse evento tem o efeito de reduzir o alongamento na ruptura e aumentar a tensão quando o aditivo é adicionado em quantidades pequenas, demandando a aplicação de forças menores para ruptura de materiais. O autor ainda cita que embora os mecanismos que regem o fenômeno da anti-plastificação não sejam bem conhecidos, parecem estar relacionados com a mobilidade local de cadeias macromoleculares. Podendo ser explicado ao presente estudo, a ocorrência de tal fenômeno pela presença da cadeia de celulose existente no BMD.

Figura 1: Gráfico de superfície de resposta dos efeitos do Glicerol e BMD na resistência à tração nos materiais de embalagem.



Fonte: Autoria própria (2021).

4 CONCLUSÃO

Foi possível desenvolver um material de embalagem a partir do bagaço de malte com adição de diferentes proporções de levedura residual, amido de milho, glicerol e glutaraldeído. Contudo, o glutaraldeído não apresentou um comportamento significativo positivo para os resultados.



A resistência a tração dos materiais de embalagem não apresentou bons resultados, visto que é necessário a aplicação de pequenas forças para que ocorra a ruptura do material. Entretanto, para o delineamento proposto, o ensaio 11 apresentou o maior valor sobre os demais experimentos, com uma média de $0,0112 \text{ N.mm}^{-2}$.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a infraestrutura à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão e a disponibilidade de matéria-prima à microcervejaria Schaf Bier.

REFERÊNCIAS

- BANEGAS, Rodrigo Souza. **Estudos em filmes formados por PVC e agentes plastificantes**. 2011. 85f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- GABRIEL, Tesfaye; BELETE, Anteneh; SYROWATKA, Frank; NEUBERT, Reinhard H.h.; GEBRE-MARIAM, Tsige. Extraction and characterization of celluloses from various plant byproducts. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [s.l.], 40 p. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.264>.
- GOMES, L. C.; RODRIGUES, D. de S.; SUAREZ, C. A. G.; MONTANO, I. D. C. Caracterização e pré-tratamento alcalino de bagaço de malte como potencial matéria-prima para produção de etanol 2G. **Anais ... 10 Encontro Nacional de Tecnologia Química**. Goiânia, 2017. Disponível em: <http://www.abq.org.br/entequi/2017/trabalhos/50/50-11320-24826.html>. Acesso em: fev, 2020.
- HEJNA, Aleksander; FORMELA, Krzysztof; SAEB, Mohammad Reza. Processing, mechanical and thermal behavior assessments of polycaprolactone/agricultural wastes biocomposites. **Industrial Crops And Products**, [s.l.], v. 76, p.725-733, 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.049>.
- MELLO, Léa R.P.F.; MALI, Suzana. Use of malt bagasse to produce biodegradable baked foams made from cassava starch. **Industrial Crops And Products**, [S.L.], v. 55, p. 187-193, abr. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.02.015>.
- NETO, W.P.F.; **Extração e caracterização de nanocristais de celulose a partir de casca de soja, e sua aplicação como agente de reforço em nanocompósitos poliméricos utilizando carboximetilcelulose como matriz**. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- TEYSSANDIER, Fabien. **Formulation et morphologies de mélanges de polymères thermoplastiques à base d'amidon**. Autre. INSA de Lyon, 2011. Français. NNT: 2011ISAL0125. tel-00708484. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00708484>
- WEERAPPULIARACHCHI, J.W.M.E.S.; et al. Synthesis of cellulose microcrystals (CMC)/nylon 6,10 composite by incorporating CMC isolated from Pandanus ceylanicus. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 241, p. 116227, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116227>.