DESENVOLVIMENTO DE FILMES BIOPOLIMÉRICOS A BASE DE DIFERENTES FONTES DE AMIDO

Jasamim Lemos Fonseca1; Paula Beatricy Weba Moreira2; Rafael Alves Gomes3; Gleice Karoline dos Santos Alves4; Sebastião Pereira Protázio5; Josilene Lima Serra6.

Resumo

Diversas alternativas têm sido objeto de estudos a fim de reduzir o impacto ambiental dos plásticos convencionais na indústria alimentícia, dentre elas destaca-se a utilização de materiais biopoliméricos. O petróleo é a principal matéria-prima para a produção de embalagens, contudo é oriundo de fontes não renováveis. Além disso, os polímeros sintéticos provenientes desta matéria prima geram um excessivo volume de resíduos sólidos, logo, é de elevada importância a descoberta de alternativas capazes de minimizar o impacto ambiental e satisfazer o mercado de embalagens. O presente trabalho teve como objetivo produzir filmes biopoliméricos para alimentos a partir de quatro fontes de amido comerciais (amido de milho, amido de batata doce, amido de batata inglesa e amido de mandioca) pelo método *casting* e caracterizados quanto a aspectos visuais, táteis, espessura e cor. Os resultados obtidos a respeito das propriedades do filme de amido de batata inglesa, como cor, transparência e resistência, despontaram como características favoráveis para posterior aplicação em embalagens de alimentos.

Palavras-chave: bioplástico; segurança alimentar; embalagem.

Estudante do Curso de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais do Campus Monte Castelo; E-mail: jasamim.fonseca@acad.ifma.edu.com.

Estudante do Curso de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais do IFMA do Campus Monte Castelo; E-mail: p.weba@acad.ifma.edu.com.

Estudante do Curso de Tecnologia em Alimentos do IFMA do Campus Maracanã; E-mail: rafael.g@cad.ifma.com.

Estudante do Curso de Tecnologia em Alimentos do IFMA do Campus Maracanã; E-mail: gleice.alves@acad.ifma.edu.com.

Estudante do Curso de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais do Campus Monte Castelo; E-mail: sebastiaoprotazio@acad.ifma.edu.com.

Professora Drª do Curso de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais do Campus Monte Castelo; E-mail: josilene.serra@acad.ifma.edu.com

Introdução

Os materiais plásticos já dominam grande parte do mercado, impulsionados pelas mudanças do estilo de vida, que tem conduzido ao consumo cada vez maior de alimentos, inclusive pré-preparados. Consequentemente, essa nova realidade afeta diretamente a produção excessiva de resíduos plásticos gerados nos centros urbanos (JORGE, 2013).

As embalagens de alimentos têm como principal função contribuir para a conservação dos alimentos. Contudo, novas tendências foram geradas ao longo dos anos sobre a concepção e usos da embalagem na indústria de alimentos, que incluem i) conveniência e simplicidade; ii) estética e identidade; iii) qualidade e novas tecnologias; iv) sustentabilidade e ética; v) segurança (CLAIRE; SARANTÓPOULOS, 2012).

A sustentabilidade das embalagens produzidas na indústria de alimentos é uma preocupação do mercado, pois o aumento do poder aquisitivo da população e do consumismo aumentaram a demanda de embalagens e os impactos ambientais gerados no descarte. Por isso, o desenvolvimento de embalagens a base de polímeros verdes e o uso de biopolímeros tem sido alvo de muitos estudos (LANDIM et al., 2016).

Para a produção de filmes biopoliméricos são necessários constituintes básicos que possuem função específica: i) um agente formador de filme (polissacarídeo, proteína, lipídeo); ii) um solvente (água, etanol, água/etanol etc); iii) um plasticizante (glicerol, sorbitol, triacetina e ácidos graxos) e iv) um ajustador de pH (ácido acético, hidróxido de amônia etc), quando necessário (FERREIRA, 2006).

O principal método mencionado nos estudos de produção de filmes biopoliméricos é o método de *casting*, que consiste na mistura dos ingredientes da formulação e aquecimento dessa mistura até a gelatinização do polissacarídeo. A temperatura de aquecimento varia para cada tipo de polissacarídeo, como o amido, a batata, o milho e a mandioca (GRAEBIN, 2011).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo produzir, caracterizar, aplicar e avaliar os efeitos de filmes biopoliméricos produzidos a partir de diferentes fontes de amido, considerados matérias-primas de fácil obtenção, a fim de obter-se resultados relevantes que incentivem a produção dessas embalagens em escala industrial, aumentem o tempo de prateleira de produtos perecíveis e consequentemente, reduzam os impactos ambientais.

Metodologia

Produção dos biofilmes com diferentes fontes de amido

Foram produzidos filmes biopoliméricos pelo método *casting* a partir de diferentes fontes de amido comerciais: amido de milho e amido de mandioca adquiridos em estabelecimentos comerciais de São Luís-MA. Os filmes foram produzidos com adaptações do método descrito por Masruri et al. (2019), utilizando uma solução aquosa (100 mL de água destilada), amido (5% p/v), glicerol (1,5% p/v) como plastificante, ácido cítrico (0,7% p/v). Inicialmente, para o preparo da solução filmogênica, o amido foi adicionado na água destilada (100 mL) e homogeneizado sob agitação constante sem aquecimento por 20 minutos. Em seguida foi adicionado o glicerol (Isofar, Brasil) e o ácido cítrico (Arcolor, Brasil) e a mistura foi colocada em aquecimento a 80°C por 45 minutos. O controle de temperatura no preparo da solução filmogênica foi feito utilizando um termômetro digital com sonda (Digital Cooking, China). A solução filmogênica foi resfriada até 40°C e realizada a agitação por mais 15 min. Após esse procedimento, alíquotas de 20g da solução filmogênica foram transferidas para placas de Petri de Poliestireno (PS) 90 x 15 mm e secas em estufa de secagem de baixo custo por 48 horas à 30°C ± 3 e 70% UR ± 5.

Caracterização dos filmes biopoliméricos

Os filmes foram caracterizados quanto a aspectos visuais, táteis, espessura (δ) e cor com base nos métodos descritos por Brasil et al. (2022) e Fakhoury et al. (2012). A partir dos resultados dessa caracterização foi selecionado o filme com as melhores características para aplicação na matriz alimentar.

Aspectos visuais e táteis

A avaliação dos aspectos visuais foi realizada através de observações visuais e táteis para classificar os filmes quanto à homogeneidade (ausência de partículas insolúveis e uniformidade); à continuidade (sem rupturas ou áreas quebradiças, superfície lisa e facilidade de remover da placa); à transparência; à flexibilidade e à resistência.

Espessura

A espessura foi determinada em dez posições aleatórias de cada amostra de filme utilizando um paquímetro digital (Digital Caliper – 150 mm). Foi calculado a média e o desvio padrão.

Cor

A análise colorimétrica foi realizada com auxílio de um colorímetro da marca Delta Color, com o sistema CIELAB D65, leitura com ângulo de 10°. Os filmes preparados foram inseridos em uma placa branca padrão (L * = 29,33; a* = -1,56; b* = 1,28), sendo a diferença total da cor (ΔE) calculada pela Equação 1. Para a leitura da cor, adotou-se o seguinte sistema: L* (±) é a luminosidade, variando de 0 (preto) a 100 (branco); a*, varia do verde (-) ao vermelho (+) e b varia do azul (-) ao amarelo (+) (Costa et. al, 2023)

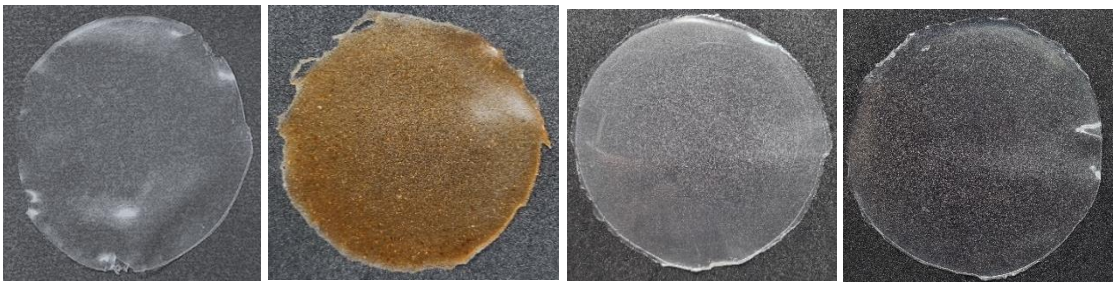
$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

Os valores correspondentes a ΔL*, Δa* e Δb* são calculados realizando a diferença entre os correspondentes parâmetros de cor de cada formulação preparada e a placa branca padrão utilizada.

Resultados e Discussão

A figura 1 apresenta os resultados dos filmes de amido de milho (Fig. 1); farinha de batata doce (Fig. 1b); amido de mandioca (Fig. 1c) e amido de batata de inglesa (Fig. 1d) obtidos após secagem e desmoldagem.

Figura 1. Filmes de diferentes fontes de amido



(a) (b) (c) (d)

A figura 2 apresenta a estufa de secagem foi produzida a partir de materiais de baixo custo, como caixas de papelão, lâmpada 25W e cooler de notebook, para secagem dos

filmes biopoliméricos deste trabalho. Para realizar o controle de temperatura e umidade relativa (%UR) utilizou-se um termo-higrômetro digital.

Figura 2. Estufa de secagem de baixo custo



Caracterização dos filmes biopoliméricos

Nos tópicos a seguir serão apresentados os resultados obtidos na caracterização dos filmes biopoliméricos produzidos com as diferentes fontes de amido supracitadas.

Aspectos visuais e táteis

Na tabela 1 constam os resultados da avaliação subjetiva realizada nos filmes.

Tabela 1. Resultados da avaliação subjetiva dos filmes de amido.

Filmes	Continuidade	Homogeneidade	Transparência	Flexibilidade	Resistência
Amido de Milho	+++	++++	+++	++++	+++
Farinha de Batata doce	++++	++	+	++++	++++
Amido de Mandioca	++++	++++	+++	++++	++++
Amido de Batata inglesa	++++	++++	++++	++++	++++

Legenda: ++++ excelente, +++ bom, ++ regular, + ruim. Fonte: Dados da pesquisa (2024).

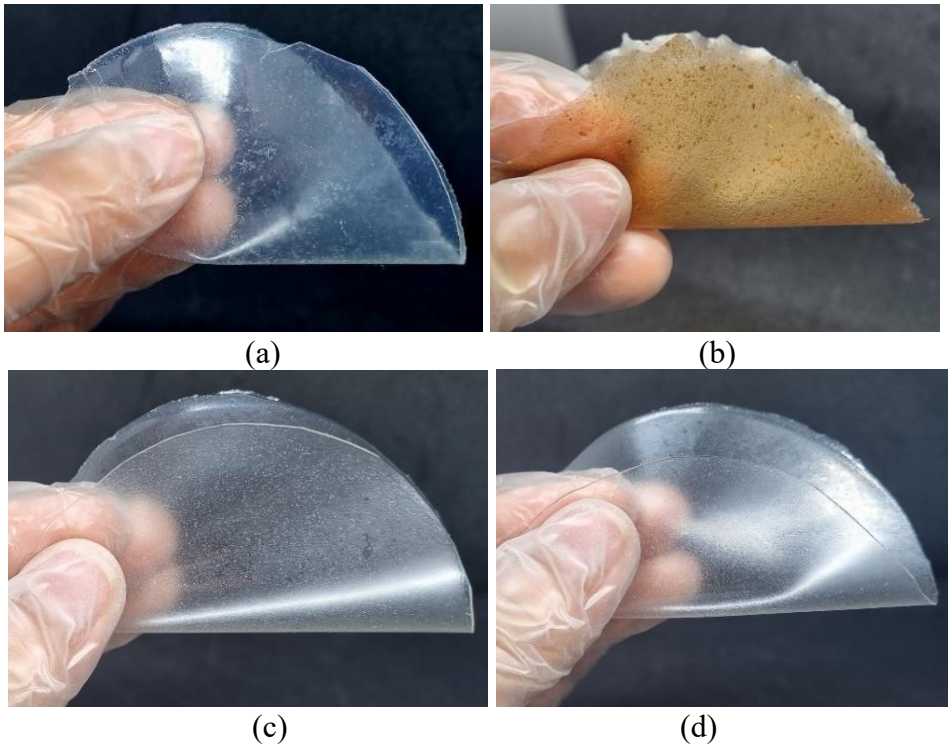
O filme de amido de milho apresentou uma boa continuidade, uma excelente homogeneidade, transparência, flexibilidade e resistência. Já o filme produzido a partir

da farinha de batata doce demonstrou uma homogeneidade considerada regular e transparência ruim, devido a presença de partículas insolúveis provenientes da própria farinha de batata doce, que imprimiram uma superfície áspera e coloração amarronzada, no entanto, obteve excelente continuidade e flexibilidade.

O filme produzido com amido de mandioca apresentou excelente continuidade, homogeneidade, flexibilidade, resistência e menor transparência quando comparada aos filmes de milho e de batata inglesa. Por sua vez, o filme de batata inglesa destacou-se em todas as variáveis analisadas, despontando desta forma como a fonte de amido mais promissora para produção de filmes biopoliméricos.

A figura 3 mostra a flexibilidade dos filmes de amido de milho (Fig. 1a); farinha de batata doce (Fig. 1b); amido de mandioca (Fig. 1c) e amido de batata de inglesa (Fig. 1d).

Figura 3. Análise da flexibilidade dos filmes biopoliméricos.



(a) (b)

(c) (d)

Espessura e cor

Na tabela 2 a seguir constam os resultados das análises de espessura e cor dos filmes biopoliméricos produzidos neste trabalho.

Tabela 2. Resultados de espessura e cor dos filmes biopoliméricos.

Filmes	**Tipo**	**Espessura (mm)**	**ΔE**
Milho	*amido*	0,18 ± 0,08	3,00
Batata doce	*farinha*	0,27 ± 0,09	15,99
Mandioca	*amido*	0,18 ± 0,06	4,71
Batata Inglesa	*amido*	0,15 ± 0,04	1,99

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A espessura é um aspecto importante dos filmes, por afetar a qualidade, as propriedades mecânicas e as propriedades de barreira que garantem a proteção e a vida de prateleira do alimento. Segundo Paixão et al. (2019), este é um parâmetro de difícil controle, principalmente no processo de produção por *casting*, desta forma, justifica-se a variação de espessura dos diversos filmes demonstradas na tabela acima; com destaque para o filme de farinha de batata doce que apresenta maior espessura devido ao excesso de partículas insolúveis em sua composição.

Além disso, a variação da espessura ao longo do filme pode ser influenciada por fatores como o método de preparo dos filmes e as condições de secagem (Hosseini et al., 2015).

Quanto à cor, os resultados da diferença de cor dada por ΔE mostram que o filme de amido de batata inglesa se destaca para uma posterior embalagem de alimentos que requerem uma melhor visualização do alimento embalado, seguido respectivamente do filme de amido de milho, do filme de amido de mandioca e por fim, da farinha de batata doce. Esta última apresentou um resultado divergente dos demais devido a presença da cor proveniente da própria farinha de batata doce. Segundo Peng et al. (2013), a cor do filme é uma variável importante em termos de aparência geral e aceitação do consumidor.

Conclusão

Após a análise dos resultados desta pesquisa, pode-se concluir que os filmes biopoliméricos produzidos a partir do amido se destacam com as melhores propriedades para produção em embalagens de alimentos, comparado aos filmes produzidos com farinha, tendo destaque com o melhor resultado o filme de amido de batata inglesa.

Além disso, as propriedades do filme de amido de batata inglesa, como cor, transparência e resistência, demonstram características favoráveis para aplicação em embalagens bioativas e inteligentes, a partir da incorporação de óleos essenciais e extratos naturais, vertente importante para indústria alimentícia atual.

Agradecimentos

Ao IFMA e à FAPEMA pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

BRASIL, G. V. DA S., RAPOSO, A. K. DA S., RIBEIRO, G. A. C., SANTOS, D. M., FIRMO, W. DA C. A., LOPES, I. A., LUZ, D. A. DA, PAIXÃO, L. C., SANTANA, A. A., & COSTA, M. C. P. Incorporação de pólen de abelha Tubi (*Scaptotrigona sp*) em filmes biodegradáveis de alginato, pectina e amido. **Research, Society and Development**, v. *11*, n. 9, e11711931603, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31603. Acesso em: 02 ago. 2024.

COSTA, R. D. S.; FLORES, S. H.; BRANDELLI, A.; VARGAS, C. G.; RITTER, A. C.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Development and properties of biodegradable film from peach palm (*Bactris gasipaes*). **Food Research International**, 2013.

CLAIRE, I. G. L.; SARANTÓPOULOS, R. A. R. (Eds.). **Brasil Pack Trends 2020**. 1. ed. Campinas: ITAL, 2012. 231 p.

FAKHOURY, F. M., MARIA MARTELLI, S., CANHADAS BERTAN, L., YAMASHITA, F., INNOCENTINI MEI, L. H.; COLLARES QUEIROZ, F. P. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin - Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. **LWT**, v.*49, n.* 1, p. 149–154, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.04.017. Acesso em: 08 ago. 2024.

FERREIRA, A. H. **Efeito da adição de surfactantes e do ajuste de pH sobre filmes a base de gelatina, triacetina, ácidos graxos e ceras de carnaúba e de cana-de-açúcar**. 2006. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual de São Paulo, Campinas, 2006.

GRAEBIN, N. G. **Avaliação sensorial de biofilmes comestíveis**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

HOSSEINI, S.F.; REZAEI, M.; ZANDI, M.; FARAHMANDGHAVI, F. Fabrication of bio-nanocomposite films based on fish gelatin reinforced with chitosan nanoparticles. **Food Hydrocolloids**. 44, 172–182, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.09.004. Acesso em: 22 agos. 2024.

JORGE, N. **Embalagens para alimentos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013. Disponível em: http://www.santoandre.sp.gov.br/pesquisa/ebooks/360234.PDF. Acesso em: 21 jul. 2024.

LANDIM et al. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0104-1428.1897. Acesso em: 10 ago. 2024.

MASRURI, M.; AAZHAR, A. Z.; ROSYADA, I.; FEBRIANTO, A. The effect of kaffir lime (*Citrus hystrix DC*) essential oil on bioplastic derived from cassava peel waste. **Journal of Physics: Conference Series**. 1374. DOI: 012015. 10.1088/1742-6596/1374/1/012015. Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1374/1/012015. Acesso em: 20 jul. 2024.

PAIXÃO, L. C., LOPES, I. A., BARROS FILHO, A. K. D., SANTANA, A. A. Alginate biofilms plasticized with hydrophilic and hydrophobic plasticizers for application in food packaging. **Journal of Applied Polymer Science**, 136(48), 48263, 2019. DOI:10.1002/app.48263. Acesso em: 26 jul. 2024.

Peng, Y.; Yin, L.; Li, Y. Combined effects of lemon essential oil and surfactants on physical and structural properties of chitosan films. **International Journal of Food Science & Technology**, 2013, 48, 44 -50. DOI: doi:10.1111/j.1365-2621.2012.03155.x.

SOARES, N. F. F.; PIRES, A. C. S.; ENDO, É.; VILELA, M. A. P.; SILVA, A. F.; FONTES, E. A. F.; MELO, N. R. Desenvolvimento e avaliação de filme ativo na conservação de batata minimamente processada. **Revista Ceres**, Viçosa, 53, vol. 53, nº 307, p. 387–393, 2006. Disponível em: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305226699009. Acesso em: 22 jul. 2024.