

FILMES ATIVOS À BASE DE AMIDO COM ADIÇÃO DE AÇAÍ EM PÓ: PROPRIEDADES MECÂNICAS, ÓPTICAS E BIODEGRADABILIDADE

Franciele Silva Maciel¹; Carlos Henrique Pagno²; Renato Queiroz Assis¹, Paula Becker Pertuzatti¹

RESUMO

O desenvolvimento de filmes obtidos a partir de matéria-prima renovável e biodegradável têm recebido grande atenção relacionado aos impactos ambientais e a utilização na indústria de embalagem de alimentos. A adição de compostos bioativos, como antioxidantes naturais, pode auxiliar no desenvolvimento de filmes biodegradáveis ativos. Uma das fontes que apresenta altas concentrações de pigmentos naturais e capacidade antioxidante é o açaí, produto que ganhou atenção internacional devido aos seus compostos bioativos. O objetivo do trabalho foi desenvolver filmes biodegradáveis ativos à base de amido de mandioca adicionados de açaí e avaliar o efeito da sua adição sob propriedades mecânicas, ópticas e de biodegradabilidade em solo. A adição de açaí em pó não modificou a espessura dos filmes ($0,1484 \pm 0,0068$ mm). Contudo, o aumento da concentração (5% e 15%) levou a obtenção de filmes com maior intensidade de cor e potencial barreira à transmissão de luz UV-Vis. A adição de açaí em pó também modificou as propriedades mecânicas, com aumento do alongamento e redução do módulo de elasticidade dos materiais, que pode estar relacionado ao efeito plastificante na matriz polimérica. Todos os filmes apresentaram rápida biodegradabilidade após 15 dias de contato com o solo, com perda de massa acima de 50%.

INTRODUÇÃO

As embalagens plásticas são produzidas em sua maioria a partir de polímeros sintéticos provenientes do petróleo. Apesar de sua importância econômica e social, a consciência do seu impacto no ambiente é indispensável de modo a promover a economia ambientalmente sustentável (JORGE, 2013). Para minimizar ou substituir o uso desse tipo de material plástico estuda-se a elaboração de filmes biodegradáveis, como alternativa às embalagens tradicionais para alimentos.

Existe um grande interesse no desenvolvimento de filmes biodegradáveis, principalmente devido às preocupações ambientais sobre o descarte dos materiais não renováveis (HENRIQUE *et al.*, 2008). O amido é um dos biopolímeros mais utilizados para compor esses materiais biodegradáveis, devido a sua abundância na natureza e baixo custo (HENRIQUE *et al.*, 2008; COSTA, 2022).

Paralelo ao desenvolvimento de filmes obtidos a partir de fontes renováveis e biodegradáveis estuda-se a adição de compostos bioativos, como antioxidantes ou antimicrobianos. As embalagens ativas são aquelas que interagem com o alimento, capaz de promover o aumento da vida útil, manutenção da qualidade, estabilidade e melhorar suas características sensoriais (VERMEIREN *et al.*, 2002).

Diversos compostos são avaliados para obtenção de filmes com capacidade antioxidante e uma matéria-prima que ganhou destaque internacional devido aos compostos presentes com atividade biológica é o açaí (BERNAUD; FUNCHAL, 2011). Os antioxidantes são compostos que atuam inibindo e/ou diminuindo os efeitos do estresse oxidativo, desencadeados pelos radicais livres e compostos oxidantes (SCHAUSS *et al.*, 2006). A adição de antioxidantes naturais, como as antocianinas

¹Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário do Araguaia, Barra do Garças, Mato Grosso, Brasil.

²Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

presentes no açaí, pode melhorar as propriedades funcionais da matriz polimérica e modificar suas propriedades físico-químicas e de barreira.

OBJETIVO

Desenvolver filmes biodegradáveis ativos à base de amido de mandioca adicionados de diferentes concentrações de açaí e avaliar a influência deste nas propriedades mecânicas, ópticas e de biodegradabilidade em solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os filmes biodegradáveis foram desenvolvidos no Laboratório de Análise de Alimentos da Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Universitário do Araguaia. Para a realização deste estudo foi utilizado amido de mandioca (Yoki Alimentos, São Paulo, Brasil), açaí em pó (Mawê) e solo, adquiridos no comércio local da cidade de Barra de Garças – MT. Como aditivo plastificante foi utilizado o glicerol (Vetec).

Desenvolvimento dos filmes biodegradáveis

Os filmes biodegradáveis foram desenvolvidos de acordo com a técnica de *casting*. As soluções filmogênicas foram preparadas com a solubilização de 4 g de amido em 100 mL de água, submetida à gelatinização em banho-maria (EduTec) sob agitação mecânica (Agitador Norte Científica NA3600) durante 30 minutos a 80°C. Após completa gelatinização, foi adicionado o glicerol como agente plastificante na concentração de 0,25 g/g de amido e a solução permaneceu sob agitação durante 10 minutos. O açaí em pó foi adicionado nas concentrações de 5% e 15% em relação ao peso seco do amido, após o resfriamento das soluções até a temperatura de 30°C. A solução filmogênica foi colocada em placas de petri de poliestireno (0,39g/cm²) e submetida à secagem em estufa com circulação forçada de ar (Nova Ética) durante 18 horas a 35°C. Os filmes obtidos foram acondicionados em dessecadores com umidade relativa controlada (58%) a temperatura ambiente (25 °C) durante 48 horas para posterior caracterização (ASSIS et al., 2017a).

Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas foram determinadas de acordo com o método da American Society for Testing and Material D882-12 (ASTM, 2012), através de um texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems, Reino Unido).

Propriedades ópticas

A opacidade dos filmes biodegradáveis ativos foi determinada através de um espectrofotômetro (Kasuki), com a utilização de uma cubeta de quartzo vazia como referência e determinação da absorbância no comprimento de onda de 600 nm. Os resultados foram expressos como o valor da absorbância dividido pela espessura dos filmes (mm) (HAN; FLOROS, 1997). Para a análise de transmissão de luz foi realizada a varredura nos comprimentos de onda de 200 nm a 800 nm. Para determinação dos parâmetros de cor foi utilizado um colorímetro (modelo CR-300, Minolta Co. Ltd, Japão) trabalhando com D65, em que os valores de L*, a* e b* foram avaliados através do sistema CIE Lab e a diferença de cor (ΔE) foi calculada em comparação ao filme controle.

Biodegradabilidade

A biodegradabilidade foi avaliada de acordo com a metodologia descrita por Martucci e Ruseckaite (2009), em que os filmes permaneceram em contato com o solo durante 15 dias.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise estatística utilizando ANOVA e teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de significância, através do programa Statistica 12.0 (Statsoft, São Paulo, Brasil).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Propriedades mecânicas

Os resultados das propriedades mecânicas dos filmes estão apresentados na Tabela 1. Os filmes apresentaram espessura média de $0,1484 \pm 0,0068$ mm, em que independente da concentração de açaí em pó adicionado não houve modificação deste parâmetro. Comportamento não observado para a resistência à tração (RT), alongamento na ruptura (E) e módulo Young (MY). O aumento da flexibilidade pode estar associado ao efeito sinérgico do glicerol e do antioxidante natural adicionado, que podem ter exercido efeito plastificante à matriz polimérica, com aumento do espaçamento entre as cadeias e maior mobilidade (ASSIS et al., 2017b; STOLL et al., 2018). O efeito plastificante levou a redução do MY, que indica a rigidez do material, em que elevado valor para este parâmetro está associado à maior rigidez do filme desenvolvido (ORDOÑEZ; ATARÉS; CHIRALT, 2021).

Tabela 1 – Propriedades mecânicas dos filmes biodegradáveis: resistência à tração (RT), alongamento na ruptura (E) e módulo de Young (MY).

Amostras	RT (Mpa)	E (%)	MY (Mpa)
Controle	$0,173 \pm 0,019^b$	$17,65 \pm 2,01^c$	$1098,49 \pm 184,65^a$
5% de açaí	$0,424 \pm 0,049^a$	$50,53 \pm 5,23^b$	$449,80 \pm 25,21^b$
15% de açaí	$0,426 \pm 0,073^a$	$87,86 \pm 6,92^a$	$247,02 \pm 49,57^c$

Diferentes letras na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Propriedades ópticas

Os filmes apresentaram aspecto visual homogêneo, com estrutura contínua, sem a presença de bolhas ou rachaduras. Contudo, de acordo com a concentração de açaí adicionada houve um aumento gradual da intensidade de cor dos filmes (Figura 1). Esse comportamento está associado a presença de pigmentos naturais, como as antocianinas, responsáveis por conferir coloração variando do vermelho alaranjado ao roxo. Estudos demonstram que o açaí é uma das fontes que apresentam alta concentração destes compostos, com destaque para a cianidina 3-glicosídeo e cianidina 3-rutinosídeo (DO C.M.R. TORMA et al., 2018; VERA DE ROSSO et al., 2008).

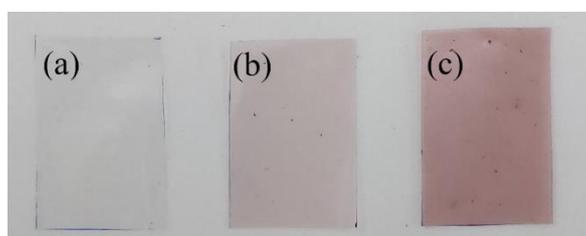


Figura 1 – Aspecto visual dos filmes biodegradáveis: controle (a), com adição de 5% de açaí em pó (b) e com adição de 15% de açaí em pó (c).

A Tabela 2 apresenta os parâmetros de cor e opacidade dos filmes biodegradáveis com diferentes concentrações de açaí m pó. A adição de açaí em pó levou a uma redução significativa da luminosidade (L^*) e aumento das coordenadas cromáticas

a* e b*, com a obtenção de filmes com coloração roxa e maior diferença de cor (ΔE) em relação ao filme controle. ΔE indica a diferença de cor entre duas amostras, em que valores próximos de zero indicam menor diferença com o controle e entre 2 e 5 indicam diferença de cor facilmente percebida por observadores (MOKRZYCKI; TATOL, 2011)

Tabela 2 – Parâmetros de cor e opacidade dos filmes biodegradáveis de amido adicionados com diferentes concentrações de açaí.

Amostras	Parâmetros de cor				Opacidade (Abs./mm)
	L*	a*	b*	ΔE	
Controle	91,53 \pm 0,40 ^a	-0,62 \pm 0,01 ^c	2,74 \pm 0,18 ^c	–	0,48 \pm 0,03 ^c
5% de açaí	85,37 \pm 1,15 ^b	4,26 \pm 0,05 ^b	4,30 \pm 0,36 ^b	8,72 \pm 0,26 ^b	1,11 \pm 0,04 ^b
15% de açaí	70,81 \pm 1,38 ^c	13,91 \pm 0,50 ^a	7,62 \pm 0,23 ^a	25,66 \pm 1,87 ^a	1,87 \pm 0,12 ^a

Diferentes letras na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Assim como na determinação dos parâmetros de cor (L*, a* e b*), houve um aumento significativo ($p < 0,05$) da opacidade dos filmes a partir da adição de açaí em pó, com a obtenção de materiais com menor transparência e potencial barreira à luz. A transmissão de luz (%) através dos filmes em diferentes comprimentos de onda é apresentada na Figura 2.

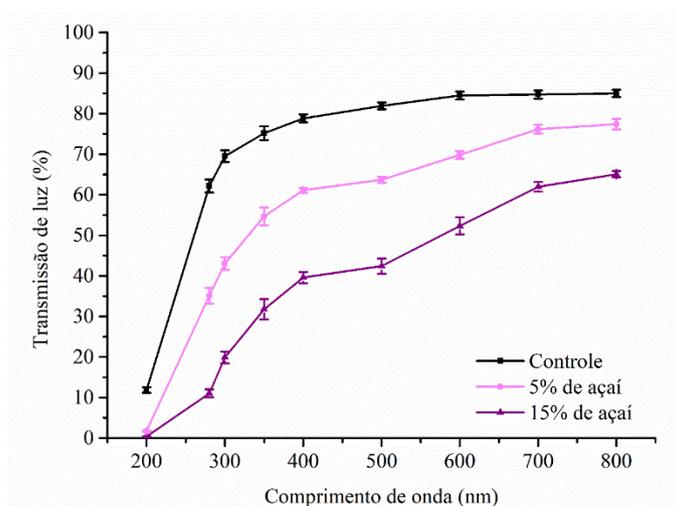


Figura 2 – Transmissão de luz através dos filmes biodegradáveis.

A obtenção de embalagens biodegradáveis ativas com maior barreira à transmissão de luz UV-Vis pode contribuir para manutenção da qualidade e estabilidade de alimentos susceptíveis às reações de fotodegradação durante o armazenamento, em que a presença de luz pode favorecer a formação de compostos primários e secundários de oxidação (IAHNKE et al., 2016; STOLL et al., 2017). Além de atuar como barreira à luz, as embalagens com adição de antioxidantes naturais podem apresentar liberação destes compostos e interação desejável com o produto durante o armazenamento.

Biodegradabilidade

Todos os filmes apresentaram rápida biodegradabilidade após 15 dias de contato com o solo, com perda de massa acima de 50%, em que adição de açaí não apresentou influência sob este parâmetro. A rápida degradação em solo pode estar associada ao caráter hidrofílico da matriz polimérica, que em contato com água pode ocorrer sua

solubilização e facilitar a atuação dos microrganismos presentes no meio (MEDINA JARAMILLO et al., 2016). Este resultado é semelhante ao encontrado para filmes de amido com adição de extrato de erva mate (MEDINA JARAMILLO et al., 2016), filmes de amido com adição de ácido cítrico (SELIGRA et al., 2016), filmes de gelatina com resíduo do processamento mínimo de beterraba (IAHNKE et al., 2016) e filmes de amido com adição de licopeno (ASSIS et al., 2017b).

CONCLUSÃO

O desenvolvimento de filmes biodegradáveis e a adição de produtos que apresentam antioxidantes naturais em sua composição, como o açaí, podem contribuir para a obtenção de embalagens ativas. A adição de 15% de açaí levou a obtenção de filmes com maior intensidade de cor, opacidade, barreira à luz e propriedades mecânicas. Contudo, todos os filmes apresentaram rápida biodegradabilidade em solo após 15 dias. Estes resultados podem direcionar o desenvolvimento e potencial aplicação desses materiais como embalagens com atividade antioxidante para alimentos susceptíveis às reações de oxidação.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ASSIS, R. Q. et al. Active biodegradable cassava starch films incorporated lycopene nanocapsules. **Industrial Crops and Products**, v. 109, p. 818–827, 2017a.
- ASSIS, R. Q. et al. Active biodegradable cassava starch films incorporated lycopene nanocapsules. **Industrial Crops & Products**, v. 109, n. September, p. 818–827, 2017b.
- ASTM. **ASTM D882- 12 Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting** ASTM. [s.l.: s.n.].
- COSTA, Isabella Olher da; SILVA, Patrícia Santos. Modificação do amido da mandioca para obtenção de filme biopolimérico: revisão teórica e aplicações. 2022.
- DO C.M.R. TORMA, P. et al. Characterization, Bioactive Compounds and Antioxidant Potential of Açaí (*Euterpe oleracea*) Genotypes. **Current Bioactive Compounds**, 2018.
- HAN, J. H.; FLOROS, J. D. Casting antimicrobial packaging films and measuring their physical properties and antimicrobial activity. **Journal of Plastic Film and Sheeting**, 1997.
- IAHNKE, A. O. E. S. et al. Antioxidant films based on gelatin capsules and minimally processed beet root (*Beta vulgaris* L. var. *Conditiva*) residues. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 133, n. 10, p. 1–10, 2016.
- MARTUCCI, J. F.; RUSECKAITE, R. A. Tensile properties, barrier properties, and biodegradation in soil of compression - molded gelatin-dialdehyde starch films. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 112, n. 4, p. 2166–2178, 2009.
- MEDINA JARAMILLO, C. et al. Biodegradability and plasticizing effect of yerba mate extract on cassava starch edible films. **Carbohydrate Polymers**, v. 151, p. 150–159, 2016.
- MOKRZYCKI, W. S.; TATOL, M. Colour Difference ΔE — a Survey. **Machine graphics & vision**, v. 20, n. 4, p. 383–411, 2011.
- ORDOÑEZ, R.; ATARÉS, L.; CHIRALT, A. Physicochemical and antimicrobial properties of cassava starch films with ferulic or cinnamic acid. **LWT**, 2021.
- SELIGRA, P. G. et al. Biodegradable and non-retrogradable eco-films based on starch–glycerol with citric acid as crosslinking agent. **Carbohydrate Polymers**, v. 138, p. 66–74, 2016.
- STOLL, L. et al. Active biodegradable film with encapsulated anthocyanins: Effect on the quality attributes of extra-virgin olive oil during storage. **Journal of Food processing and preservation**, n. June 2016, p. 1–8, 2017.
- STOLL, L. et al. Carotenoids extracts as natural colorants in poly (lactic acid) films. **Journal of applied polymer science**, v. 46585, 2018.
- VERA DE ROSSO, V. et al. Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) by HPLC-PDA-MS/MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2008.