

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE PELO MÉTODO DPPH DE FILMES BIODEGRADÁVEIS INCORPORADOS COM EXTRATO DA FARINHA DA CASCA DE CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*)

Mayane dos S. Souza¹; Marcell dos S. Souza²; Geormenny R. Santos²; Luana de S. P. Barros²; Eduarda K. B. Melo² e Elisângela L. Andrade²

¹ Universidade do Estado do Pará, CCSE, Belém-PA, Brasil, CEP.66050-540

² Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil, CEP.66075-110

mayanesouza098@gmail.com

Palavras-Chave: Filme biodegradável, atividade antioxidante, embalagens ativas.

Introdução

As embalagens plásticas, constituídas de polímeros sintéticos, estão introduzidas no Brasil desde a década de 70, quando passaram a substituir as embalagens de papel kraft (Brasil, 2011), com o desenvolvimento das embalagens plásticas, estas passaram também a substituir parcialmente embalagens de vidros e metálicas. Os polímeros sintéticos apresentam diversas vantagens como flexibilidade, versatilidade, baixo peso, baixo custo e durabilidade (Souza et al., 2012). Apesar disso, seu consumo tem causado sérios problemas ambientais, pois necessita de um longo período para total decomposição, além de se fragmentarem durante o processo e serem ingeridos por animais, fazendo parte de toda cadeia alimentar (Legnaioli, 2023).

Os resíduos agroindustriais também são de grande relevância no ponto de vista ambiental, pois seu descarte indevido pode trazer diversos impactos negativos ao meio ambiente. A cadeia produtiva de processos envolvendo o uso de frutas e verduras pode gerar até 40% de resíduos orgânicos em todo processamento (Souza et al., 2016). Dentre estas, pode-se incluir o processamento do cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*), um fruto amazônico que se destaca como um dos mais explorados comercialmente na região, a parte geralmente descartada do fruto é o epicarpo (casca) que corresponde a 45% do seu peso total. Estudos comprovam que as cascas, bagaços e sementes de frutas são boas fontes de nutrientes alimentares e de compostos fitoquímicos bioativos. Estes subprodutos são fontes promissoras de ingrediente alimentício alternativo nos diversos ramos da indústria alimentar, farmacêutica e afins (Freitas, 2014; Sousa et al., 2011; Randolpho et al., 2019; Lima, 2009).

A crescente preocupação ambiental tem estimulado a busca por alternativas sustentáveis para embalagens plásticas, destacando os filmes biodegradáveis como promissoras opções. A incorporação de extratos antioxidantes provenientes de resíduos agroindustriais, como a casca do cupuaçu, confere propriedades funcionais adicionais ao biofilme, ampliando a sua aplicabilidade, principalmente no setor alimentício, atuando como embalagens ativas que atuam diretamente na conservação do produto. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi produzir um filme biodegradável com adição do extrato da farinha do epicarpo do cupuaçu, a fim de verificar a sua capacidade antioxidante e possível uso como embalagem ativa para alimentos.

Material e Métodos

A farinha da casca de cupuaçu foi obtida no mercado do ver o peso em Belém/Pa, seca e cominuída para preparação dos extratos, por meio de extração sólido-líquido com solventes eutéticos profundos (DES) à base de cloreto de colina combinado com ácido láctico (ChCl:AL – 1:1), ureia (ChCl:UR-1:2) ou glicerol (ChCl:GL-1:1). O extrato foi preparado com uma solução-mãe de DES constituída solvente e água na proporção de 1:5. A extração foi realizada com 1 g de farinha em 15 g de solução-mãe em reator de vidro encamisado, acoplado em banho termostático a 35 °C, sob agitação constante por 20 minutos. Após extração com agitação a 35 °C, o sobrenadante foi centrifugado à 3400 RPM e reservado para análise de atividade antioxidante pelo método DPPH, a análise antioxidante dos extratos foi realizada em triplicata para cada combinação de DES, para escolha do solvente com melhor capacidade de extração.

Foram preparadas soluções filmogênicas com 4% de amido de mandioca, de acordo com o método de casting em diferentes concentrações do extrato antioxidante (0 a 8%), sendo secas em estufa a 35 °C para obtenção dos filmes.

A atividade antioxidante dos filmes foi avaliada conforme a metodologia de Boroski *et. al.*, 2015, pesando-se 100 mg de filme, extraindo em metanol por 3 h sob agitação, seguido da reação com solução metanólica de DPPH (0,06 mM) por 30 minutos à temperatura ambiente sob proteção contra luminosidade. A absorbância foi medida a 517 nm em espectrofotômetro, utilizando DPPH sem filme como amostra controle e metanol como branco. A porcentagem de atividade antioxidante foi calculada conforme a equação:

$$\% \text{Inibição} = \frac{(\text{Abs DPPH} - \text{Abs amostra})}{\text{Abs DPPH}} \times 100$$

Resultados e Discussão

O extrato obtido com DES contendo cloreto de colina e ácido láctico apresentou a menor concentração necessária para inibir 50% do radical DPPH ($IC_{50} \approx 66 \mu\text{g/mL}$), indicando maior eficiência antioxidante comparado aos outros DES testados, conforme a tabela 1 e 2.

Tabela 1- Concentração para inibição do radical DPPH em 50% (IC_{50}).

Amostra	Tratamento		
	ChCl:UR	ChCl:AL	ChCl:GL
1	81,02	61,89	141,14
2	94,24	71,14	126,68
3	86,70	64,86	119,59
Média	87,32	65,96	129,14

Tabela 2 - ANOVA percentual de inibição.

Efeito	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento*	2	6195,61	3097,81	49,721	0,000184
Erro	6	373,82	62,30		
Total	8	6569,43			

Legenda: GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: estatística de Fisher-Snedeco; p: probabilidade de significância. * significativo para $p < 0,05$.

Os resultados da ANOVA indicam que os tratamentos testados apresentam efeito significativo nos valores de inibição do radical DPPH, com $p < 0,05$, rejeitando-se a hipótese nula de que não há diferença estatísticas entre os tratamentos. O tratamento com ácido láctico nos menores valores de IC_{50} , demonstrando maior eficácia de inibição.

A incorporação do extrato nos filmes resultou em atividade antioxidante crescente com a concentração, destacando-se os filmes contendo 7% e 8% de extrato, que apresentaram atividade antioxidante superiores a 50%, conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3- Percentual de atividade antioxidante

Formulações (% de extrato)	% de extrato	Atividade Antioxidante (%)
F1	0	0
F2	4	34,3
F3	5	32,61
F4	6	49,44
F5	7	68,46
F6	8	81,04

Análises de umidade, solubilidade e espessura indicaram que o extrato não alterou significativamente a umidade nem a solubilidade dos filmes, mas influenciou a espessura, que aumentou com maiores concentrações. O solvente eutético também atuou como plastificante, conferindo flexibilidade moderada aos filmes.

Conclusões

Os filmes biodegradáveis à base de amido de mandioca incorporados com extrato da farinha da casca de cupuaçu apresentaram significativa atividade antioxidante por meio do método DPPH, especialmente nas maiores concentrações do extrato. O uso de solventes eutéticos profundos para extração mostrou-se eficiente e sustentável. Assim, esses biofilmes têm potencial para aplicação em embalagens alimentícias com propriedades funcionais antioxidantes, contribuindo para o desenvolvimento de materiais biodegradáveis, o que contribui para a redução de geração de resíduos plásticos e agroindustriais.

Agradecimento

À Universidade do Estado do Pará, à Universidade Federal do Pará e ao CNPq pelo suporte e financiamento desta pesquisa.

Referências

- ABBOTT, A. P. et al. Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. **Chemical Communications**, n. 1, p. 70–71, 2003.
- ABRE. Associação Brasileira de Embalagem. **Indústria brasileira de embalagens plásticas flexíveis fecha 2020 com alta no faturamento, na produção e no consumo**. 2021.
- BOROSKI, M. *et al.* Antioxidantes: princípios e métodos analíticos. Curitiba: 1. Ed. **Appris**, 2015.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Orientações sobre consumo consciente e propostas para redução de sacolas plásticas pelos consumidores**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.



CARISSIMI, M. **Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis a partir de amido de mandioca e microalga verde**. 2017. 89 f. Dissertação (Mestrado)- Instituto de ciência e tecnologia de alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

DAI, Y. Natural Deep Eutectic Solvents and their application in natural product research and development. 2013.

FREITAS, E. C. **AValiação DO POTENCIAL NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE RESÍDUOS DO MORANGO (*Fragaria sp*) E DO CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*)**. 2014. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga- Ba, 2014.
GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J.; GUILBERT, S. (1994) Edible composite films of Wheat Gluten and lipids: Water vapor permeability and other physical properties. **International Journal Of Food Science**, v. 29, n. 1, p. 39-50.

LEGNAIOLI, Stella. **Entenda o impacto ambiental do lixo plástico para cadeia alimentar**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/impacto-ambiental-do-lixo-plastico/>.

LIMA, L. T. **Eficácia da atividade antioxidante e caracterização de embalagens ativas biodegradáveis formuladas com amido de mandioca e derivados de cacau e café**. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado)- Pós graduação em ciência de alimentos, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

LIMA, M. C. F. **“Caracterização de substâncias fenólicas e alcalóides dos resíduos do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum)**. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Pós graduação em química, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

SOUSA, M. S. B. et al. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. Ciênc. agrotec., 2011 35(3), p. 554–559, maio 2011.

SOUZA, A. L. G.; FERREIRA, M. C. R.; CORRÊA, N. C. F.; SANTOS, O. V. Aproveitamento dos resíduos de extração de óleo da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em produtos alimentícios ricos em proteínas, lipídios e fibras. **Revista Pan-Amaz Saúde**, v. 7, p. 21-30, 2016.