APLICAÇÃO DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS ATIVAS NO CONTROLE DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA DE CASTANHAS DE CAJU *(Anacardium occidentale).*

Aline Carvalho Lopes (autor), Juliana Bonametti Olivato (orientador), email: jubonametti@gmail.com

Ciência e Tecnologia de Alimentos, Tecnologia de Alimentos

1. Palavras-chave: Amido, α-tocoferol, antioxidantes.

2. Resumo

Com a crescente demanda na produção de resíduos plásticos e poluição ambiental houve aumento no interesse de desenvolvimento de embalagens biodegradáveis. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e caracterizar embalagens biodegradáveis ativas, com incorporação do carreador β-ciclodextrina (β-CD) numa matriz polimérica de amido de mandioca e glicerol. As embalagens foram produzidas por *casting* e caracterizadas suas propriedades de barreira, térmicas e mecânicas. A PVA, degradação térmica (TGA) e a estrutura molecular (espectroscopia de infravermelho-FTIR) não mostraram diferença significativa com a inclusão do carreador. Com relação às propriedades mecânicas, a elongação foi afetada nas maiores concentrações de β-CD, 0,34 e 0,5%, alterando a flexibilidade do filme. A microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos filmes mostrou que o aumento na concentração de β-CD leva um aumento na rugosidade da superfície. O complexo de inclusão de α-tocoferol e β-CD foi observado por MEV e mostrou a eficiência da incorporação do óleo na cavidade da molécula de β-CD, representando uma alternativa interessante como embalagem ativa para alimentos.

3. Introdução

O uso de plásticos sintéticos não biodegradáveis como material de embalagem é amplo devido sua alta disponibilidade e baixo custo de produção (THARANATHAN, 2003). Isso contribui para a grande geração de resíduos pela sua baixa taxa de reciclagem e elevada resistência à degradação, gerando poluição ambiental. Uma alternativa a esse problema é o desenvolvimento de filmes poliméricos biodegradáveis, que possuem capacidade de aplicação em diversos setores, além de sua viabilidade técnica e econômica (ELIZONDO et al. 2009). Esses filmes são obtidos de matérias-primas de fonte renováveis, abundantes e naturais, como o amido (GALGANO et al., 2015). Para que os filmes à base amido possuam uma adequada propriedade de resistência, devem ser adicionados agentes plastificantes, sendo os mais empregados os polióis, como o glicerol, pois eles aumentam a mobilidade das cadeias de amido exibindo um comportamento termoplástico (MALI et al., 2010).

Devido à crescente preocupação com a saúde dos consumidores, existe grande interesse no desenvolvimento de embalagens ativas em alimentos, interagindo intencionalmente com eles aumentando sua qualidade, segurança e vida útil de prateleira (RIAZ et al., 2018). Os antioxidantes naturais se mostraram eficientes na prevenção da oxidação lipídica, inibindo a formação de aromas e texturas indesejáveis e têm aplicação aprovada para alimentos. Um componente com uma atividade antioxidante significativa é o α-tocoferol (ou vitamina E) (CONTINI et al., 2011). A β-ciclodextrina (β-CD) é um oligossacarídeo cíclico com cavidade hidrofóbica e superfície hidrofílica. Elas são recomendadas para aplicações

em alimentos, pois promovem liberação controlada de diversas substâncias. A formação de complexo de inclusão de β-CD foi considerada uma ferramenta eficaz para controlar a liberação de α-tocoferol a partir de ativos antioxidantes em embalagens (SIRÓ et al., 2006).

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver embalagens biodegradáveis ativas à base de amido de mandioca. Para tal finalidade, um carreador (β-ciclodextrina) de diversas proporções foi utilizado para prolongar a liberação do antioxidante (α-tocoferol). Foram avaliadas as propriedades térmicas, mecânicas, estruturais e de barreira dos filmes, e ainda a eficiência do processo de incorporação do ativo ao carreador.

4. Material e Métodos

O amido de mandioca foi obtido do grupo Agrícola Horizonte (Mal. Cândido Rondon, PR), a glicerina foi adquirida de Reagen Produtos para Laboratórios LTDA (Colombo, PR), o carreador β-CD e α-tocoferol da Sigma – Aldrich Brasil LTDA (São Paulo, SP). Os filmes biodegradáveis foram produzidos pela técnica de *casting* que consiste no preparo de uma solução filmogênica, composta por amido de mandioca 3% (m/m)(b.s.) água, glicerol em concentração fixa (20% em relação ao amido) e β-CD como carreador nas proporções 0; 0,17; 0,25; 0,34 e 0,5%. Os materiais foram caracterizados quanto à espessura, solubilidade, permeabilidade, elasticidade, características estruturais por microscopia eletrônica de varredura (MEV e FEG), análise termogravimétrica (TGA) e espectroscopia de infravermelho (FTIR).

5. Resultados e Discussão

5.1 Permeabilidade ao Vapor de Água (PVA)

O resultado da permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes de amido com a presença do carreador β-CD não apresentaram diferença significativa (Teste de Tukey; $p<0,05$) quando comparados ao filme controle (CD0), variando seus valores de 3,86 x 10^{-11} a 4,76 x 10^{-11}g. s^{-1}. m $^{-1}$. Pa^{-1}. O aumento gradativo do carreador β-CD tendeu ao aumento na PVA, parecendo produzir um efeito antiplastificante, indicando que há um limite na adição do carreador (HIGUERAS et al., 2013).

5.2 Análise Termogravimétrica (TGA)

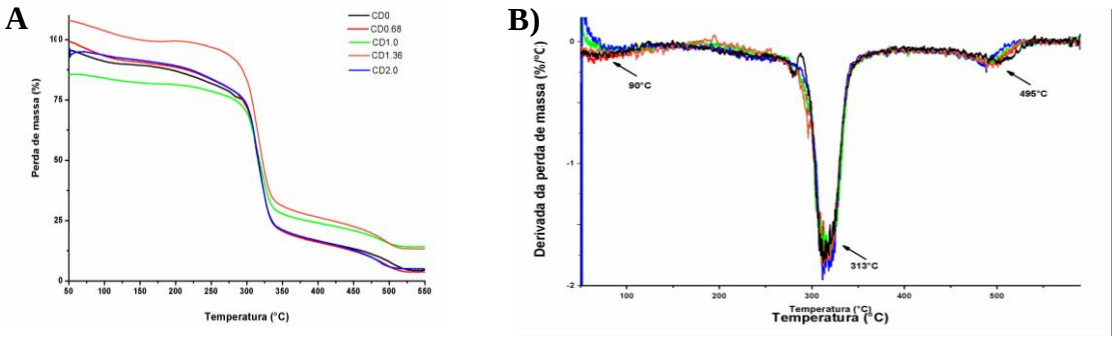


Figura 1: (A) análise termogravimétrica e (B) curvas DTG dos filmes.

Nos resultados da TGA ilustrados na Figura 1-A podem ser observados três estágios de decomposição da amostra. O primeiro estágio entre 20° e 150°C refere-se à perda restante de água dos filmes. O segundo estágio ocorreu entre 260° e 400°C, que também pode ser observado na curva DTG (Figura 1-B) o pico de máxima degradação dos filmes, sendo relacionado com a degradação dos polímeros de glicose presentes no amido de mandioca em grande quantidade. E o terceiro

estágio entre 450° e 600°C pode ser atribuído à desidratação dos anéis sacarídeos, despolimerização e decomposição das unidades acetiladas e desacetiladas dos filmes (ZHANG; ZHAO, 2015). A presença do carreador nas concentrações de 0,25% e 0,34% (CD1,0 e CD1,36) provocou discreta diminuição na degradação do material, possivelmente devido ao aumento no teor de sólidos nas formulações, fortalecendo ligações de hidrogênio entre as moléculas (GARCIA et al., 2009).

5.3 Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

A variação nas concentrações do carreador não causou alterações nos grupos funcionais ou ligações químicas dos filmes. As principais bandas produzidas foram dos grupamentos hidroxila O–H em 3800cm^{-1}, e do estiramento C–H (CH_2) em 2285 cm^{-1} pertencentes às cadeias de amido, glicerol e β-CD. A banda produzida em 1830 cm^{-1} pode ser relacionada à deformação angular O–H–O da água residual da formulação, mesmo após secagem. O aparecimento da banda na região de 1560cm^{-1} representa estiramento assimétrico C-O-C do anel e da ligação glicosídica da estrutura do amido e também da β-CD.

5.4 Testes de Tração

A inclusão do carreador não alterou de modo significativo ($p<0,05$) as propriedades de tensão máxima e módulo de Young comparado ao filme controle (CD 0). A elongação foi afetada nas concentrações 0,34 e 0,5% de β-CD (CD 1,36 e CD 2,0 respectivamente), mostrando que a quantidade de carreador em CD 1,36 produziu elongação menor em relação ao controle, possivelmente pela baixa dispersão das partículas de carreador. A adição de carreador de 0,5% produziu um aumento da flexibilidade do material. A partir disso, pode-se constatar que a maior a proporção de carreador adicionada, melhora a flexibilidade do filme, porém com uma tendência à diminuição da resistência máxima à tração.

Tabela 1. Tensão máxima, elongação e módulo de Young dos filmes de amido de mandioca sem e com a incorporação de β-ciclodextrina.

AMOSTRAS	TENSÃO MÁXIMA (MPa)	ELONGAÇÃO (%)	MÓDULO DE YOUNG (MPa)
CD 0	13,92 ± 1,77^{a}	4,57 ± 0,57^{a,b}	309,68 ± 54,07^{a}
CD0,68	11,43 ± 1,36^{a}	4,55 ± 0,51^{a,b}	234,34 ± 44,85^{a}
CD1,0	13,44 ± 1,61^{a}	4,10 ± 0,59^{a,b}	240,76 ± 52,72^{a}
CD1,36	12,41 ± 1,40^{a}	3,61 ± 0,36^{a}	299,77 ± 41,66^{a}
CD2,0	9,09 ± 0,54^{a}	6,04 ± 0,63^{b}	250,15 ± 37,52^{a}

Resultados apresentados como média ± desvio padrão. Letras diferentes, na mesma coluna, indicam diferença estatística (teste de Tukey, $p<0,05$).

5.5 Microestrutura dos filmes e complexo de inclusão - Microscopia eletrônica de Varredura – MEV.

A Figura 2-A mostra que a incorporação de β-CD na máxima concentração utilizada, 0,5% (A2,0) demonstrou a ligeira mudança no aspecto da superfície do filme comparado ao filme controle (A0) que apresentava superfície totalmente lisa e homogênea passou a apresentar aspecto mais rugoso. A Figura 2-B mostra a eficiência da incorporação do óleo de α-tocoferol na cavidade da β-CD.

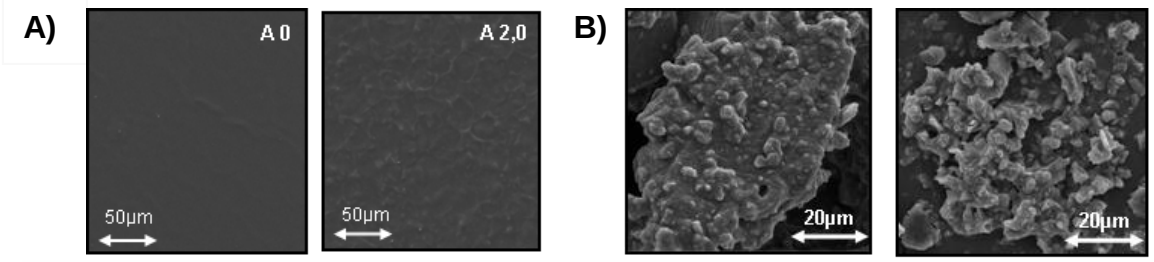


Figura 2: (A) micrografias dos filmes de amido de mandioca incorporados com β-ciclodextrina. **(B)** micrografias do complexo de inclusão, com incorporação do óleo de α-tocoferol na cavidade do carreador β-ciclodextrina.

6. Conclusão

A PVA, degradação térmica (TGA) e a estrutura molecular (espectroscopia de infravermelho-FTIR) não apresentaram diferença significativa na inclusão do carreador. Com relação às propriedades mecânicas, apenas a elongação foi afetada nas maiores concentrações de β-CD, 0,34 e 0,5%, alterando a flexibilidade do filme. A microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos filmes mostrou que o aumento na concentração de carreador leva um aumento na rugosidade da superfície. A estrutura do complexo de inclusão do α-tocoferol e β-CD foi observada por MEV e mostrou a eficiência da incorporação do óleo na cavidade da molécula de β-CD. Esse complexo de inclusão tem objetivo de promover a liberação controlada do ativo antioxidante α-tocoferol, a partir da β-CD incorporado à embalagem, em alimentos sensíveis à oxidação de modo a retardar sua degradação e consequentemente prolongar sua vida útil.

7. Agradecimentos

À minha orientadora principalmente, Profª Drª. Juliana Bonametti Olivato, às instituições CNPq, Fundação Araucária, Universidade Estadual de Ponta Grossa e ao Complexo de Laboratório Multiusuário (c-LABMU).

8. Referências

ELIZONDO, N. J.; SOBRAL, P. J. A.; MENEGALLI, F. C. Development of films based on blends of *Amaranthus cruentus* flour and poly (vinyl alcohol). **Rev. Carbohydrate Polymers**, v. 75, p. 592-595, 2009.

GALGANO, F.; CONDELLI, N.; et al. Biodegradable packaging and edible coating for fresh-cut fruits and vegetables. **Italian Journal of Food Science**, v. 27, p. 1-20, 2015.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; et al. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

CONTINI, C; KATSIKOGIANNI, M. G; et al. Development of active packaging containing natural antioxidants. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 224-228, 2011.

THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science &Technology**, v 14, p. 71-78, 2003.

RIAZ, A. et al. Preparation and characterization of chitosan-based antimicrobial active food packaging fi lm incorporated with apple peel polyphenols. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 114, p. 547–555, 2018.

SIRÓ, I.; FENYVESI, E.; et al. Release of alpha-tocopherol from antioxidative low-density polyethylene film into fatty food simulant: influence of complexation in betacyclodextrin. **Food Additives and Contaminants**, v, 23, p. 845-853, 2006.

HIGUERAS, L.; LOPEZ-CARBALLO, G.; et al. Preparation and characterization of chitosan/HP--cyclodextrins composites with high sorption capacity for carvacrol. **Carbohydrate Polymers**, v. 97, p. 262-268, 2013.

ZHANG, H.; ZHAO, Y. Preparation , characterization and evaluation of tea polyphenol e Zn complex loaded b -chitosan nanoparticles. **Food hydrocolloids**, v. 48, p. 260–273, 2015.

GARCIA, N. L. et al. Physico-Mechanical Properties of Biodegradable Starch Nanocomposites. **Macr. Materials and Engineering**, v. 294, p. 169–177, 2009.