

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS A BASE DO AMIDO DE MILHO, FRUTA-DE-LOBO E GLICEROL

Renato Rosa de Almeida^{1*} (PG), Lucas Rodrigues Caetano^{1*} (PG), Verediana Fiorentin Rosa de Almeida^{1*} (PG), Sueli Martins de Freitas Alves² (PQ), Diego Palmiro Ramirez Ascheri² (PQ)

renatorosa.agricola@outlook.com, lucasrodcae1@hotmail.com, verediana_fiorentin@hotmail.com

^{1,2}Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo

Resumo: Embalagens produzidas com plástico sintético se tornaram um problema ambiental por ser não biodegradável, a utilização de polímeros naturais na produção de embalagens biodegradáveis tem sido uma alternativa. No entanto, o experimento teve como objetivo o desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis a base de diferentes combinações de amidos milho, fruta-de-lobo e glicerol, para a conservação e manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças. O experimento foi conduzido no laboratório de Secagem e Armazenamento Pós-colheita do curso de Engenharia Agrícola e Química da UEG/CCET, Anápolis/GO. Onde foram elaborados os filmes combinado com amido de milho, fruta-de-lobo e glicerol, baseando-se na técnica de “*casting*”, e caracterizado quanto à espessura, permeabilidade ao vapor de água (Pva) e solubilidade em água. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente causalizado, dispostos em esquema fatorial 5x3 (amido x glicerol), com 3 repetições, sendo cinco concentrações combinadas de amido de milho e fruta-de-lobo (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) e três concentrações de glicerol (20%, 30% e 40%). Portanto, observou-se que as combinações dos amidos com a maior concentração de glicerol (40%) os filmes foram mais espessos e permeáveis ao vapor de água, a menor solubilidade foi verificada para a menor concentração de glicerol (20%).

Palavras-chave: *Solanum lycocarpum*, *Zea mays*, plastificantes, biodegradáveis, fécula.

Introdução

O Brasil destaca-se como grande produtor de vegetais, devido principalmente às suas condições de clima e extensão territorial. Porém, as perdas

na pós-colheita diminuem sua competitividade se comparado com mercado internacional (PRATES e ASCHERI, 2011).

A busca por embalagens que protejam e conservem os alimentos da forma mais natural possível e sem prejuízos ao meio ambiente crescem a cada dia, com o intuito de reduzir a quantidade de lixo sólido no planeta (ALVES, 2009). O impacto ambiental ocasionado com uso de materiais sintéticos, na forma de plásticos, tem estimulado o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir de fontes naturais renováveis (AIDER, 2010).

O polímero biodegradável que mais se destaca no desenvolvimento de filmes é o amido já que ele se encontra em abundância na natureza, possui baixo custo, apresenta muitas possibilidades de modificação química e física, além de originar filmes e revestimentos resistentes (PETRIKOSKI, 2013). Geralmente, os filmes elaborados com amidos são quebradiços, desta forma, tem-se a necessidade da inserção de plastificantes. O glicerol promove um aumento no comportamento elástico dos filmes, melhorando as propriedades físicas e mecânicas, além de aumentar sua vida útil (BERGO et al., 2010).

Diversas fontes de amido são utilizadas na elaboração de coberturas comestíveis. Algumas espécies do cerrado brasileiro têm sido pesquisadas por apresentarem características específicas a fruta-de-lobo, constitui-se como uma fonte interessante, pois não é utilizada comumente na alimentação humana e apresenta um grande potencial quanto ao seu teor de amido (PRATES e ASCHERI, 2011). Segundo Oliveira Júnior et al. (2004) a fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum*) pode conter cerca de 20g de amido por 100g de polpa da fruta.

O uso de revestimentos em frutas e hortaliças, como coberturas comestíveis a base de amido, proporciona atratividade aos consumidores, devido à característica do amido de formar coberturas transparentes. Além de aumentar a vida útil e manter as propriedades funcionais e enzimáticas do fruto (GOMES et al., 2016). Biofilmes têm a função de inibir ou reduzir a permeabilidade de umidade e oxigênio, podendo atuar como antioxidantes, antimicrobianos, e melhorar a integridade mecânica nos alimentos (CHAMBI e GROSSO, 2011).

Sendo assim, o experimento teve como objetivo o desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis a base de diferentes combinações de amido de milho, fruta-de-lobo e glicerol, para a conservação e manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no laboratório de Secagem e Armazenamento Pós-colheita do curso de Engenharia Agrícola e Química do Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis/GO.

Inicialmente a matéria prima, o amido de milho (*Zea mays*), foi obtida em um dos supermercados da cidade de Anápolis. O glicerol juntamente com o amido da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum*), utilizada na preparação dos biofilmes, foi cedido pelo Professor Diego Palmiro Ramirez Ascheri da Universidade Estadual de Goiás.

Para o experimento foi utilizado o delineamento inteiramente causalizado, dispostos em esquema fatorial 5x3 (amido x glicerol), com 3 repetições, sendo cinco concentrações combinadas de amido de milho e fruta-de-lobo (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) e três concentrações de glicerol (20%, 30% e 40%).

- **Elaboração e caracterização dos filmes:** Os filmes foram elaborados baseando-se na técnica de “*casting*”, que consiste no preparo de uma solução filmogênica (SF), por dissolução em água destilada, amido e do agente plastificante (glicerol). As soluções filmogênicas foram preparadas com 2 gramas de amido para 100 ml de água destilada com diferentes concentrações de glicerol: 20%, 30% e 40%, em relação à massa de amido. Para ocorrer à completa gelatinização do amido, a solução foi aquecida a $90\pm 5^{\circ}\text{C}$ por 5 min. Após a obtenção das soluções, 20 mL da solução filmogênica foram aplicadas em placa de petri (acrílico) 8 cm de diâmetro para posterior secagem a $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ em estufa por 24 horas. Quando secos os filmes foram acondicionados em dessecadores com solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3) por 24h para posterior retirar os filmes das placas de petri, após retirar os filmes das placas acondicionou-os em envelope de papel dentro de embalagens de polipropino de baixa densidade, para posterior realização das seguintes análises:

- **Espessura:** Foram determinadas com auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,001 mm da Mitutoyo, onde foram medidos seis pontos distintos, sendo um deles o centro do filme e os demais nas extremidades.

- **Permeabilidade ao vapor de água:** A Pva foi determinada gravimetricamente a 25°C , de acordo com o método E 96-95 Descrito na ASTM

(1989). Os filmes foram cortados em formato circular com diâmetro de 22,8mm e aplicados em células de permeação de plástico, contendo sílica seca. As células foram acondicionadas em dessecadores contendo água destilada e o conjunto armazenado a 25°C. A massa da célula com o filme foi monitorado em intervalos de 24 h por 7 dias por meio de uma balança analítica de precisão Tepron Mark500, erro=0,01g, com carga máxima de 500g. A taxa de permeabilidade ao vapor de água (Tva) foi calculada usando-se a equação (1):

$$Tva = \frac{g}{t * A} \quad (1)$$

Onde: g é o ganho de massa em gramas, t* o tempo total em horas e A é a área de permeação em m². O termo g/t* será calculado por regressão linear entre os pontos de ganho de massa e tempo, no regime constante.

Posteriormente, a permeabilidade ao vapor de água foi calculada usando-se a equação (2):

$$Pva = Tva \frac{x}{\Delta P} \quad (2)$$

Onde: x é a espessura média dos filmes em mm e ΔP é a diferença de pressão de vapor do ambiente contendo sílica gel (0 kPa, a 25 °C) e o água pura (3,17 kPa, a 25 °C).

- **Solubilidade em água:** Foi determinada segundo a metodologia proposta por Gontard et al. (1992). Os filmes de umidade conhecida foram recortados com 1 cm² e pesados. Individualmente, as amostras foram colocadas em Erlenmeyer de 250mL contendo 50mL de água destilada e agitados lentamente com 30 rpm por 24h, a 25°C em um agitador do tipo TE - 4200 Incubadora. Após este período as amostras foram removidas e secas a 60°C por 24h, em uma estufa com circulação de ar para determinar o que foi solubilizado. A solubilidade foi calculada usando-se a equação (3):

$$Solub.(%) = \left(\frac{PI - PF}{PI} \right) * 100 \quad (3)$$

Onde: Solub.(%) é a porcentagem do material seco solubilizado, PI é a massa inicial do material seco e PF é a massa final do material seco não solubilizado.

Os dados foram submetidos à análise de variância (P<0,05), e quando significativos foi realizado o teste de comparação de médias Tukey a 5%. Para as análises estatísticas foi utilizado o Software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

- **Espessura:** É definido como a distância perpendicular entre duas superfícies principais do material, esse parâmetro é de suma importância, conhecendo-se a espessura é possível obter informações sobre a resistência mecânica e as propriedades de barreira aos gases e ao vapor de água do material (HENRIQUE et al., 2008).

Os filmes elaborados a partir das diferentes combinações de amido e glicerol apresentaram variação média em sua espessura de 0,246 a 0,350mm, sendo observada a menor espessura para a combinação T2 com 75% de amido de milho, 25% fruto-do-lobo e 30% de glicerol, a maior espessura foi verificada para a combinação T5 com 0% de amido de milho, 100% fruto-do-lobo e 40% de glicerol.

Resultado semelhante foi observado por Moura (2008) ao produzir biofilmes a partir de fécula de lírio-do-brejo (*Hehychium coronarium*) e glicerol teve sua espessura influenciada pela porcentagem de amido, glicerol e pelo processo e elaboração (*casting*), verificando que quanto maior a concentração de fécula e de glicerol na solução filmogênica, maior a espessura dos filmes.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1 não foi verificada diferença significativa a $P \leq 0,05$ entre os tratamentos para todas as respostas dos testes de espessura. Sendo contrario, efeitos significativos ($P \leq 0,05$) entre os tratamentos confirmados pelo teste de Tukey, foram observados para a espessura por Ribeiro e Oliveira Júnior (2016) ao estudarem o preparo e caracterização de filmes formados a partir do amido extraído da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum*).

- **Permeabilidade ao vapor de água (Pva):** O principal papel da permeabilidade é atuar como barreira que impeça ou dificulte o contato entre o ambiente externo e o produto em seu interior de modo a lhes assegurar estabilidade (SARANTÓPOULOS et al., 2002). No entanto, ela não é restritiva, filmes muito permeáveis ao vapor da água não podem ser usados para embalar produtos desidratados, mas atuam perfeitamente embalando vegetais (GALDEANO, 2007).

Durante os sete dias em que os filmes foram mantidos sob as condições adequadas para a análise de permeabilidade, notou-se um ganho linear de massa no conjunto formado pela célula de permeação contendo a sílica e o filme.

Os filmes com a combinação de amido de milho e fruta-de-lobo apresentaram valores médios de Pva de 0,011 a 0,017 g.mm.h⁻¹.m⁻².MPa⁻¹, para a combinação T4 com 25% de amido milho, 75% de amido da fruta-de-lobo e 30% de glicerol e T2 com 75% de amido milho, 25% de amido da fruta-de-lobo e 40% de glicerol. O efeito do glicerol na permeabilidade dos filmes foi observado em vários trabalhos (MALI et al., 2005; MATTA JÚNIOR et al., 2011; RIGO, 2006).

Müller et al. (2009) observaram em seu experimento que a permeabilidade dos filmes aumentam com o incremento da concentração de plastificante em filmes elaborados com amido de mandioca, celulose e glicerol. Assim como esse experimento Tabela 1, segundo Petrikoski (2013) não foram observadas diferenças significativas entre os valores ($P \leq 0,05$) para a permeabilidade aos vapores de água, o que sugere que a adição de glicerol e a combinação de diferentes concentrações de amido não influenciaram nessa propriedade.

Tabela 1 - Resumo do quadro de análise de variância aplicada à espessura (E), solubilidade em água (S) e permeabilidade ao vapor de água (Pva) dos filmes comestíveis a base de amido da fruta-de-lobo, milho e glicerol.

Fator	G.L	E		S		Pva	
		QM	Valor-P	QM	Valor-P	QM	Valor-P
CA	4	0,000263	0,3445 ^{ns}	6,502612	0,6258 ^{ns}	4,46x10 ⁻⁷	0,4362 ^{ns}
G	2	0,000549	0,1038 ^{ns}	26,59185	0,0841 ^{ns}	0,000001	0,0975 ^{ns}
CA x G	8	0,000464	0,0722 ^{ns}	29,87948	0,0129*	8,45x10 ⁻⁷	0,1073 ^{ns}
Resíduo	30	0,000255	-	9,878863	-	4,58x10 ⁻⁷	-
Total	44	-	-	-	-	-	-
CV(%)	-	15,60		25,16		15,75	

Significativo (*) e não significativo (^{ns}) ao nível de 5% de probabilidade. Combinação de amido de fruta-de-lobo e milho (CA), glicerol (G).

A solubilidade do filme em água indica sua integridade em ambientes muito úmidos ou aquosos. Uma alta solubilidade indica uma baixa resistência à água (VICENTINI, 2003). De acordo com Matta Júnior et al. (2011), a adição de plastificante, tem uma grande influência sobre a solubilidade de filmes a base de amido, devido ao seu caráter hidrofílico, onde os filmes tendem a apresentar valores altos de solubilidade.

Tabela 2 - Valores médios da Solubilidade (%) dos filmes comestíveis a base de amido da fruta-de-lobo, milho e glicerol.

Glicerol	Combinação de amido de milho e fruta-de-lobo				
	T1	T2	T3	T4	T5
20%	12.593 aA	7.858 aB	9.394 aA	14.141 aA	12.593 aA
30%	15.812 aA	11.795 aB	13.098 aA	9.881 aA	10.530 aA
40%	12.668 abA	18.889 aA	13.426 abA	10.370 bA	14.335 abA

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si, a ($P \leq 0,05$) de probabilidade, pelo teste de Tukey. Combinação de amido: T1 (100% milho – 0% fruto-do-lobo), T2 (75% milho – 25% fruto-do-lobo), T3 (50% milho – 50% fruto-do-lobo), T4 (25% milho – 75% fruto-do-lobo) e T5 (0% milho – 100% fruto-do-lobo).

As respostas de solubilidade dos filmes estudados foram obtidas através da interação dos fatores, concentrações de glicerol e diferentes combinações de amido Tabela 1, a interação foi significativa ao nível de ($P \leq 0,05$) de probabilidade. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2 a concentração de glicerol influenciou na solubilidade dos filmes.

Como pode ser verificada na Tabela 2, a menor solubilidade em água foi de 7,858% para a combinação T2 que possui 75% de amido milho, 25% de amido da fruta-do-lobo e 20% de glicerol, a maior solubilidade foi de 18,889% para a combinação T2 com 40% de glicerol. À medida que aumentou a concentração de glicerol nas combinações de amido, observou um aumento da solubilidade em água.

Solubilidade relativamente baixa como nesse experimento foram observados por López e García (2012) ao desenvolver e caracterizar filmes biodegradáveis a partir de amidos nativos encontraram valores de solubilidade entre 3,9 e 13,6%, para os biofilmes preparados com 5% de amido de mandioca puro e com adição de 1,5% de glicerol.

Valor de solubilidade superior ao desse experimento foi observado por Santos (2009), variando entre 28,65 e 42,67% em filmes biodegradáveis elaborados com amido de fruta-de-lobo e glicerol, observou também que as maiores concentrações do plastificante causaram incremento na solubilidade dos filmes. Farias et al. (2012) em filmes comestíveis de amido adicionado de acerola encontraram solubilidades entre 16,8 a 52,9% e, Mali et al. (2002) evidenciaram solubilidade entre 19,34 e 30,76% em filmes de amido de inhame e glicerol.

Considerações Finais

Em relação às características dos filmes biodegradáveis e comestíveis, verificou-se que a concentração de glicerol exerceu mais efeito na solubilidade em água e permeabilidade ao vapor de água dos filmes, aumentando essas propriedades com o aumento da concentração desse plastificante. A espessura foi variada nos filmes, decorrente do processo de elaboração e das concentrações crescentes de glicerol e combinação de amido.

As combinações dos amidos com a maior concentração de glicerol (40%), os filmes foram mais espessos e permeáveis ao vapor de água, a menor solubilidade foi verificada para a menor concentração de glicerol (20%) com a combinação de T2 (75% milho – 25% fruto-do-lobo). Portanto, o uso de coberturas comestíveis elaboradas a partir de polímeros naturais e biodegradáveis torna-se uma alternativa na conservação pós-colheita de frutos e hortaliças.

Agradecimentos

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a UEG/CCET pela disponibilização da infraestrutura para a realização da pesquisa.

Referências

ALVES, J. S. **Elaboração e caracterização de filmes finos de amido de milho e parafina**. 2009. 120p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

AIDER, M. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: a review. **LWT-Food Science and Technology**, v.43, p.837–842, 2010.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS Standard test methods for water vapor transmission of materials (E96-80) In: **Annual Book of ASTM Standards**. Philadelphia: ASTM, p.730–739, 1989.

BERGO, P.; SOBRAL, P. J. A.; PRISON, J. M. Effect of glycerol on physical properties of cassava starch films. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.34, p.401-410, 2010.

CHAMBI, N. M.; GROSSO, C. R. F.; Mechanical and water vapor permeability properties of biodegradables films based on methylcellulose, glucomannan, pectin and gelatina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.31, n.3, p.739-746, 2011.

FARIAS, M. G.; FAKHOURI, F. M.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; Caracterização físico-química de filmes comestíveis de amido adicionado de acerola (*malphigiaemarginatad.c.*). **Química Nova**, São Paulo, v.35, n.3 p.546-552, 2012.

FERREIRA, D.F. **Sisvar**: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GALDEANO, M. C. **Filmes e laminados biodegradáveis de amido de aveia com diferentes plastificantes, produzidos por casting e extrusão**. 2007, 170p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2007.

GOMES, M. A.; ASCHERI, D. P. R; CAMPOS, A. J. Characterization of edible films of *Swartzia burchelli* phosphated starches and development of coatings for post-harvest application to cherry tomatoes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.37, n.4, p.1897-1910, 2016.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**, Chicago, v.57, n.1, p.190-195, 1992.

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M.P.; SARMENTO, S.B.S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1, p.231-240, 2008.

LÓPEZ, O. V.; GARCÍA, M. A. Starch films from a novel (*Pachyrhizus ahipa*) and conventional sources: Development and characterization. **Materials Science and Engineering**, v.32, n.07, p.1931-1940, 2012.

MALI, S.; SAKANAKA, L.S.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M.V.E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. **Carbohydrate Polymers**, v.60, p.283-289, 2005.

MALI, S.; GROSSMAN, M. V.E.; GARCIA, M. A.; MERTINO, M. N. ZARITZKY, N. E.; Microstructural characterization of yam starch films. **Carbohydrates Polymer**, v.50, n.1 p.379 – 386, 2002.

MATTA JÚNIOR, M. D.; SARMENTO, S. B. S.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; ZOCCHI, S. S. Propriedades de barreira e solubilidade de filmes de amido de ervilha associado com goma xantana e glicerol. **Polímeros**, Piracicaba, v.21, n.1, p.67-72, 2011.

MOURA, W.S. **Extração e Caracterização da Fécula do *Hedychium Coronarium* e Elaboração de Filmes Biodegradáveis**. 2008. 80p, Dissertação: (Mestrado em Ciências Moleculares) - Universidade Estadual de Goiás, 2008.

MÜLLER, C.; YAMASHITA, F.; LAURINDO, J. B.; Effect of cellulose fibers addition on the mechanical properties and water vapor barrier of starch-based films. **Food Hydrocolloids**, v.23, n.5, p.1328-1333, 2009.

OLIVEIRA JÚNIOR, E. N.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P; CORRÊA, A. D.; SANTOS, J. Z. L. Alterações pós-colheita da “fruta-de-lobo” (*Solanum lycocarpum* st. Hil.) durante o amadurecimento: análises físico-químicas, químicas e enzimáticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.410-413, 2004.

PETRIKOSKI, A. P. **Elaboração de filmes de fécula de mandioca e avaliação do seu uso na imobilização de caulinita intercalada com ureia**. 2013. 129p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

PRATES, M. F.; ASCHERI, D. P. R. Efeito da cobertura de amido de fruta-de-lobo e sorbitol e do tempo de armazenamento na conservação pós-colheita de frutos de morango. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.29, n.1, p.21-32, 2011.

RIBEIRO, T. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. N. Preparo e caracterização de filmes formados a partir do amido extraído da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum*). In.: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2016, Ceará. **Anais...** Fortaleza: XVI Encontro Brasileiro sobre o Ensino de Engenharia Química, 2016.

RIGO, L.N. **Desenvolvimento e caracterização de filmes Comestíveis**. 2006. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2006.

SANTOS, A. P. **Extração e caracterização do amido do fruto-do-lobo (*Solanum lycocarpum* st. hil) e elaboração de filmes biodegradáveis**. 2009. 112p. Dissertação. (Mestrado em Ciências Moleculares) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2009.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R.M.V.O.; GARCIA, E.E.C. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. Campinas: CETEA/ ITAL, 276p, 2002.

VICENTINI, N.M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**. 2003. 198p. Tese (Doutorado em Agronomia (Horticultura)) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.