

Estudo comparativo de espessura, deformação e tensão de ruptura dos filmes elaborados com amidos nativos do cerrado e comerciais.

Viviane de Paula Farias^{1*} (IC), Ana Maria Gomes Batista¹ (IC), Alessandra Soares Félix¹ (IC), Bruna Mayara F. L. de Souza¹ (IC), Everton M. Negreiros¹ (IC), Sabrina Dias de Oliveira¹ (IC), Diego Palmiro Ramirez Ascheri² (PQ), José Luis Ramirez Ascheri³ (PQ)

1 (IC), Alunas de graduação de Engenharia Agrícola, UEG. viviane.de.paula.farias@hotmail.com

2 (PQ), Prof. de graduação de Química Industrial e Mestrado de Engenharia Agrícola, UEG Engenheiro de alimentos, Prof. Pós-Doutor dos Cursos de Mestrado em Engenharia Agrícola e Química do CCET da Universidade Estadual de Goiás (Anápolis, Goiás).

3 (PQ) Engenheiro de alimentos, Prof. Pós-Doutor, Pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos (Guaratiba, RJ).

Universidade Estadual de Goiás- Campus Anápolis de Ciências e Tecnológicas

Resumo: A utilização dos componentes em conjunto (amido, glicerol), a fim de se obter um produto com diversas características de interesse tecnológico, passa a ser um grande desafio para as indústrias e unidades de pesquisa em todo o mundo. Por isso, este trabalho objetivou comparar as propriedades físicas e mecânicas de filmes de amido da parreira-do-mato (FP), lírio-do-brejo (FL) com os de filmes de milho (FM) e batata (FB). Os filmes foram elaborados misturando 2 g de amido em 100 g de água e glicerol (10 a 40% em relação à massa de amido). Dos filmes se analisou a espessura, deformação tensão. Os resultados mostraram que com o aumento da concentração do glicerol aumenta a espessura do filme. Em relação á deformidade houve uma variação de comportamento para cada tipo de amido e a tensão diminui á medida que foi aumentado à percentagem de glicerol, principalmente observado nos filmes de amido de batata, demonstrando uma relação inversa entre glicerol e tensão. Desse modo os filmes obtidos de plantas nativas do cerrado podem ser utilizados como polímeros para a proteção e conservação de alimentos, além de serem utilizadas como películas á serem aplicadas na tecnologia de pós-colheita.

Palavras-chave: Filmes a base de amido. Pós-colheita. Propriedades físico-mecânicas.

Introdução

Os materiais biodegradáveis são considerados não tóxicos e vem sendo bastante utilizados para a preparação de filmes biodegradáveis e películas com o intuito à conservação e proteção de alimentos (KIM et al., 2008; SHI et al., 2008; Campos et al., 2011; Mattei et al., 2013; Machado et al., 2014; Pachekoski et al., 2014).



As propriedades mecânicas dos filmes são características importantes a serem avaliadas, visto que elas determinam a sua utilização como embalagem, devido ao manuseio a que estão submetidos os produtos durante a distribuição e comercialização. Filmes devem ser resistentes à ruptura e abrasão, e ao mesmo tempo serem flexíveis, de modo a garantir a integridade do produto. As propriedades dos filmes são avaliadas por testes de tração, essas propriedades expressam a resistência do material ao alongamento e ao rompimento (SARANTÓPOULOS et al., 2002).

Plastificantes como o glicerol têm se mostrado adequados para a mistura com polímeros solúveis em água (LIMA et al., 2007). Eles reduzem as interações intermoleculares entre as cadeias adjacentes do amido, resultando no aumento da mobilidade dessas cadeias e, conseqüentemente em materiais flexíveis. Como conseqüências, percebem-se em termos macroscópicos, modificações de todas as propriedades físicas ou funcionais dos filmes biodegradáveis.

A utilização destes componentes em conjunto (amido e glicerol), a fim de se obter um produto com diversas características de interesse tecnológico, passa a ser um grande desafio para as indústrias e unidades de pesquisa em todo o mundo.

O presente trabalho teve por objetivo estudar as propriedades mecânicas dos filmes comestíveis elaborados com amidos extraídos de raízes e rizomas do cerrado brasileiro (parreira-do-mato e lírio do brejo) e comparar suas propriedades mecânicas (Espessura, deformação e tensão na ruptura) com as de filmes de amidos convencionais de milho e batata.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no laboratório de Engenharia Agrícola e laboratório de Pesquisa em Química situado no Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas – Henrique Santillo da Universidade Estadual de Goiás (Anápolis – Goiás).

Os amidos de parreira-do-mato e lírio do brejo foram extraídos aplicando a metodologia descrita por Ascheri et al. (2010) e Gomes et al. (2016). Os amidos de milho e batata foram adquiridos no mercado local da Cidade de Anápolis.



Os filmes foram feitos segundo a metodologia de Gomes et al. (2016). Um delineamento experimental completamente casualizado foi adotado em arranjo fatorial 4x3 tratamentos sendo o primeiro fator o tipo de amido (amidos extraídos de raízes de parreira-do-mato e rizomas do lírio-do-brejo, sementes de milho e tubérculos de batata, denominados de AP, AL, AM e AB, respectivamente). O segundo fator foi concentrações de glicerol (10, 20, 30 e 40%). Cada tratamento foi aplicado em triplicata.

Os filmes comestíveis foram elaborados baseando-se na técnica de casting, segundo Gomes et al. (2016). Inicialmente se prepararam soluções filmogênicas (SF) adicionando 2 g de amido em 100 mL de água destilada, acrescentadas de glicerol em porcentagem de 10 a 40%. Seguido de aquecimento à temperatura e tempo aproximadamente de 90 °C e 5 min, respectivamente. Após a gelatinização do amido, 25g da SF foi vertida em placas de Petri de polietileno de e desidratadas em estufa a 30 °C até atingir massa constante. Após a secagem, as placas contendo os filmes secos foram colocados em um dessecador contendo uma solução saturada de $Mg(NO_3)_2$.

A espessura foi medida com micrômetro manual externo, de precisão 0,01 mm, medindo nove pontos distintos, sendo um no centro do filme e os demais pontos distribuídos equitativamente próximos à borda dos filmes.

Para a determinação do comportamento mecânico dos filmes obtidos, foram feitas as análises de tração. Estas foram realizadas com o aparelho texturômetro Brookfield – texture analyser CT3 50K, seguindo o método padrão ASTM D-882-91 (ASTM, 2002).

Os efeitos do tipo de amido e concentração de glicerol nas propriedades dos filmes foram estudados aplicando análise de variância (ANOVA) nos resultados de espessura, deformação e tensão. Quando significativa a interação amido vs. concentração glicerol, aplicou-se teste de Duncan para a variável qualitativa tipo de amido e regressão não-linear para a variável quantitativa concentração de glicerol, ao nível de 5% de probabilidade.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Statistica 8.0 (STATSOFT, 2007).

Resultados e Discussão

Na tabela 1 o teste F da Tabela 1 mostra que não houve sinergismos entre os efeitos do tipo de amido e a concentração do glicerol sobre a espessura dos filmes elaborados, indicando que a variação desta propriedade se deve ao efeito individual de cada fator experimental aplicado. Entretanto, nesta Tabela 1 observa-se que na maioria dos casos houve interações entre o tipo de amido e o glicerol para as propriedades de deformação e tensão de ruptura, indicando que o efeito do tipo de amido depende da variação da concentração do glicerol e vice-versa.

TABELA 1 – Valores do teste F da análise de variância aplicada às propriedades dos filmes comestíveis elaborados a base de amidos nativo (parreira-de-mato e glicerol) e comercial (milho e batata) e glicerol.

Causas da variação	gl	Espessura	Deformação	Tensão
Glicerol	3	10,04**	2396,64**	234,70**
Amido: 10%	3	n.d.	15,39**	357,63**
Amido: 20%	3	n.d.	32,07**	43,42**
Amido: 30%	3	n.d.	8,36**	1,92 n.s.
Amido: 40%	3	n.d.	3177,65**	4,55**
Amido (A)	3	10,99**	804,35**	91,58**
Glicerol: P. do m.	3	n.d.	5,88**	50,39**
Glicerol: L. do b.	3	n.d.	1336,94**	18,05**
Glicerol: Milho	3	n.d.	46,57**	477,86**
Glicerol: Batata	3	n.d.	3436,36**	4,34*
Glicerol x Amido	9	1,23n.s.	809,71**	105,31**

P. do m. – parreira-do-mato; L. do b. – lírio-do-brejo. n.d. = não determinado.

* Significativo (valor-p < 0,05); ** Altamente significativo (valor-p < 0,01); n.s. não significativo (valor-p > 0,05).

O teste Duncan (Tabela 2) mostra que os valores médios de espessura dos filmes de amido de parreira-do-mato são mais finos (0,07 mm) que os demais filmes elaborados com amidos de lírio-do-brejo, milho e batata que apresentaram valores de espessura estatisticamente iguais (em torno de 0,12 mm). Este fato indica que o amido de parreira-do-mato interage melhor com o glicerol que os demais amidos, isto é, o glicerol inseriu-se com maior facilidade no espaço tridimensional do amido, produzindo filmes de menor espessura, independentemente da sua concentração.

TABELA 2 – Valores médios da espessura, deformação e tensão à ruptura de filmes comestíveis elaborados com amidos nativos de parreira-do-mato e lírio-do-brejo e comerciais de milho e batata e glicerol.

Concentração de glicerol (%)	Tipo de amido			
	Parreira-do-mato	Lírio-do-brejo	Milho	Batata
Espessura (mm)				
10	0,07±0,00	0,08±0,01	0,09±0,00	0,09±0,00
20	0,07±0,01	0,13±0,01	0,11±0,02	0,09±0,01
30	0,07±0,01	0,13±0,06	0,11±0,02	0,10±0,01
40	0,08±0,00	0,16±0,01	0,17±0,06	0,14±0,04
Média	0,07±0,01b	0,13±0,04a	0,12±0,04a	0,10±0,03a
Deformação (mm)				
10	1,37±0,02ab	1,20±0,05bc	0,27±0,02a	1,00±0,02b
20	1,33±0,05cd	2,60±0,03a	1,60±0,04b	0,97±0,02b
30	1,00±0,04b	0,57±0,02a	1,37±0,05b	1,27±0,02c
40	0,73±0,01d	10,33±0,05b	2,30±0,02c	15,57±0,01c
Tensão (N/m ²)				
10	0,11±0,02c	0,10±0,02c	0,40±0,05a	0,04±0,05b
20	0,15±0,02a	0,06±0,01b	0,03±0,05b	0,04±0,02b
30	0,02±0,03bc	0,04±0,02a	0,02±0,01b	0,01±0,02c
40	0,04±0,02a	0,01±0,01bc	0,02±0,02bc	0,01±0,02c

A espessura é um fator muito importante e seu efeito reflete sobre a uniformidade, resistência, solubilidade e permeabilidade do filme. Ela se vê afetada pela variação da composição, pela quantidade e pela forma como é elaborada a solução filmogênica (HENRIQUE; CEREDA; SARMENTO, 2008; FONSECA; GONÇALVES, 2013).

Matta et al. (2011) em seus comentários sobre filmes de amido e glicerol referiram que durante a secagem das soluções filmogênicas a água evapora permitindo uma maior concentração de amido por área formadora de rede. A quantidade de goma utilizada, por seus teores, não contribuiu significativamente com o teor de sólidos, entretanto, o glicerol, além de contribuir com sólidos, altera a estrutura formada. O

glicerol atua interrompendo a formação de dupla hélice da amilose com fragmentos da amilopectina, reduzindo a interação entre as moléculas de amilose e amilopectina. A redução das associações diretas diminui a retração do gel e aumenta a espessura dos filmes, o que pode ter ocorrido contrariamente aos filmes elaborados com amido de parreira-do-mato.

Este fenômeno é visto melhor na Figura 1, isto é, de um modo geral, a variação da espessura tem uma relação direta com a concentração do glicerol, ela aumenta com o aumento da adição de plastificante na solução filmogênica. Nevena et al. (2010) também observaram este resultado em filmes a base de proteínas e glicerol.

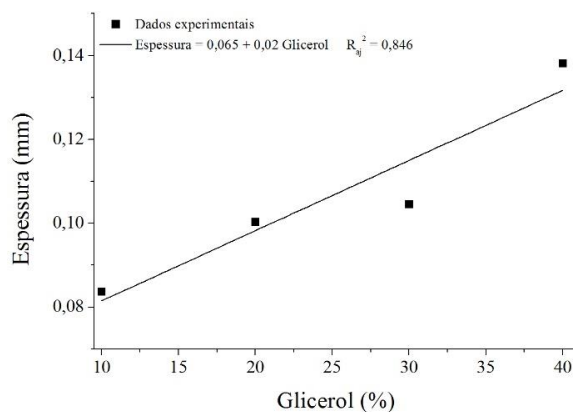


Figura 1 – Gráfico da relação da espessura com a porcentagem de glicerol.

As propriedades mecânicas dos filmes utilizadas para embalagens são dependentes de vários fatores, como por exemplo, composição, processo de fabricação, pois para a proteção de um alimento, a embalagem deve possuir as seguintes características: resistência ao impacto e atrito durante o transporte e ao armazenamento. O filme deve possuir um aspecto flexível para não fraturar facilmente durante uma deformação (PAES et al., 2010; ZAMUDIO-FLORES et al., 2006). Portanto, as propriedades mecânicas estão diretamente relacionadas a questões como perdas, segurança e a produtividade, bem como aos custos. Logo, essas propriedades são diretamente ligadas a problemas como perdas, segurança e produtividade, resultando em maiores custos na produção (SARANTÓPOULOS et al., 2002).

Em relação á deformidade houve uma variação de comportamento para cada tipo de amido o que pode ser observado na Figura 2. Para o filme de amido de parreira-do-mato e milho quase não houve variação, demonstrando um comportamento constante, indicando que a quantidade de glicerol adicionada à solução filmogênica não afetou significativamente a propriedade de deformação. Enquanto o de batata e lírio-do-brejo foram os que sofreram mais variação a 40% de glicerol. Porém na porcentagem de 10% de glicerol pelo teste de Duncan (Tabela 2) os tratamentos parreira-do-mato, lírio-do-brejo não obtiveram diferenças significativas.

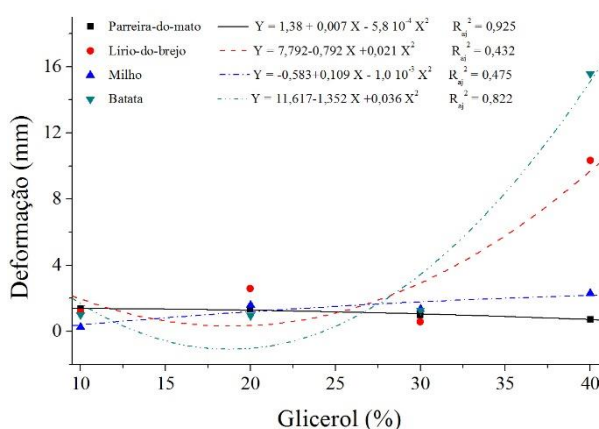


Figura 2 – Gráfico da relação da deformação com a porcentagem de glicerol.

Na Figura 3 observa-se a relação entre a tensão e a quantidade de glicerol. A tensão diminui á medida que foi aumentado à porcentagem de glicerol, principalmente observado nos filmes de amido de batata, demonstrando uma relação inversa entre glicerol e tensão. De acordo com o teste Duncan ($p < 0,01$) para tensão (Tabela 2), na porcentagem de 20 e 40% de glicerol não houve diferenças significativas entre os filmes de batata, milho e lírio-do-brejo.

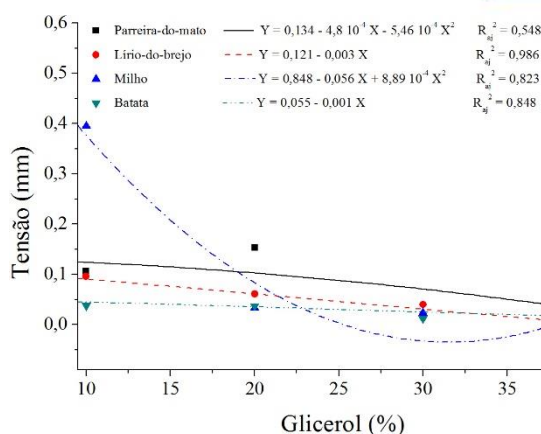


Figura 3 – Gráfico da relação da tensão com a porcentagem de glicerol.

Considerações Finais

Diante das condições deste trabalho, as características físicas e mecânicas dos filmes obtidos de plantas nativas do cerrado, nesse caso parreira-do-mato e lírio-do-brejo apresentam características semelhantes comparadas com os amidos convencionais, podendo ser utilizados como polímeros para a proteção e conservação de alimentos, além de serem utilizadas como películas na tecnologia de pós-colheita.

Agradecimentos

Ao Programa de Concessão de Bolsa de Incentivo ao Pesquisador (BIP) pela bolsa concedida e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg) pelo financiamento do projeto.

Referências

ALMEIDA, D.M. et al. Propriedades físicas, químicas e de barreira em filme formados por blenda de celulose bacteriana e fécula de batata. *Polímeros*, v.23, n.4, p.538-546, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/polimeros.2013.038>>. Acesso em: 16 ago. 2018. doi: 10.4322/polimeros.2013.038.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting – D 882-02. Annual book of ASTM, Philadelphia: ASTM, 2002.

ASCHERI, D.P.R.; MOURA, W.S.; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. Caracterização física e físico-química dos rizomas e do amido do lírio-do-brejo



(Hedychium coronarium). Pesquisa Agropecuária Tropical, v.4, n. 2, p. 159-166, 2010.

CAMPOS, C.; GERSCHENSON, L.; FLORES, S. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. Food and Bioprocess Technology, New York, v. 4, n. 6, p. 849- 875, 2011.

FONSECA, L. M.; GONÇALVES, J. R. Modificação química de amido de batata para produção de filmes biodegradáveis. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2013.

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, v. 37, n. 4, p. 1897-1910, 2016.

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 do Alimento, Campinas, v. 28 n.1 p. 231-240, 2008.

KIM, J. H. et al. Self-assembled glycol chitosan nanoparticles for the sustained and prolonged delivery of antiangiogenic small peptide drugs in cancer therapy. Biomaterials, New York, v. 29, n. 12, p. 1920-1930, 2008.

LIMA, A. M. F.; ANDREANI, L.; SOLDI, V. Influência de adição de plastificante e do processo de reticulação na morfologia, absorção de água e propriedades mecânicas de filmes de alginato de sódio. Química Nova, v. 30, n.4, p. 832-837, 2007.

MACHADO, B. A. S. et al. Obtenção de nanocelulose da fibra de coco verde e incorporação em filmes biodegradáveis de amido plastificados com glicerol. Química Nova, São Paulo, v. 37, n. 8, p. 1275-1282, 2014.

MARTINS, M. P. Desenvolvimento e caracterização de filme de fécula de mandioca (Manihot esculenta) reforçado com nanocelulose extraída de resíduo de pupunha (Bactris gasipaes Kunth). Dissertação no Curso de Engenharia de Alimentos - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

MATTA Jr., M.; SARMENTO, S. B. S.; SARANTOPOULOS, 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, v. 21, n. 1, p. 67-72, 2011.

MATTEI, D. et al. Análises das propriedades físicas e antimicrobianas de filmes à base de amido contendo óleo essencial de Tetradenia riparia (Hochst.) Codd e



Rosmarinus officinalis L. - LAMIACEAE. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar, Umuarama, v. 16, n. 2, p. 129-136, 2013.

NEVENA T. N.; VLADISLAVA, M. Š.; VERA, L. L. Effect of glycerol content and ph value of film-forming solution on the functional properties of protein-based edible films. *Acta Periodica Technologica*, v. 2010, n. 41, p. 57-67, 2010.

ORTIZ, J.A.R. et. al. Análise do perfil de cristalinidade e microestrutura de bioplásticos de amidos adicionados de vermiculita. VII Workshop de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio. Embrapa Instrumentação, São Carlos, 2013.

PACHEKOSKI, W. M.; DALMOLIN, C.; AGNELLI, J.A. M. Blendas poliméricas biodegradáveis de PHB e PLA para fabricação de filmes. *Polímeros*, São Carlos, v. 24, n. 4, p. 501-507, 2014.

PAES, S. S. et al. Fracture mechanisms in biopolymer films using coupling of mechanical analysis and high speed visualization technique. *European Polymer Journal*, v. 46, n. 12, p. 2300–2309, 2010.

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

SHI, P.; LI, Y.; ZHANG, L. Fabrication and property of chitosan film carrying ethyl cellulose microspheres. *Carbohydrate Polymers*, Barking, v. 72, n. 3, p. 490-499, 2008.

ZAMUDIO-FLORES, P. B. et al. Films Prepared with Oxidized Banana Starch: Mechanical and Barrier Properties. *Starch - Stärke*, v. 58, n. 6, p. 274–282, 2006.