

PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FILMES BIODEGRADÁVEIS ATIVOS PRODUZIDOS POR EXTRUSÃO

Gardênia Martins de SOUSA¹; Manoel Soares SOARES JÚNIOR²; Fábio YAMASHITA³

Palavras-chave: filmes biodegradáveis, extrusão, propriedades mecânicas, sorbato de potássio

1. INTRODUÇÃO

Os filmes plásticos são utilizados em larga escala para embalar alimentos por serem disponíveis em grandes quantidades, a baixo custo e com boas características mecânicas e de barreira. A maior desvantagem destes materiais é o fato de não serem biodegradáveis, e estarem envolvidos em problemas de gerenciamento de resíduos municipais. (ROSA et al., 2004; THARANTHAN, 2003). Por esta razão, há um interesse crescente na utilização de polímeros biodegradáveis, que podem ajudar a minimizar o impacto ambiental dos plásticos sintéticos, a saber, o amido, que está disponível em grandes quantidades a partir de fontes renováveis (ZULLO; IANNACE, 2009).

A grande tendência na pesquisa e desenvolvimento das embalagens de amido está voltada para a combinação de amido e poliésteres biodegradáveis, produzidas através da tecnologia de co-extrusão e sopro; esta combinação permite a obtenção de materiais com estabilidade às condições ambientais e, mesmo que os poliésteres empregados apresentem valores comerciais acima dos polímeros convencionais, podem ser considerados como uma alternativa viável, já que podem ser usados em processos que permitem a escala industrial (MALI; GROSSMAN; YAMASHITA, 2010).

As propriedades mecânicas de filmes flexíveis estão associadas com o desempenho mecânico desses materiais durante o processamento, manuseio e estocagem. As propriedades de tração são úteis para identificação e caracterização de filmes flexíveis, com aplicação no desenvolvimento, na especificação e na avaliação da qualidade desses materiais (SARANTÓPOULOS et al., 2002). Filmes obtidos por extrusão podem apresentar um comportamento anisotrópico. Dessa forma, as propriedades de tensão no sentido do processamento (longitudinal) do

balão podem diferir das do sentido de expansão (transversal) do balão (SAKANAKA, 2007).

Há uma grande disponibilidade de substâncias aprovadas para serem utilizadas em alimentos e que atuam sobre os micro-organismos. Dentre os conservantes utilizados, o ácido sórbico e seus sais têm sido incorporados também em polímeros para produção de embalagens ativas (AZEREDO; FARIA; AZEREDO, 2000). No entanto, podem afetar as propriedades físicas (QUINTAVALLA; VICINI; 2002) e mecânicas (HAN, 2000) do filme obtido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A produção dos filmes biodegradáveis ativos e análises foram realizadas no Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Londrina. Para produção dos filmes, foram utilizados poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT) - Ecoflex® (BASF, Alemanha), farinha de arroz (Maeda, Brasil), glicerol e conservante sorbato de potássio (Sigma, USA). As concentrações de PBAT e farinha de arroz foram fixadas em 47 e 40%, respectivamente (SOARES JÚNIOR et al., 2010), e variaram-se as concentrações do conservante sorbato de potássio, de 1 a 5% (p/p), e glicerol.

Os ingredientes foram misturados manualmente, antes da extrusão. Na primeira etapa do processo, as misturas foram extrusadas e peletizadas em extrusora dupla rosca (BGM, modelo D-20, Brasil), utilizando-se um perfil de temperatura 90/120/120/120/120 °C e velocidade da rosca de 150 rpm. Na segunda etapa, os *pellets* foram novamente extrusados, em extrusora monorosca (BGM, modelo EL-25, Brasil) para formação de filme pela técnica de balão, utilizando-se o perfil de temperatura 90/120/120/130 °C e velocidade da rosca de 40 rpm.

As propriedades mecânicas de tração foram determinadas em um texturômetro Stable MicroSystems (modelo TATX2i, Inglaterra), de acordo com os procedimentos descritos pela *American Society for Testing and Material D882-02* (ASTM, 2002). As seguintes propriedades de tração foram determinadas: tensão na ruptura (MPa), alongação na ruptura (%) e módulo de Young (MPa). Foram realizadas dez medidas por formulação e as amostras foram cortadas nos sentidos paralelo e transversal ao fluxo do filme.

Os resultados de tração foram avaliados por meio do Teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, utilizando-se o aplicativo Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados dos ensaios mecânicos em termos de tensão na ruptura (T), alongação na ruptura (ϵ) e módulo de Young (Y) dos filmes de farinha de arroz, PBAT, sorbato de potássio e glicerol, nos sentidos longitudinal e transversal, respectivamente.

Tabela 1. Médias das propriedades mecânicas (tensão na ruptura, alongação e módulo de elasticidade), no sentido longitudinal, dos filmes formulados com Ecoflex®, farinha de arroz, glicerol e sorbato de potássio.

Tratamento	Percentual dos Componentes (%)				T (MPa)	ϵ (%)	Y (MPa)
	Ecoflex®	Farinha de arroz	Glicerol	Sorbato de Potássio			
1	47	40	13	-	5,99 ^a	221 ^a	17,75 ^a
2	47	40	12	1	5,81 ^a	222 ^a	14,00 ^{ab}
3	47	40	11	2	5,60 ^a	260 ^a	15,01 ^{ab}
4	47	40	10	3	5,67 ^a	290 ^a	13,42 ^{ab}
5	47	40	9	4	5,88 ^a	300 ^a	11,52 ^b
6	47	40	8	5	5,43 ^a	315 ^a	11,37 ^b

O sentido do processamento não afetou a tensão na ruptura dos filmes. Costa (2008) avaliou as características de filmes de PBAT com amido termoplástico de mandioca e também afirmou que o sentido de corte das amostras não afetou a tensão na ruptura dos filmes.

Tabela 2. Médias das propriedades mecânicas (tensão na ruptura, alongação e módulo de elasticidade), no sentido transversal, dos filmes formulados com Ecoflex®, farinha de arroz, glicerol e sorbato de potássio.

Tratamento	Percentual dos Componentes (%)				T (MPa)	ϵ (%)	Y (MPa)
	Ecoflex®	Farinha de arroz	Glicerol	Sorbato de Potássio			
1	47	40	13	-	5,37 ^a	169 ^c	12,38 ^{ab}
2	47	40	12	1	5,86 ^a	266 ^{abc}	13,05 ^{ab}
3	47	40	11	2	4,39 ^a	207 ^{bc}	15,27 ^b
4	47	40	10	3	4,41 ^a	211 ^{ab}	14,78 ^b
5	47	40	9	4	4,59 ^a	315 ^a	14,88 ^b
6	47	40	8	5	5,33 ^a	301 ^{ab}	10,33 ^a

Já a presença do sorbato de potássio contribuiu nas propriedades de tração dos filmes. Flores et al. (2010), ao produzir filmes de amido de mandioca, glicerol, goma xantana e sorbato de potássio por extrusão, observaram que o antimicrobiano se comportou como um plastificante. Neste estudo, houve uma redução significativa ($p < 0,05$) no módulo de elasticidade, no sentido longitudinal, com o aumento da concentração do conservante. Isto implica em filmes com baixa rigidez e boa flexibilidade.

De acordo com Santana e Manrich (2005), as propriedades de tração dos filmes são influenciadas, no sentido longitudinal, pela relação entre a velocidade da rosca e a velocidade de tracionamento dos rolos de arraste. No sentido transversal, as propriedades de tensão são influenciadas pelo ajuste da pressão de ar de sopro, que faz com que haja expansão do filme com orientação transversal. No presente trabalho, a velocidade da rosca e a velocidade de tracionamento dos rolos foram mantidas constantes, mas o equipamento não permitia a manutenção da pressão de ar do sopro com precisão. Neste caso, houve considerável variação de alongação (169 a 315%), com maior valor para concentração de 4% de sorbato de potássio. Conseqüentemente, os menores valores de módulo de elasticidade obtidos no filme foram os que apresentam maiores concentrações do antimicrobiano (4 e 5%).

4. CONCLUSÃO

Os parâmetros de extrusão influenciam nas propriedades mecânicas dos filmes, com exceção da tensão na ruptura, que não foi afetada. O acréscimo de sorbato de potássio nas formulações fez com que os filmes apresentassem diminuição no módulo de elasticidade.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de mestrado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; AZEREDO, A. M. C. Embalagens ativas para alimentos. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 337-341, 2000.

- COSTA, D. L. M. G. **Produção por extrusão de filmes de alto teor de amido termoplástico de mandioca com poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT)**. 2008. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.
- FLORES, S. K.; COSTA, D.; YAMASHITA, F.; GERSCHENSON, L. N.; GROSSMANN, M. V. Mixture design for evaluation of potassium sorbate and xanthan gum effect on properties of tapioca starch films obtained by extrusion. **Materials Science and Engineering C**, v. 30, p. 196-202, 2010.
- HAN, J. H.; FLORES, J. D. Simulating diffusion model and determining diffusivity of sorbate potassium through plastics to develop antimicrobial packaging films. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 22, p. 107-122, 1998.
- MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.
- QUINTAVALLA, S.; VICINI, L. Antimicrobial food packaging in meat industry. **Meat Science**, v. 62, p. 373-380, 2002.
- ROSA, D. S.; GUEDES, C. G. F.; PEDROSO, A. G.; CALIL, M. R. The influence of starch gelatinization on the rheological, thermal, and morphological properties of poly(ϵ -caprolactone) with corn starch blends. **Materials Science and Engineering**, v. 24, p. 663-670, 2004.
- SAKANAKA, L. S. **Confecção de filmes biodegradáveis por extrusão de blendas de amido termoplástico e polibutileno succinato co-adipato (PBSA)**. 2007. 123p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.
- SANTANA, R.M.; MANRICH, S. Filmes tubulares de compósitos de termoplásticos pós-consumo: análise térmica e mecânica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 163-170, 2005.
- SARANTÓPOULOS, C. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades. Campinas: CETEA/ITAL, 2002.
- SOARES JÚNIOR, M. S. S.; SOUSA, G. M.; GROSSMANN, M. V. E.; SARANTOPOULOS, C.; DEL PINO, A. B.; CALIARI, M. Permeabilidade ao vapor de água de filmes biodegradáveis de farinha de arroz, poli (butileno adipato co-tereftalato) e glicerol produzidos por extrusão. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOOD EXTRUSION, 2., 2010, Rio de Janeiro. **Anais.. EMBRAPA**, 2010, 1 CD-ROM.
- STATSOFT. **STATISTICA for Windows - Computer program manual**. Tulsa: Statsoft Inc., 2004.
- THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science and Technology**, Oxford, v.14, p.71-78, 2003.
- ZULLO, R.; IANNACE, S. The effects of different starch sources and plasticizers on film blowing of thermoplastic starch: correlation among process, elongational properties and macromolecular structure. **Carbohydrate Polymers**, Barking: v. 77, p. 376-383, 2009.
- ¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos/UFG – gardeniams3@gmail.com
- ² Professor Doutor do Setor de Engenharia de Alimentos, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos/UFG - mssoaresjr@hotmail.com
- ³ Professor Doutor do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos/UEL – fabioy@uel.br.com