

15º Congresso Brasileiro de Polímeros
27 a 31 de outubro de 2019

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICA DE BIOFILMES DE GELATINA PLASTIFICADA

Samara D. Osorio^{1*}, Ruth M. C. Santana¹

1 - Departamento de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS
samara.osorio@ufrgs.br

Resumo: Polímeros sintéticos, como as embalagens, causam um enorme impacto ambiental proveniente da sua origem fóssil e alta estabilidade estrutural, bem como à poluição gerada pelo seu descarte. Assim torna-se necessário a substituição desses materiais por alternativas sustentáveis, como os biofilmes a partir de proteínas. O presente trabalho teve por objetivo desenvolver biofilmes de gelatina, via *Casting*, e avaliar as propriedades físicas e mecânica a partir de análises de espessura, colorimetria e brilho, umidade e ensaio mecânico de tração. Os resultados demonstraram que a gelatina é um biopolímero adequado a ser utilizado na formação de biofilmes, pois os mesmos apresentaram-se flexíveis, com uma espessura apropriada para aplicação em embalagens, além de boas propriedades ópticas e de resistência à tração. Ao analisar a umidade, foi verificado que os filmes absorveram mais água em decorrência da adição de plastificante.

Palavras-chave: *Impacto ambiental, embalagem, biofilme, gelatina, propriedades.*

EVALUATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BIOFILMS OF PLASTIC GELATIN

Abstract: Synthetic polymers, such as packaging, cause a huge environmental impact from its fossil origin and high structural stability, as well as the pollution generated by its disposal. Thus it becomes necessary to replace these materials with sustainable alternatives, such as biofilms from proteins. The objective of the present work was to develop gelatine biofilms, via *Casting*, and to evaluate the physical and mechanical properties based on analysis of thickness, colorimetry and gloss, moisture and mechanical tensile test. The results demonstrated that gelatine is a suitable biopolymer to be used in the formation of biofilms, since they were flexible, with a suitable thickness for application in packages, as well as good optical properties and tensile strength. When analyzing the humidity, it was verified that the films absorbed more water due to the addition of plasticizer.

Keywords: *Environmental impact, packing, biofilm, gelatine, properties.*

Introdução

Materiais plásticos, normalmente produtos de origem fóssil são considerados uma problemática ambiental, pois devido as suas características de alta massa molar e fortes ligações intermoleculares podem levar mais de 100 anos para degradar [1]. Mesmo quando degradado, os plásticos nunca deixam o ambiente, o mesmo continua presente como partes menores invisíveis a olho nu, chamadas de microplásticos, que estão sufocando a vida marinha e se propagando pela cadeia alimentar destes animais. Assim, a poluição dos oceanos com microplásticos têm se tornado um dos principais problemas ambientais da atualidade [2].

O setor de embalagens é muito importante, uma vez que garantem tanto a proteção, como a integridade dos produtos até a chegada aos consumidores, bem como a passagem de informações [3, 4]. No entanto, as embalagens são as maiores geradoras de resíduos plásticos e, como alternativa aos materiais sintéticos surgem os biofilmes. Este é um filme fino preparado a partir de produtos naturais, que age como barreira a elementos externos e, assim pode proteger o produto embalado de danos físicos e biológicos, além de aumentar a sua vida útil [5,6]. Dentre os materiais estudados, os

derivados de origem agropecuária despertam grande interesse, principalmente devido a sua disponibilidade, baixa toxicidade, biodegradabilidade, características filmogênicas, além do baixo custo [7]. Os polissacarídeos (amido e celulose), as proteínas (caseína, colágeno, soja e milho) e os lipídeos (monoglicerídeos acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácido graxo) são alguns materiais derivados de origem agropecuária que se destacam [3].

Os filmes elaborados a partir de proteínas são relevantes, pois possuem excelentes propriedades mecânicas, ópticas e sensoriais, porém são sensíveis à umidade e apresentam alto coeficiente de permeabilidade ao vapor d'água [6]. A gelatina possui um campo amplo de aplicações, incluindo a biologia, medicina, química e, predominantemente na indústria alimentícia e farmacêutica proveniente da sua capacidade de formar filmes [8]. Além disso, esta característica permite que a gelatina possa ser utilizada em embalagem e também como cobertura de frutas e hortaliças [6].

Para o bom desempenho de um biofilme, o emprego de algum tipo de plastificante é muito importante, pois o mesmo aumenta a mobilidade molecular fornecendo flexibilidade ao material [9]. Normalmente os plastificantes mais utilizados são poliois, como glicerol, em que se diferenciam basicamente pela sua estrutura química, massa molar e funcionalidade. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e caracterizar biofilmes à base de gelatina plastificada e avaliar a sua espessura média, colorimetria, absorção de água e também propriedade mecânica de tração.

Experimental

Neste trabalho foram utilizadas gelatina comercial como matriz polimérica, glicerol como plastificante e água como solvente. Os filmes foram obtidos pela metodologia de *Casting*, em triplicata. A solução de gelatina para elaboração dos biofilmes foi obtida hidratando-se 10 g de gelatina em 100 mL de água destilada durante 1 hora. Logo, a solução foi aquecida a 85 °C por 10 minutos. O glicerol foi adicionado em concentrações de 10%, 20% e 30%, em relação à massa da gelatina, sob agitação magnética até a sua homogeneização. Após o preparo das soluções, alíquotas de 30 mL da solução filmogênica foram distribuídas em placas de 25 cm x 18 cm e levadas à estufa, a 25 °C por 24 h, para a formação dos filmes. Após este período, as placas foram dispostas em dessecador por 24 h. A partir dos filmes foram preparados os corpos de prova para os testes propostos.

Espessura do filme

Para caracterizar a espessura média de cada filme foram realizadas três medições em pontos distintos e aleatórios utilizando um micrômetro, da marca Mainard e modelo M-73010.

Colorimetria e brilho

Utilizando um espectrofotômetro portátil BYK, analisaram-se os filmes, em triplicata. Foram avaliadas as propriedades de brilho (*gloss*), luminosidade e coloração através dos parâmetros adimensionais “L”, “a” e “b”, em concordância com a norma ASTM D2244-15 [10].

Umidade

Para determinar a umidade dos filmes, duas soluções salinas saturadas (cloreto de sódio e cloreto de potássio) foram empregadas de acordo com a norma ASTM E 104-02 [11], para fixar as umidades relativas de 75% e 85% (válidas para temperatura controlada de 20 °C), respectivamente e foram escolhidas porque o estado do Rio Grande do Sul possui umidade do ar entre estes dois valores [12]. Amostras de 2 cm x 2,5 cm foram submetidas ao ensaio a 60 °C em estufa durante 1 h e depois foram alocadas no dessecador por 24 h. Após a primeira pesagem, as amostras foram colocadas em recipientes previamente pesados, cuja a solução salina já estava preparada de acordo com a norma citada e, esses recipientes mantiveram-se na estufa a 30 °C durante todo o ensaio. A massa das amostras foi medida em um intervalo de 3 horas, totalizando 5 medições. Este ensaio foi realizado em triplicata e o cálculo da umidade foi efetuado com base nas diferenças de massa.

Ensaio Mecânico

A propriedade mecânica de resistência máxima à tração foi determinada de acordo com a norma ASTM D882-2012 [13]. Para cada filme, sete corpos de prova de 80 mm de comprimento e 25 mm de largura foram armazenados a temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $55 \pm 5\%$ por 24 h. Os corpos de prova foram então ensaiados em Máquina Universal de Ensaio Instron (Modelo 3367) com distância inicial de separação das garras e velocidade de realização do teste fixadas em 25 mm e 20 mm/min, respectivamente.

Resultados e Discussão

Propriedades físicas

Na Fig. 1 é apresentada a imagem das amostras dos filmes de gelatina sem e com plastificante. Os filmes de gelatina, em todas as concentrações, apresentaram-se transparentes e homogêneos, igualmente obtido por Fakhouri, Batista e Grosso [14] em filmes de gelatina, triacetina e ácidos graxos, além de não possuírem partículas de gelatina insolúvel.



Figura 1. Imagem dos filmes de gelatina sem e com plastificante (esquerda à direita).

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das propriedades físicas dos filmes de gelatina. O resultado para a análise de espessura média foi de 63 micras, este valor mostra que a metodologia *Casting* foi adequada, pois obteve-se valores de espessura semelhantes ao indicado para aplicação em embalagens [6,9]. Todos os filmes apresentaram elevados valores de luminosidade ($L^* \geq 89,71$), o que indica uma coloração clara destes materiais, também obtido por Fernandes et al. [15] em filmes a partir do concentrado proteico do soro do leite. Ao analisar os parâmetros a^* e b^* , que correspondem a cor vermelho (a^+) e verde (a^-) e, amarelo (b^+) e azul (b^-), respectivamente, foi visto que os filmes de gelatina possuem tendência a coloração amarelada, que está relacionada à presença de proteínas, como mencionado por Mahecha [16].

O brilho é uma propriedade que está diretamente relacionada à textura superficial do material e também é influenciado pela distribuição do tamanho das partículas utilizadas na formulação [16]. Assim, ao verificar o parâmetro G^* , foi visto que os filmes de gelatina apresentaram-se brilhosos, também obtido por Huilca [17] em filmes à base de gelatina, devido à uniformidade do tamanho das partículas e aos pequenos diâmetros médios, que proporcionam a obtenção de superfícies mais polidas e conseqüentemente mais brilhantes. Porém, tornaram-se menos brilhantes com o aumento da quantidade de glicerol, possivelmente devido à presença de mais lipídios na solução filmogênica.

Tabela 1. Espessura média e dados de colorimetria e brilho obtidos para os biofilmes de gelatina plastificada.

Teor de glicerol (%)	Espessura (micras)	G^*	L^*	a^*	b^*
0	70 ± 10	$141,5 \pm 7,90$	$91,98 \pm 0,44$	$-0,97 \pm 0,01$	$7,40 \pm 0,43$
10	66 ± 5	$138,1 \pm 1,90$	$89,71 \pm 0,07$	$-0,51 \pm 0,03$	$9,88 \pm 0,12$
20	53 ± 5	$121,5 \pm 5,75$	$90,11 \pm 0,43$	$-0,53 \pm 0,08$	$8,83 \pm 0,54$
30	63 ± 5	$118,0 \pm 0,32$	$90,92 \pm 0,33$	$-0,55 \pm 0,07$	$8,32 \pm 0,13$

Ao analisar a umidade dos filmes de gelatina plastificada, apresentada na Fig. 2, foi possível observar que os filmes tornaram-se mais hidrofílicos, conforme o aumento do teor de plastificante, também alcançado pelos grupos de Shimazu e Fernandes [9,15]. Isso porque, ao ter contato com a água, o glicerol favorece a absorção de umidade devido a sua higroscopicidade, proveniente de seus grupos hidroxila. Assim, o glicerol interage com a matriz do filme aumentando o espaço livre entre as cadeias, o que facilita a entrada da água e por consequência aumenta a umidade do material. Para mais, foi possível verificar que, com o aumento da umidade (de 75% para 85%), também aumentou a umidade dos filmes, como o esperado. Ao examinar as amostras após a realização do ensaio, foi possível notar que elas não perderam a sua integridade. Os filmes de gelatina com 10% e 20% de glicerol não absorveram, proporcionalmente, mais água com o aumento do plastificante e, essa variação pode estar relacionada ao efeito plastificante/antiplastificante. De acordo com Shimazu, Mali e Grossmann [9], dependendo da concentração em que os plastificantes são acrescentados, podem causar efeito contrário, denominado antiplastificante, isto é, diminuem a flexibilidade e hidrofílicidade. Geralmente, isso ocorre quando são adicionados pequenas concentrações de plastificante (abaixo 20 g/100 g matéria seca), dessa forma, o mesmo interage com a matriz polimérica mas não está em quantidade suficiente para aumentar a mobilidade molecular, fenômeno também dependente das condições de armazenamento do material.

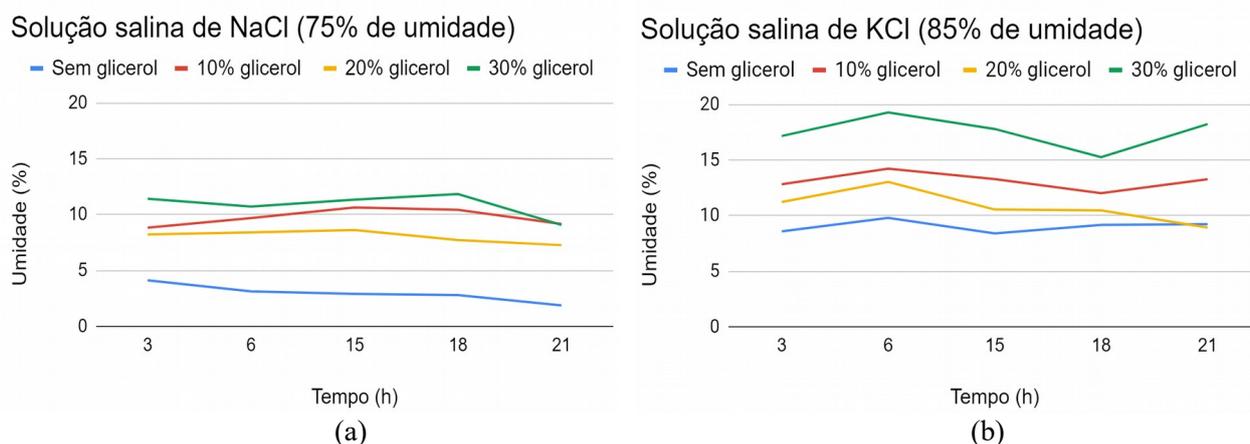


Figura 2. Umidade dos filmes com solução salina de: (a) NaCl e (b) KCl.

Os resultados do ensaio de tração mostraram que a presença de glicerol diminuiu a resistência à tração dos filmes e aumentou o alongamento dos mesmos, como pode ser verificado na Tabela 2, também obtido por Moore et al. [18] em filmes a partir de queratina.

Tabela 2. Propriedades mecânicas de biofilmes de gelatina plastificada.

Teor de glicerol (%)	Resistência à tração na ruptura (MPa)	Deformação na ruptura (%)
0	70,91 ± 8,45	5,53 ± 0,55
10	37,31 ± 0,64	5,96 ± 2,54
20	36,25 ± 5,68	6,03 ± 0,64
30	36,09 ± 4,94	8,63 ± 2,61

A incorporação de um plastificante altera a organização molecular tridimensional da rede proteica, diminuindo as forças de atração intermoleculares. Com isso, a rede torna-se menos densa e, conseqüentemente, a tensão de ruptura diminui e a deformação na ruptura aumenta. As propriedades mecânicas dos filmes dependem das interações entre os componentes, isto é, da

formação de ligações moleculares fortes ou numerosas entre as cadeias, além de serem influenciadas pelas condições ambientais, como temperatura e umidade relativa do ar.

Conclusões

A metodologia de preparo foi adequada, baseada na espessura obtida e na aplicação desejada. O glicerol é uma molécula pequena, de baixa volatilidade, que causa o aumento de flexibilidade, absorção de umidade e alongação, seguidos da diminuição na resistência mecânica. Os filmes obtidos neste trabalho apresentaram-se interessantes para aplicação como embalagem, visto que são flexíveis, transparentes, homogêneos, brilhantes, além de consideráveis propriedades mecânicas de resistência à tração.

Agradecimentos

Agradeço ao Laboratório de Materiais Poliméricos, LAPOL e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pela infraestrutura para realização deste trabalho.

Referências

1. Q. Wu; L. Zhang. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, [s. l.], p. 1879–1883, 2001.
2. M. L. Picchio et al. *Food Hydrocolloids*, [s. l.], v. 84, n. April, p. 424–434, 2018.
3. I. Majid; M. Thakur; V. Nanda. *Biodegradable Packaging Materials. In: Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. [s.l: s.n.].
4. A. P. M. Landim et al. *Polímeros*, [s. l.], v. 26, n. spe, p. 82–92, 2016.
5. C. A. A. Lucena. *Polímeros*, n. 27, p. 35-41, 2017.
6. F. M. Fakhouri et al. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, n.2, p. 369-375, 2007.
7. S. S. Farias et al. *Geonorte*, v.7, n. 26, p. 61-77, 2016.
8. C. Shi; F. Tao; Y. Cui. *International Journal of Biological Macromolecules*. v. 109, p. 863-871, 2018.
9. A. A. Shimazu; S. Mali; M. V. E. Grossmann. *Semina: Ciências agrárias*, v. 28, n. 1, p. 79-88, 2007.
10. *American Society for Testing Materials. ASTM D2244 Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates*, 11p., 2015.
11. *American Society for Testing Materials. ASTM E104-02 Standard Practice for Maintaining Constant Relative Humidity by Means of Aqueous Solutions*, 5 p., 2002.
12. Clima, Ufsm. Disponível em: < <http://coralx.ufsm.br/ifcrs/clima.htm> >
13. *American Society for Testing Materials. ASTM D882-12 Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*, 11 p., 2012
14. F. M. Fakhouri; J. A. Batista; C. R. F. Grosso. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 6, n. 2, p. 301-308, 2003.
15. A. P. S. Fernandes et al. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 45, n. 2, p. 192-199, 2015.
16. M. M. A. Mahecha, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2009.
17. P. V. P. Huilca, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2015.
18. G.R.P. Moore et al. *Matéria*, v. 10, n. 1, p. 8-13, 2005.