

Luíza Schmitz; Orestes Estevam Alarcon. Avaliação do Efeito da Incorporação da Cera de Carnaúba em Filmes Biopoliméricos: Uma Revisão Sistemática. In *Propriedades e Aplicações dos Biomateriais*, Editores Carlos Nelson Elias, Ana Karine Rocha de Andrade Nattrodt e Roberto Hirsch Monteiro. Edição digital 2022. **definir pela organização ISBN XXX, DOI YYY e pág.**

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA INCORPORAÇÃO DA CERA DE CARNAÚBA EM FILMES BIOPOLIMÉRICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Luíza Schmitz, Universidade Federal de Santa Catarina, luizaschmitz.rs@gmail.com, 0000-0002-2113-0619

Orestes Estevam Alarcon, Universidade Federal de Santa Catarina, orestes.alarcon@ufsc.br, 0000-0003-1235-8993

RESUMO

A mitigação dos problemas relacionados aos resíduos de embalagens plásticas se faz necessária e, por isso, embalagens de biopolímeros têm ganhado destaque. Os biopolímeros são alternativas mais sustentáveis do que os polímeros sintéticos utilizados atualmente, porém, embora seja uma possível solução para a redução da poluição plástica, um fator limitante para sua utilização nesse mercado é sua alta hidrofilicidade. Uma promissora solução para a aprimorar as propriedades de barreira ao vapor de água de filmes de biopolímeros pode estar nas folhas da palmeira *Copernicia Cerifera*. A cera de carnaúba presente nessas folhas é composta majoritariamente por uma mistura de ácidos graxos e álcoois de cadeia longa, que conferem a ela propriedades como o alto poder de hidrofobização. O presente artigo tem como hipótese que a incorporação de cera de carnaúba em filmes de biopolímeros pode aprimorar as propriedades de barreira ao vapor de água dos filmes, e consequentemente, ser uma alternativa sustentável à indústria de embalagens alimentícias. Para testar essa hipótese, este trabalho avaliou o efeito da incorporação da cera de carnaúba em filmes biopoliméricos, nas características mecânicas de resistência à tração, módulo de elasticidade e deformação na ruptura, e nas características físicas de solubilidade e permeabilidade ao vapor de água. Para tal, uma revisão sistemática da literatura foi realizada usando as bases de dados Scopus e Google Acadêmico, com as frases de busca “TITLE(Carnauba wax) AND TITLE(films) AND film AND barrier AND “Carnauba wax” -composite” e “Intitle:“Carnauba wax” intitle:“films” film barrier carnauba wax -composite” respectivamente. Foram incluídos na análise artigos originais escritos em inglês e português e publicados entre 1998 e 2022. As strings utilizadas nas bases de dados Google Acadêmico e Scopus retornaram 3 e 13 artigos, respectivamente. Todos os artigos encontrados estão de acordo com os critérios de inclusão. Como principais resultados, a incorporação da cera de carnaúba reduziu a solubilidade de seis de oito dos filmes dos artigos estudados, comprovando o efeito hidrofóbico da cera sobre os filmes. Esse efeito foi atribuído à insolubilidade da cera e a possível ligação dela com as matrizes poliméricas, reduzindo o volume livre entre as cadeias e consequentemente gerando uma estrutura mais coesa e com menos poros. Além da solubilidade, a redução da permeabilidade ao vapor de água também foi observada. Essa análise indica o grande potencial de aumento da hidrofobicidade com a incorporação da cera de carnaúba em filmes, objetivo deste trabalho. Não obstante, os efeitos mecânicos sobre os filmes foram majoritariamente inconclusivos, uma vez que há divergências significativas entre os artigos.

Palavras-chave: *Cera de Carnaúba. Biopolímeros. Hidrofobicidade.*

1 Introdução

A tecnologia de embalagens para alimentos está respondendo à demanda resultante do aumento populacional e crescimento do ramo de entrega de comida pela internet (NCUBE *et al.*, 2021; TYAGI *et al.*, 2021). De acordo com a European Bioplastics, o uso de biopolímeros em embalagens ocupou 48% do mercado global de biopolímeros, maior área de aplicação em 2021 (EUROPEAN BIOPLASTICS, 2021). Filmes de biopolímeros têm recebido atenção no setor de embalagens de alimentos não só por serem mais sustentáveis do que polímeros sintéticos, mas também devido às suas propriedades de barreira nas trocas gasosas e da manutenção da integridade dos produtos alimentícios (SHAHIDI *et al.*, 2022).

Entretanto, filmes baseados em biopolímeros possuem baixa propriedade de barreira à água, que limita suas aplicações, principalmente na indústria de alimentos (KADAR *et al.*, 2021). Revestimentos poliméricos podem ser utilizados para o aumento da hidrofobicidade de filmes, como o polietileno de baixa densidade, entretanto, além de serem resistentes a biodegradação, sua permeabilidade ao vapor de água é, em alguns casos, maior do que para revestimentos utilizados na indústria alimentícia (KYAW *et al.*, 2012; HAMILTON, 1967; WELLER, GENNADIOS, SARAIVA, 1998). Alguns revestimentos utilizados para o aumento da hidrofobicidade no campo de alimentos são óleos vegetais, cera de abelha, de candelila e de carnaúba.

A cera de carnaúba é obtida por meio do pó extraído das folhas da palmeira brasileira, a *Copernicia cerifera*, e é composta majoritariamente por uma mistura de ácidos graxos e álcoois de cadeia longa (XAVIER *et al.*, 2020). Não obstante, segundo a Food and Drug Administration (FDA), ela é considerada uma substância geralmente reconhecida como segura (GRAS), ou seja, seu uso em alimentos é seguro para o consumo (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2021). Cerca de 55% das ceras de origem vegetal comercializadas a nível mundial são oriundas da carnaubeira, produzida apenas em território brasileiro. Possui representatividade econômica regional, pois é produzida apenas no Nordeste e representatividade nacional, pois participa entre os principais produtos da pauta de exportações brasileiras, se destacando frente a outras ceras pelo volume de recursos gerados (CERQUEIRA; GOMES, 2015).

Dada a demanda crescente de embalagens de alimentos apresentada por Ncube *et al.* (2021) e Tyagi *et al.* (2021), fica evidente a busca por soluções para esse mercado ser mais sustentável. Portanto, este presente trabalho tem como hipótese que a incorporação da cera de carnaúba em filmes de biopolímeros pode ser uma alternativa sustentável à indústria de embalagens alimentícias. Para testar essa hipótese, este trabalho pretende avaliar o efeito da incorporação da cera de carnaúba em filmes biopoliméricos, nas características mecânicas de resistência à tração, módulo de elasticidade e deformação na ruptura, e nas características físicas de solubilidade e permeabilidade ao vapor de água, visando o aumento da hidrofobicidade e manutenção das propriedades mecânicas para a possibilidade de aplicação no campo de embalagens flexíveis.

2 Materiais e métodos

Uma revisão sistemática da literatura foi realizada usando as bases de dados Scopus e Google Acadêmico. Foram incluídos na análise artigos originais escritos em inglês e português e publicados entre 1998 e 2022. As *strings* de busca utilizadas são descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Strings para a seleção de estudos primários

Base de Dados	String Adaptada
Google Acadêmico	Intitle:"Carnauba wax" intitle:"films" film barrier carnauba wax - composite
Scopus	TITLE(Carnauba wax) AND TITLE(films) AND film AND barrier AND "Carnauba wax" -composite

Fonte: Autores (2022).

Os critérios de exclusão de estudos primários são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Critérios para a exclusão de estudos primários

Critério	Descrição do Critério de Exclusão de Estudos Primários
CE1	Artigos de revisão
CE2	Data de publicação anterior a 1998
CE3	Artigos fora do escopo do trabalho

Fonte: Autores (2022).

3 Resultados

As strings utilizadas nas bases de dados Google Acadêmico e Scopus retornaram três e treze artigos, respectivamente. Todos os artigos encontrados estão de acordo com os critérios de inclusão. Três artigos estão presentes em ambas as bases de dados, então treze artigos foram analisados no total.

Por meio da revisão sistemática dos artigos, foram buscadas evidências dos efeitos da cera de carnaúba nas propriedades de solubilidade em água, permeabilidade ao vapor de água e propriedades mecânicas de filmes de biopolímeros. Na Tabela 1 são apresentados os principais resultados da incorporação da cera de carnaúba na propriedade de solubilidade em água dos filmes. Os filmes controle se referem aos filmes sem a incorporação de cera de carnaúba e o melhor resultado da solubilidade em água do filme com cera de carnaúba se refere ao filme contendo cera de carnaúba com a menor solubilidade em água.

Tabela 1 - Melhores resultados da incorporação da cera de carnaúba na propriedade de solubilidade dos filmes

Autores	Solubilidade em água do filme controle (%)	Melhor resultado da solubilidade em água do filme com cera de carnaúba (%)
Galus <i>et al.</i> (2020)	45,53 ± 0,29	44,46 ± 0,53
Santos <i>et al.</i> (2014)	45,42	30,91
Chiumarelli; Hubinger (2014)	43,14 ± 0,70	27,50 ± 2,67
Weller; Gennadios; Saraiva (1998)	-	-
Xavier <i>et al.</i> (2020)	33,25 ± 0,72	28,53 ± 0,37
Rodrigues <i>et al.</i> (2014)	100.00 ± 5.33	80.19 ± 4.09
Talens; Krochta (2005)	-	-
Oliveira Filho <i>et al.</i> (2020)	60.7 ± 5.2	22.5 ± 3.7
Oliveira Filho <i>et al.</i> (2021)	26.41 ± 2.93	12.60 ± 1.23
Romani <i>et al.</i> (2020)	27.6 ± 0.2	28.6 ± 0.2
Haruna; Wang; Pang (2019)	-	-
Zhang; Simpson; Dumont (2018)	-	-

Santos <i>et al.</i> (2017)	-	-
-----------------------------	---	---

Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 2 são apresentados os principais resultados da incorporação da cera de carnaúba na propriedade de permeabilidade ao vapor de água dos filmes. Os filmes controle se referem aos filmes sem incorporação da cera de carnaúba e a maior barreira à permeabilidade ao vapor de água é referente ao melhor resultado da permeabilidade ao vapor de água com cera de carnaúba.

Tabela 2 - Melhores resultados da incorporação da cera de carnaúba na propriedade de permeabilidade ao vapor de água dos filmes

Autores	Permeabilidade ao vapor de água do filme controle (g.mm.kPa ⁻¹ .h ⁻¹ .m ⁻²)	Melhor resultado da permeabilidade ao vapor de água com cera de carnaúba (g.mm.kPa ⁻¹ .h ⁻¹ .m ⁻²)
Galus <i>et al.</i> (2020)	4.75 ± 0.10	3.45 ± 0.25
Santos <i>et al.</i> (2014)	4.29	2.35
Chiumarelli; Hubinger (2014)	-	-
Weller; Gennadios; Saraiva (1998)	9.07 ± 0.50	0.115 ± 0.007
Xavier <i>et al.</i> (2020)	-	-
Rodrigues <i>et al.</i> (2014)	5.99 ± 0.37	3.26 ± 0.22
Talens; Krochta (2005)	2.87 ± 0.22	1.29 ± 0.22
Oliveira Filho <i>et al.</i> (2020)	6.7 ± 0.4	3.6 ± 0.3
Oliveira Filho <i>et al.</i> (2021)	3.98 ± 0.25	2.92 ± 0.60
Romani <i>et al.</i> (2020)	9.6 ± 0.30	8.68 ± 0.24
Haruna; Wang; Pang (2019)	-	-
Zhang; Simpson; Dumont (2018)	1.32	~1.1
Santos <i>et al.</i> (2017)	2.18 ± 0.16	0.77 ± 0.07

Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 3 são apresentados os principais resultados da incorporação da cera de carnaúba na propriedade de resistência à tração dos filmes.

Tabela 3 - Melhores resultados da incorporação da cera de carnaúba na propriedade de resistência à tração dos filmes

Autores	Resistência à tração do filme controle (MPa)	Melhor resultado da resistência à tração com cera de carnaúba (MPa)
Galus <i>et al.</i> (2020)	1.65 ± 0.42	2.28 ± 0.72
Santos <i>et al.</i> (2014)	23.21	12.99
Chiumarelli; Hubinger (2014)	0.220 ± 0.015	1.067 ± 0.099
Weller; Gennadios; Saraiva (1998)	1.05 ± 0.09	1.54 ± 0.05
Xavier <i>et al.</i> (2020)	0,004 ± 0,001	0,010 ± 0,001
Rodrigues <i>et al.</i> (2014)	1.48 ± 0.09	1.51 ± 0.11
Talens; Krochta (2005)	2.9 ± 0.4	4.8 ± 1.0
Oliveira Filho <i>et al.</i> (2020)	6.9 ± 2.6	3.6 ± 0.2
Oliveira Filho <i>et al.</i> (2021)	3.00 ± 0.60	5.30 ± 0.68
Romani <i>et al.</i> (2020)	8.68 ± 0.19	5.49 ± 0.12

Haruna; Wang; Pang (2019)	-	-
Zhang; Simpson; Dumont (2018)	2.6 ± 0.2	0.96 ± 0.14
Santos <i>et al.</i> (2017)	-	-

Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 4 são apresentados os principais resultados da incorporação da cera de carnaúba na propriedade de deformação na ruptura dos filmes.

Tabela 4 - Melhores resultados da incorporação da cera de carnaúba na propriedade de deformação na ruptura dos filmes

Autores	Deformação na ruptura do filme controle (%)	Melhor resultado da deformação na ruptura com cera de carnaúba (%)
Galus <i>et al.</i> (2020)	142.0 ± 31.3	63.7 ± 19.5
Santos <i>et al.</i> (2014)	5.53	41.29
Chiumarelli; Hubinger (2014)	17.673 ± 0.342	24.217 ± 1.704
Weller; Gennadios; Saraiva (1998)	130.2 ± 6.9	167.9 ± 9.1
Xavier <i>et al.</i> (2020)	$10,31 \pm 5,44$	$14,67 \pm 4,22$
Rodrigues <i>et al.</i> (2014)	76.89 ± 5.26	136.25 ± 8.28
Talens; Krochta (2005)	-	-
Oliveira Filho <i>et al.</i> (2020)	119.0 ± 4.3	246.4 ± 30.5
Oliveira Filho <i>et al.</i> (2021)	247.5 ± 32.8	133.2 ± 61.9
Romani <i>et al.</i> (2020)	28.2 ± 3.4	26.3 ± 1.1
Haruna; Wang; Pang (2019)	-	-
Zhang; Simpson; Dumont (2018)	360 ± 10	350 ± 10
Santos <i>et al.</i> (2017)	-	-

Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 5 são apresentados os principais resultados da incorporação da cera de carnaúba na propriedade de módulo de Young dos filmes.

Tabela 5 - Melhores resultados da incorporação da cera de carnaúba na propriedade de Módulo de Young dos filmes

Autores	Módulo de Young do filme controle (MPa)	Melhor resultado do Módulo de Young com cera de carnaúba (MPa)
Galus <i>et al.</i> (2020)	0.26 ± 0.06	0.71 ± 0.15
Santos <i>et al.</i> (2014)	15.16	5.30
Chiumarelli; Hubinger (2014)	0.197 ± 0.019	0.077 ± 0.007
Weller; Gennadios; Saraiva (1998)	-	-
Xavier <i>et al.</i> (2020)	$0,0016 \pm 0,0007$	$0,0015 \pm 0,0004$
Rodrigues <i>et al.</i> (2014)	53.97 ± 2.24	24.10 ± 1.98
Talens; Krochta (2005)	41 ± 4	124 ± 29
Oliveira Filho <i>et al.</i> (2020)	-	-
Oliveira Filho <i>et al.</i> (2021)	-	-
Romani <i>et al.</i> (2020)	-	-
Haruna; Wang; Pang (2019)	-	-

Zhang; Simpson; Dumont (2018)	3.3 ± 0.4	3.2 ± 0.9
Santos <i>et al.</i> (2017)	-	-

Fonte: Autores (2022).

4. Análise e discussão

A incorporação da cera de carnaúba reduziu a solubilidade de seis de oito dos filmes dos artigos estudados, comprovando o efeito hidrofóbico da cera sobre os filmes. Esse efeito é atribuído à insolubilidade da cera devido às longas cadeias de hidrocarbonetos e a possível ligação da cera com as matrizes poliméricas, reduzindo o volume livre entre as cadeias e, conseqüentemente, gerando uma estrutura mais coesa e com menos poros (Galus *et al.*, 2020). Além da solubilidade, a redução da permeabilidade ao vapor de água também foi observada nos artigos, comprovando o benefício da cera sobre as propriedades de barreira dos filmes estudados. Segundo Weller; Gennadios; Saraiva (1998), Chiumarelli; Hubinger (2014), Santos *et al.* (2014), Galus *et al.* (2020) e Xavier *et al.* (2020) esse efeito da cera de carnaúba está relacionado com a redução do volume livre entre as cadeias poliméricas, dificultando a permeabilidade de moléculas de água e mantendo a integridade da estrutura polimérica.

A incorporação da cera de carnaúba teve um efeito majoritariamente de acréscimo da resistência à tração dos filmes. Os autores que observaram o aumento dessa propriedade atribuíram às ligações formadas pela cera com a matriz polimérica (Chiumarelli; Hubinger, 2014; Weller; Gennadios; Saraiva, 1998; Xavier *et al.*, 2020; Talens; Krochta, 2005; Oliveira Filho *et al.*, 2021). Já o oposto foi atribuído à fragilidade da cera e à imiscibilidade entre a cera e a matriz, promovendo descontinuidades nos filmes, reduzindo a resistência à tração (Zhang; Simpson; Dumont, 2018; Romani *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2014). Outros fatores além da cera também estão relacionados com as propriedades mecânicas, como as diferentes matrizes poliméricas, agentes plastificantes e os métodos de produção dos filmes.

Os filmes contendo cera de carnaúba obtiveram maior deformação na ruptura, em comparação com os filmes controle, em cinco dos artigos, sob justificativa do efeito plastificante de óleos, de plastificantes como glicerol e de emulsificantes como Tween-80 adicionados aos filmes juntos com a cera (Santos *et al.*, 2014; Chiumarelli; Hubinger, 2014; Weller; Gennadios; Saraiva, 1998; Rodrigues *et al.*, 2014; Oliveira Filho *et al.*, 2020). Nos outros dois artigos restantes ela foi reduzida devido à fragilidade da cera e dos pontos de tensão que os aglomerados de cera promoveram (Galus *et al.*, 2020; Oliveira Filho *et al.*, 2021).

O efeito da cera sobre a propriedade de módulo de Young dos filmes foi inconclusivo, pois dois resultados não são significativos, dois aumentaram essa propriedade e três reduziram. A redução dessa propriedade pode estar atrelado ao efeito plastificante, gerado pela descontinuidade dos lipídios ao longo do filme (Rodrigues *et al.*, 2014). Entretanto, o aumento dessa propriedade pode estar relacionado à dureza da cera de carnaúba, pela presença de ésteres de ácidos graxos insaturados hidroxilados com cerca de doze átomos de carbono na cadeia (Talens; Krochta, 2005).

5. Conclusões

Em suma, destaca-se o aprimoramento da barreira à permeabilidade ao vapor de água e a redução da solubilidade dos filmes com a incorporação da cera de carnaúba. Esse resultado, discutido na revisão sistemática, indica o grande potencial da incorporação da cera de carnaúba em filmes biopoliméricos para aplicações na indústria de embalagens. Embora sua influência nas propriedades mecânicas seja inconclusiva devido a presença de agentes plastificantes, os aglomerados, poros e descontinuidades nas

matrizes poliméricas causados pela cera de carnaúba podem refletir na diminuição da resistência à tração e da deformação na ruptura dos filmes.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina e à CAPES.

Referências

BORBA, LLS *et al.* Preparação de adsorventes à base de materiais naturais hidrofobizados com cera de carnaúba. 2013.

CERQUEIRA, Emilian Barro; GOMES, Jaíra Maria Alcobaça. Sociobiodiversidade, mercado e política de preços mínimos para pó e cera de carnaúba. *Revista ESPACIOS* | Vol. 36 (Nº 10), 2015.

CHIUMARELLI, Marcela; HUBINGER, Miriam D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food hydrocolloids*, v. 38, p. 20-27, 2014.

EUROPEAN BIOPLASTICS. Bioplastics market data. Disponível em: <<https://www.european-bioplastics.org/market/>>. Acesso em: 03 mar. 2022.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Food Additive Status List. Disponível em: <<https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/food-additive-status-list#collapse2014>> Acesso em: 03 mar. 2022.

GALUS, Sabina *et al.* Effects of Candelilla and Carnauba Wax Incorporation on the Functional Properties of Edible Sodium Caseinate Films. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 21, n. 24, p. 9349, 2020.

HAMILTON, R. L. Water vapor permeability of polyethylene and other plastic materials. **Bell System Technical Journal**, v. 46, n. 2, p. 391-415, 1967.

KADAR, Nur Aizatul Hidayah Abdul *et al.* A review on potential of algae in producing biodegradable plastic. **International Journal of Engineering Advanced Research**, v. 3, n. 1, p. 13-26, 2021.

KYAW, Bhone Myint *et al.* Biodegradation of low density polythene (LDPE) by *Pseudomonas* species. **Indian journal of microbiology**, v. 52, n. 3, p. 411-419, 2012.

NCUBE, Lindani Koketso *et al.* An overview of plastic waste generation and management in food packaging industries. **Recycling**, v. 6, n. 1, p. 12, 2021.

OLIVEIRA FILHO, Josemar Gonçalves de *et al.* New approach in the development of edible films: The use of carnauba wax micro-or nanoemulsions in arrowroot starch-based films. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 26, p. 100589, 2020.

OLIVEIRA FILHO, Williara Queiroz *et al.* Food packaging wastes amid the COVID-19 pandemic: Trends and challenges. *Trends in food science & technology*, v. 116, p. 1195-1199, 2021.

RODRIGUES, Delane C. *et al.* Influence of cassava starch and carnauba wax on physical properties of cashew tree gum-based films. *Food hydrocolloids*, v. 38, p. 147-151, 2014.

ROMANI, Viviane Patrícia *et al.* Cold plasma and carnauba wax as strategies to produce improved bi-layer films for sustainable food packaging. *Food Hydrocolloids*, v. 108, p. 106087, 2020.

SANTOS, Francisco Klebson Gomes dos *et al.* Effect of the addition of carnauba wax on physicochemical properties of chitosan films. *Materials Research*, v. 20, p. 479-484, 2017.

SANTOS, Talita M. *et al.* Physical properties of cassava starch–carnauba wax emulsion films as affected by component proportions. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 49, n. 9, p. 2045-2051, 2014.

SHAHIDI, Fereidoon; HOSSAIN, Abul. Preservation of aquatic food using edible films and coatings containing essential oils: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 62, n. 1, p. 66-105, 2022.

TALENS, Pau; KROCHTA, John M. Plasticizing effects of beeswax and carnauba wax on tensile and water vapor permeability properties of whey protein films. *Journal of Food Science*, v. 70, n. 3, p. E239-E243, 2005.

TYAGI, Preeti et al. Advances in barrier coatings and film technologies for achieving sustainable packaging of food products—a review. ***Trends in Food Science & Technology***, v. 115, p. 461-485, 2021.

WELLER, Curtis L.; GENNADIOS, Aristippos; SARAIVA, Raquel A. Edible bilayer films from zein and grain sorghum wax or carnauba wax. *LWT-Food Science and Technology*, v. 31, n. 3, p. 279-285, 1998.

XAVIER, Tálisson Davi Noberto *et al.* Filmes biopoliméricos baseados em fécula, quitosana e cera de carnaúba e suas propriedades. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 25, 2020.

ZHANG, Yi; SIMPSON, Benjamin K.; DUMONT, Marie-Josée. Effect of beeswax and carnauba wax addition on properties of gelatin films: A comparative study. *Food bioscience*, v. 26, p. 88-95, 2018.