

REVISTA TÓPICOS

FILMES BIODEGRADÁVEIS PARA EMBALAGENS DE ALIMENTOS: AVANÇOS RUMO À PLENA SUSTENTABILIDADE

DOI: 10.5281/zenodo.12564952

Maria de Moraes Lima

RESUMO

Muitos estudos estão focados no desenvolvimento de materiais que possam substituir os polímeros sintéticos derivados do petróleo em embalagens de alimentos, com ênfase na biodegradabilidade. Os filmes biodegradáveis têm se destacado por sua capacidade de decomposição natural, o que ajuda a reduzir significativamente a quantidade de resíduos plásticos no meio ambiente. O objetivo deste estudo é explorar os progressos tecnológicos no campo dos filmes biodegradáveis, com o intuito de fomentar a sustentabilidade ambiental. Pesquisas sugerem que os materiais biodegradáveis empregados nesses filmes podem promover avanços tecnológicos que ajudam a reduzir a poluição e os resíduos plásticos. No entanto, esses filmes ainda apresentam algumas desvantagens comparados aos plásticos convencionais. Conclui-se que, apesar dos desafios a serem enfrentados, os progressos recentes são encorajadores e representam uma contribuição significativa para a sustentabilidade.

Palavras-chave: filmes biodegradáveis, biopolímeros, sustentabilidade.

REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672

REVISTA TÓPICOS

1 INTRODUÇÃO

Recentemente, há um interesse crescente em polímeros biodegradáveis, impulsionado pela demanda por alimentos de qualidade, preocupações ambientais relacionadas ao descarte de materiais não renováveis em embalagens convencionais e pela oportunidade de desenvolver novos mercados para matérias-primas usadas na fabricação de filmes (YOUSSEF, 2015). Os filmes biodegradáveis são categorizados com base no tipo de biomolécula utilizada em sua formulação. Wei et al. (2015) citam que os filmes simples são feitos com apenas um tipo de biomolécula, enquanto os compostos são elaborados com dois ou mais tipos de biomoléculas.

Denavi et al. (2009) observam que os elementos-chave para a formação eficaz de filmes incluem polímeros de alta massa molecular (macromoléculas), solvente e plastificante. Esses componentes são essenciais para criar uma matriz resistente que adere bem às superfícies dos alimentos. Karbowiak et al. (2008) destacam que as interações intra e intermoleculares, assim como as ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas, desempenham um papel importante na formação dos filmes.

Os filmes são geralmente obtidos a partir de uma solução ou dispersão do agente formador de filme, seguido pela formação de uma camada fina utilizando técnicas como casting, extrusão, termoformagem, injeção, sopro, entre outras (GALDEANO et al., 2009). As propriedades e características dos filmes são influenciadas por vários fatores, como o método de fabricação do filme (incluindo pH, concentração do biopolímero e tratamento térmico da solução), tipo de polímero utilizado (estrutura,

REVISTA TÓPICOS

massa molecular e distribuição de carga) e condições ambientais (umidade relativa e temperatura) (FERREIRA et al., 2016).

Os materiais mais utilizados em filmes incluem polissacarídeos, proteínas e lipídios, como amido, celulose, alginato, gomas, quitosana, pectina, caseína, zeína, glúten, queratina, albumina, ceras e óleos minerais (DIÉGUEZ et al., 2015). Vários fatores têm impulsionado o aumento no uso de bioplásticos, como a redução das reservas de petróleo, o significativo impacto ambiental dos plásticos não biodegradáveis e não renováveis, além da volatilidade nos preços do petróleo (MARTINS et al., 2012).

Apesar do potencial dos biopolímeros para substituir parcialmente os plásticos convencionais, seu uso na indústria de embalagens enfrenta desafios devido à fragilidade, alta permeabilidade a vapores e gases, solubilidade em água, entre outros (MU et al., 2012). Este artigo, fundamentado em uma revisão abrangente da literatura nacional e internacional, analisa os avanços no desenvolvimento de filmes biodegradáveis, enfatizando seu papel na promoção da sustentabilidade ambiental. O objetivo deste estudo é explorar os progressos tecnológicos no campo dos filmes biodegradáveis, com ênfase em sua contribuição para a sustentabilidade.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Biopolímeros

REVISTA TÓPICOS

Biopolímeros são macromoléculas naturais produzidas por plantas, animais ou microrganismos. Esses biopolímeros naturais incluem polissacarídeos como amido, alginato, carragenina, celulose, quitina, quitosana, gelana, pectina, pululano, goma xantana, e também proteínas (PRIYADARSHI et al., 2022), que tornam os materiais de embalagem sustentáveis e completamente compostáveis. Portanto, os biopolímeros têm ganhado destaque recentemente como substitutos parciais dos polímeros sintéticos, impulsionados pela crescente preocupação ambiental (ZHONG et al., 2020). Suas principais vantagens incluem biocompatibilidade e biodegradabilidade, sendo que a degradação dos biopolímeros depende de diversos fatores como composição, ambiente, tipo de polímero e suas ligações químicas (VINOD et al., 2020).

Os polímeros derivados do petróleo são amplamente utilizados e conhecidos por causar sérios problemas ambientais devido à sua não biodegradabilidade. Assim, pesquisadores têm concentrado esforços no desenvolvimento de materiais de embalagem ecológicos a partir de recursos naturais como polissacarídeos e proteínas. No entanto, os filmes feitos de polímeros naturais geralmente apresentam propriedades menos desejáveis do que os polímeros sintéticos. Como resultado, estudos têm sido realizados para melhorar as propriedades dos filmes biodegradáveis através da incorporação de compostos bioativos que não apenas proporcionam propriedades antioxidantes e antimicrobianas, mas também melhoram, por exemplo, as propriedades mecânicas e de barreira dos filmes, sendo essenciais para as embalagens no setor de alimentos (BEIKZADEH et al., 2020; KOLA et al., 2023).

REVISTA TÓPICOS

2.2 Filmes biodegradáveis

Filmes biodegradáveis são produtos orgânicos feitos a partir de proteínas, polissacarídeos, lipídios e/ou seus derivados. São frequentemente empregados na fabricação de embalagens biodegradáveis, representando uma alternativa sustentável em relação às embalagens sintéticas (SOUZA et al., 2021). Neste estudo, serão destacados filmes à base de amido, goma xantana, quitosana e proteínas, que estão entre os materiais mais utilizados na elaboração de filmes biodegradáveis.

2.2.1 Filmes de amido

O amido é um polissacarídeo encontrado na forma de grânulos de reserva de carboidratos em diversas espécies vegetais como cereais, leguminosas e tubérculos. Sua composição varia de 30 a 90% do peso seco, dependendo da fonte vegetal (DENARDIN e SILVA, 2009). A proporção de amilose e amilopectina no amido nativo varia, sendo que o amido ceroso possui um baixo teor de amilose, geralmente abaixo de 15% (TESTER et al., 2004).

Os filmes feitos de amido são tipicamente hidrofílicos, quebradiços e apresentam baixa resistência mecânica, o que pode limitar suas aplicações (PELLISSARI et al., 2009). Uma estratégia para melhorar as propriedades desses filmes é utilizar misturas de polímeros (SHAHBAZI et al., 2016) e aditivos. Estudos mostram que a combinação de polímeros pode melhorar significativamente as propriedades dos filmes. Por exemplo, Shapi'i e Othman (2016) observaram que a adição de quitosana aumenta a resistência

REVISTA TÓPICOS

à tração de filmes de amido, que são naturalmente frágeis e têm baixa alongação.

No estudo de Lopez et al. (2014), a incorporação de quitosana e quitina na matriz de amido de milho resultou em uma diminuição significativa de até 56% na permeabilidade dos filmes ao vapor de água. Outra abordagem para melhorar as propriedades funcionais do amido é a modificação dos grânulos através de métodos químicos, enzimáticos ou físicos (ABBAS, 2010).

2.2.2 Filmes de proteínas

Filmes à base de proteína são conhecidos por apresentar melhores propriedades mecânicas e de barreira em comparação com filmes feitos de polissacarídeos, devido à sua estrutura que permite melhores propriedades funcionais (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Isso se deve principalmente à estrutura específica das proteínas e sua capacidade de formar ligações covalentes intermoleculares e ligações de hidrogênio (SOUSA, 2012).

Biopolímeros à base de proteínas têm sido amplamente estudados no desenvolvimento de filmes biodegradáveis devido às suas diversas propriedades desejáveis (PÉREZ-MATEOS et al., 2009). No entanto, esses filmes também apresentam algumas limitações, especialmente em relação à sensibilidade à umidade e às pobres propriedades de barreira ao vapor de água (GÓMEZ-ESTACA et al., 2016). Como destacado por Li et al. (2006), essas restrições podem ser desvantajosas em aplicações em produtos

REVISTA TÓPICOS

alimentares com alto teor de umidade, pois os filmes podem sofrer inchamento, dissolução ou desintegração em contato com a água.

As propriedades dos filmes proteicos podem ser influenciadas por diversos fatores como a fonte da proteína, o pH da solução proteica, a presença de plastificantes, as condições de preparação e os aditivos adicionados às soluções de formação dos filmes (PRODPRAN et al., 2007). Proteínas de origem animal e vegetal, como gelatina, proteínas miofibrilares de peixe e carne bovina, proteínas de soro de leite, glúten, zeína e proteína de soja, são amplamente utilizadas no desenvolvimento desses filmes biodegradáveis (PLÁCIDO, 2007).

Zavareze (2012) estudou filmes biodegradáveis à base de proteínas de peixe e observou que as proteínas de peixe apresentam propriedades interessantes na fabricação de filmes, como plasticidade, elasticidade e capacidade de formar redes. A autora também constatou, ao analisar filés de bagre embalados com filmes de proteína de peixe contendo nanocápsulas de hidrolisado proteico de peixe, uma redução na oxidação lipídica.

2.2.3 Filmes de quitosana

A quitosana é um polímero promissor com amplas aplicações em diversos campos (SZYMAŃSKA e WINNICKA, 2015). No setor de filmes e revestimentos comestíveis, a quitosana tem se destacado devido às suas propriedades tecnológicas adequadas para aplicação em alimentos, como biocompatibilidade, propriedades antimicrobianas, permeabilidade seletiva

REVISTA TÓPICOS

a gases (CO₂ e O₂), boa aparência estética, atoxicidade, não poluição e baixo custo (ELSABEE e ABDU, 2013). Entretanto, este polímero apresenta algumas limitações, como alta permeabilidade ao vapor de água, devido à sua natureza hidrofílica (SHARIATINIA e FAZLI, 2015).

Nos últimos anos, as misturas de quitosana com polímeros não iônicos têm recebido muita atenção devido às propriedades físico-químicas melhoradas em comparação com o polímero puro. Para melhorar as propriedades dos filmes à base de quitosana, diversos estudos têm sido realizados utilizando misturas com outros polímeros (BELLINI et al., 2015). Youssef et al. (2015) investigaram as propriedades mecânicas e antibacterianas de filmes de quitosana/nanocompósitos. Martins et al. (2012) estudaram a influência do α -tocoferol nas propriedades físico-químicas de filmes à base de quitosana. Casariego et al. (2009) exploraram o uso de nanopartículas de argila para melhorar as propriedades de filmes de quitosana.

Esses estudos demonstram o potencial das misturas de quitosana com outros polímeros para expandir as aplicações dos filmes biodegradáveis, superando algumas das limitações individuais da quitosana e oferecendo novas funcionalidades, como resistência mecânica aprimorada e propriedades antimicrobianas, essenciais para diversas aplicações industriais e de embalagens.

2.2.4 Filmes de goma xantana

A goma xantana, um polímero produzido por *Xanthomonas campestris*, tem mostrado grande potencial em diversas aplicações como emulsificante,

REVISTA TÓPICOS

espessante e estabilizante. Estudos demonstraram que a incorporação de goma xantana em filmes melhora significativamente as propriedades sensoriais e mecânicas dos filmes resultantes (BHATIA et al., 2024). Por exemplo, Lima et al. (2017) desenvolveram um filme composto por goma xantana, quitosana e hidrolisado de proteína de corvina, mostrando que a goma xantana contribuiu para melhorar as propriedades mecânicas do filme.

Bhatia et al. (2024), ao investigarem as propriedades estruturais, mecânicas, de barreira e antioxidantes de filmes comestíveis de pectina e goma xantana carregados com óleo essencial de toranja, observaram que a adição do óleo essencial melhorou as propriedades de barreira, mecânicas e antioxidantes dos filmes. Outro estudo envolveu a formulação de um filme composto por gomas arábica e xantana, carregado com óleo de capim-limão, resultando em melhorias na qualidade dos morangos e propriedades antioxidantes (WANI et al., 2021).

Fan et al. (2021) desenvolveram e avaliaram um filme comestível composto por pectina, alginato de sódio e goma xantana, mostrando que o filme compósito exibiu propriedades favoráveis e se apresentou como uma opção promissora para embalagens de alimentos.

Estudos como os de Matta Junior (2009), que investigaram filmes de amido de ervilha associados com goma xantana e glicerol, e os de Veiga-Santos et al. (2005), que avaliaram as propriedades mecânicas, atividade de água e hidrofobicidade de filmes de amido-goma, contribuem para o entendimento dessas aplicações. Além disso, Soares et al. (2005) estudaram a degradação

REVISTA TÓPICOS

térmica de filmes à base de goma xantana e amido de diferentes fontes, enquanto Ge et al. (2015) desenvolveram filmes à base de gelatina reticulada com dialdeído de goma xantana incorporado com montmorilonita, ampliando o conhecimento sobre as propriedades e aplicações da goma xantana em materiais biodegradáveis.

3 CONCLUSÃO

Considerando a literatura citada, conclui-se que os filmes biodegradáveis a base de amido, proteínas, quitosana e goma xantana representam uma alternativa promissora aos materiais sintéticos convencionais, oferecendo benefícios significativos para a sustentabilidade ambiental. O amido, amplamente disponível e econômico, é utilizado em filmes que, apesar de sua natureza hidrofílica e baixa resistência mecânica, podem ter suas propriedades aprimoradas através da combinação com outros polímeros e aditivos. As proteínas, com suas excelentes propriedades mecânicas e de barreira, apresentam desafios relacionados à sensibilidade à umidade, mas a adição de plastificantes e modificadores pode superar essas limitações. A quitosana, destacada por suas propriedades antimicrobianas e biocompatibilidade, é eficaz na formação de filmes comestíveis e revestimentos, embora necessite de misturas com outros polímeros para melhorar sua resistência ao vapor de água. A goma xantana, por sua vez, oferece flexibilidade e potencial para melhorar as propriedades mecânicas e de barreira dos filmes, especialmente quando combinada com outros biopolímeros.

REVISTA TÓPICOS

As inovações na combinação e modificação desses materiais são fundamentais para desenvolver filmes biodegradáveis com desempenho aprimorado, expandindo suas aplicações e contribuindo significativamente para a redução do impacto ambiental dos plásticos. Além disso, aumentar a conscientização sobre as vantagens dos filmes biodegradáveis e influenciar políticas públicas favoráveis pode incentivar a adoção de materiais sustentáveis, promovendo um futuro mais ecológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, K. A.; KHALIL, S. K.; HUSSIN, A. S. M. Modified starches and their usages in selected food products: a review study. *Journal of Agricultural Science*, 2, 90-100, 2010.

ACOSTA, S.; JIMENEZ, A.; CHAFER, M.; GONZALEZ-MARTÍNEZ, C.; & CHIRALT, A. Physical properties and stability of starch-gelatin based films as affected by the addition of esters of fatty acids. *Food Hydrocolloids*, 49, 135-143, 2015.

AQUINO, A. B.; BLANK, A. F.; AQUINO SANTANA, L. C. L. Impact of edible chitosan– cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. *Food Chemistry*, 171, 108-116. 2015.

BELLINI, M. Z.; OLIVA-NETO, P; MORAES, Â, M. Properties of films obtained from biopolymers of different origins for skin lesions therapy.

REVISTA TÓPICOS

Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 58, n. 2, p. 289-299, 2015.

BEIKZADEH, S.; KHEZERLOU, A.; JAFARI, S. M.; PILEVAR, Z.; MORTAZAVIAN, A. M. Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry. *Advances in colloid and interface science*, v. 280, p. 102164, 2020.

BHATIA, S.; AL-HARRASI, A.; SHAH, Y. A.; ALRASBI, A. N. S.; JAWAD, M.; KOCA, E.; MOHAN, S. Structural, mechanical, barrier and antioxidant properties of pectin and xanthan gum edible films loaded with grapefruit essential oil. *Heliyon*, v. 10, n. 3, 2024.

CASARIEGO, A.; SOUZA, B. W. S.; CERQUEIRA, M. A.; TEIXEIRA, J. A.; CRUZ, L.; DÍAZ, R.; VICENTE, A. A. Chitosan/clay films' properties as affected by biopolymer and clay micro/nanoparticles' concentrations. *Food Hydrocolloids*, v. 23, n. 7, p. 1895–1902, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: FAEPE, 2005. 2º edição. 783p.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Starch granules structure and its regards with physicochemical properties. *Ciência rural*, v. 39, p. 945-954, 2009.

DENAVI, G.; TAPIA-BLÁCIDO, D.R.; ANON, M.C.; SOBRA, P.J.A; MAURI, A.N.; MENEGALLI, F.C. Effects of drying conditions on some physical properties of soy protein films. *Journal of Food Engineering*, v.90, p.341-349, 2009.

REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672

REVISTA TÓPICOS

DIÉGUEZ, M. C. V.; PELISSARI, F. P.; SOBRAL, P. A.; MENEGALLI, F. C. Effect of process conditions on the production of nanocomposite films based on amaranth flour and montmorillonite. *LWT-Food Science and Technology*, v. 61, n. 1. p. 70-79, 2015.

ELSABEE, M. Z.; ABDOU, E. S. Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering*, v. 33, n. 4, p. 1819–1841, 2013.

FAN, Y.; YANG, J.; DUAN, A.; LI, X. Pectin/sodium alginate/xanthan gum edible composite films as the fresh-cut package. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 181, p. 1003-1009, 2021.

FERREIRA, A. R.; TORRES, C. A.; FREITAS, F.; SEVRIN, C.; GRANDFILS, C.; REIS, M. A.; ALVES, V. D.; COELHO, I. M. Development and characterization of bilayer films of FucoPol and chitosan. *Carbohydrate polymers*, v. 147, p. 8-15, 2016.

GALDEANO, M. C.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YMASHITA, F.; GARCÍA, M. A. Effects of plasticizers on the properties of oat starch films. *Materials Science and Engineering*, v. 29, n. 2, p. 532–538, 2009.

GE, L.; LI, X.; ZHANG, R.; YANG, T.; YE, X.; LI, D.; MU, C. Development and characterization of dialdehyde xanthan gum crosslinked gelatin based edible films incorporated with amino-functionalized montmorillonite. *Food Hydrocolloids*, v. 51, p. 129-135, 2015.

REVISTA TÓPICOS

GÓMEZ-ESTACA, J.; GAVARA, R.; CATALÁ, R.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P. The potential of proteins for producing food packaging materials: a review. *Packaging Technology and Science*, v. 29, p. 203-224, 2016.

KARBOWIAK T.; GOUGEON, R. D.; RIGOLET, S.; DELMOTTE, L.; DEBEAUFORT, F.; VOILLEY, A. Diffusion of small molecules in edible films: Effect of water and interactions between diffusant and biopolymer. *Food Chemistry*, v.106, n.4, p.1340-1349, 2008.

KOLA, V.; CARVALHO, I. S. Plant extracts as additives in biodegradable films and coatings in active food packaging. *Food Bioscience*, p. 102860, 2023.

LOPEZ, O.; GARCIA, M. A.; VILLAR, M. A.; GENTILI, A.; RODRIGUEZ, M. S.; ALBERTENGO, L. Thermo-compression of biodegradable thermoplastic corn starch films containing chitin and chitosan. *LWT-Food Science and Technology*, v. 57, n. 1, p. 106-115, 2014.

MARTINS, J. T.; CERQUEIRA, M. A.; VICENTE, A. A. Influence of α -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids*, v. 27, n. 1, p. 220–227, 2012.

MATTA JUNIOR, 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*, São Carlos, v. 21, n. 1, p. 1- 6, 2011.

REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672

REVISTA TÓPICOS

MU, C.; GUO, J.; LI, X.; LIN, W., LI, D. Preparation and properties of dialdehyde carboxymethyl cellulose crosslinked gelatin edible films. *Food Hydrocolloids*, v. 27, n. 1, p. 22-29 2012.

PELLISSARI, F. M.; GROSSMANN, M. V.; YAMASHITA, F.; PINEDA, E. A. G. Antimicrobial, mechanical, and barrier properties of cassava starch-chitosan films incorporated with oregano essential oil. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 57, n. 16, p. 7499-7504, 2009.

PÉREZ-MATEOS, M.; MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Formulation and stability of biodegradable films made from cod gelatin and sunflower oil blends. *Food Hydrocolloids*, v. 23, n. 1, p. 53-61, 2009.

PLÁCIDO, G. R. Extração, caracterização e uso da queratina de penas de frango para a obtenção de filmes biodegradáveis. Tese de Doutorado. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 128 p., 2007.

PRIYADARSHI, R.; ROY, S.; GHOSH, T.; BISWAS, D.; RHIM, J. W. Antimicrobial nanofillers reinforced biopolymer composite films for active food packaging applications-a review. *Sustainable Materials and Technologies*, v. 32, p. e00353, 2022.

PRODPRAN, T.; BENJAKUL, S.; ARTHAN, A. Properties and microstructure of proteinbased film from round scad (*Decapterus maruadsi*) muscle as affected by palm oil and chitosan incorporation.

REVISTA TÓPICOS

International Journal of Biological Macromolecules, v. 41, n. 5, p. 605–614, 2007.

SHAPI'I, R. A.; OTHMAN, S. H. Effect of concentration of chitosan on the mechanical, morphological and optical properties of tapioca starch film. International Food Research Journal, v. 23, n. suppl., p. S187-S193, 2016.

SHARIATINIA, Z.; FAZLI, M. Mechanical properties and antibacterial activities of novel nanobiocomposite films of chitosan and starch. Food Hydrocolloids, v. 46, p. 112- 124, 2015.

SOUSA, J. V. L.C.; CARVALHO, A, J.; PIMENTEL, M. M. N. S. C.; ANDRADE, R. C.; FIGUEREDO, C. S.; VIANA, S. N. A.; PEREIRA, T. D. R. S. Filmes biodegradáveis a base de amido—Mapeamento tecnológico Biodegradable starch-based films- Technological Mapping. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 9, p. 87635- 87646, 2021.

SOUSA, G. M. Desenvolvimento de filmes biodegradáveis ativos e aplicação na conservação de massa alimentícia fresca. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás - UFG, 89 p., 2012.

SZYMAŃSKA, E.; WINNICKA, K. Stability of chitosan—a challenge for pharmaceutical and biomedical applications. Marine drugs, v. 13, n. 4, p. 1819-1846, 2015.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Amido – composição, estrutura fina e arquitetura. Revista de ciência dos cereais, v. 2, pág. 151-165, 2004.

REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672

REVISTA TÓPICOS

VEIGA-SANTOS, P.; OLIVEIRA, L. M.; CEREDA, M. P.; ALVES, A. J.; SCAMPARINI, A. R. P. Mechanical properties, hydrophilicity and water activity of starch-gum films: effect of additives and deacetylated xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, v. 19, n. 2, p. 341–349, 2005.

VINOD, A.; SANJAY, M. R.; SUCHART, S.; JYOTISHKUMAR, P. Renewable and sustainable biobased materials: An assessment on biofibers, biofilms, biopolymers and biocomposites. *Journal of Cleaner Production*, v. 258, p. 120978, 2020.

WANI, S.M.; GULL, A.; AHAD, T.; MALIK, A.R.; GANAIE, T.A.; MASOODI, F.A.; GANI, A. Effect of gum Arabic, xanthan and carrageenan coatings containing antimicrobial agent on postharvest quality of strawberry: Assessing the physicochemical, enzyme activity and bioactive properties. *International journal of biological macromolecules*, v. 183, p. 2100-2108, 2021.

WEI, X.; PANG, J.; ZHANG, C.; YU, C.; CHEN, H.; XIE, B. Structure and properties of moisture-resistant konjac glucomannan films coated with shellac/stearic acid coating. *Carbohydrate polymers*, v. 118, p. 119-125, 2015.

YOUSSEF, A. M.; ABOU-YOUSEF, H.; EL-SAYEDC, S. M.; KAMEL, S. Mechanical and antibacterial properties of novel high performance chitosan/nanocomposite films. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 76, p. 25-32, 2015.

REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672

REVISTA TÓPICOS

ZAVAREZE, E. R. Aplicação de hidrolisado proteico com peptídeos bioativos nanoencapsulados em filmes elaborados a partir de proteínas de pescado. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande-RS, 2012.

ZHONG, Y.; GODWIN, P.; JIN, Y.; XIAO, H. Biodegradable polymers and green-based antimicrobial packaging materials: A mini-review. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, v. 3, n. 1, p. 27-35, 2020.