

Propriedades mecânicas de filmes à base de polissacarídeos para embalagens de alimentos: uma revisão

Mechanical properties of polysaccharide-based films for food packaging: a review

Augusto Bacca^{ab}  cabaccag@unal.edu.co

Diana Edith Molina-Soler^b  diana.molina@unad.edu.co

Beatriz Guevara-Guerrero^{bc}  beatriz.guevara@unad.edu.co

^aUniversidad Nacional de Colombia.

^bUniversidad Nacional Abierta y a Distancia.

^cUniversidade de São Paulo.

Recibido: 05/04/2023 Aceito:13/06/2023

Citar, APA: Bacca, A., Molina-Soler, D. E. y Guevara-Guerrero, B. (2023). Propriedades mecânicas de filmes à base de polissacarídeos para embalagens de alimentos: uma revisão. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10 (1), 68–84. <https://doi.org/10.23850/24220582.5589>

Sumário Em busca de encontrar alternativas que permitam diminuir o uso indevido de polímeros derivados de hidrocarbonetos e seus efeitos colaterais com o meio ambiente. O objetivo da seguinte revisão bibliográfica sistemática foi comparar o comportamento mecânico à tração de filmes feitos com quitosana, amido de batata e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), utilizados para a embalagem de produtos alimentícios, comparação de valores médios da tensão de tração, módulo de elasticidade e deformação à ruptura. A busca foi realizada no SCOPUS, Science Direct, Scielo a nível nacional (Colômbia) e repositórios da Universidad Nacional Abierta y Distancia (UNAD) e Universidad Nacional de Colombia (UNAL) durante 2013 – 2022, implementando diferentes equações de busca. A partir do estudo bibliográfico, foi analisado que a HPMC apresenta as melhores propriedades mecânicas de tração (tensão de tração: 32,44 MPa; deformação à ruptura: 17,37 %; módulo de elasticidade: 305 MPa), seguida de perto pela quitosana (tensão de tração: 32,01 MPa; deformação à ruptura: 15,5 %; módulo de elasticidade: 303,5 MPa) e, finalmente, amido de batata (tensão de tração: 10,56 MPa; deformação à ruptura: 11,89 %; módulo de elasticidade: 395 MPa). Espera-se que esta revisão de literatura promova o desenvolvimento e aplicação de filmes à base de polissacarídeos para embalagens de alimentos pela indústria como uma estratégia para resolver problemas ambientais e para suas propriedades mecânicas ótimas.

Palavras-chave: Quitosana, amido de batata, hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), tensão de tração, deformação à ruptura, módulo de elasticidade.

Abstract Seeking to find alternatives to reduce the misuse of polymers derived from hydrocarbons and their side effects on the environment. The aim of the following systematic literature review was to compare the tensile mechanical behavior of films made with chitosan, potato starch and hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), used for packaging food products, comparing their average values of tensile stress, modulus of elasticity and deformation in breaking. The search was carried out in SCOPUS, Science Direct, Scielo, during 2013 – 2022, implementing different search equations. From the bibliographical study, it was analyzed that HPMC presents the best tensile mechanical properties (tensile strength: 32,44 MPa; strain at break: 17,37 %; modulus of elasticity: 305 MPa), closely followed by chitosan (tensile strength: 32,01 MPa; strain at break: 15,5 %; modulus of elasticity: 303,5 MPa) and, finally, potato starch (tensile strength: 10,56 MPa; strain at break: 11,89 %; modulus of elasticity: 395 MPa). It is hoped that this literature review will promote the development and application of polysaccharide-based films for food packaging by the industry as a strategy to solve environmental problems and for their optimal mechanical properties.

Keywords: Chitosan, potato starch, hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), tensile stress, strain at break, modulus of elasticity.

Introdução

Os alimentos são embalados e acondicionados para poderem ser conservados e agrupados durante o transporte e armazenamento, principalmente com polímeros, papelão, papel, metais, vidro e madeira. O mais exigível é o plástico flexível de origem fóssil, que representa 60 %, e o plástico rígido 18 %, por ser facilmente moldável, durável, leve e economicamente viável (ANDIGRAD, 2021). Greenpeace (2018), indica que 8,3 bilhões de toneladas de plástico foram produzidas desde 1950, das quais 9 % foram recicladas, 12 % foram queimadas e 79 % acabaram em aterros sanitários ou ecossistemas naturais, emitindo gases de efeito estufa e contribuindo desfavoravelmente para o aquecimento global.

Uma solução para esse problema é a utilização de biopolímeros obtidos de origem vegetal, animal e de microorganismos, como celulose, amidos e quitosana, que se destacam pelo fácil processamento, não toxicidade, biocompatibilidade e biodegradabilidade, além de sua dureza, flexibilidade, transparência e capacidade de incorporar agentes microbianos ou suplementos nutricionais, mas que apresentam menor barreira, propriedades mecânicas e térmicas em comparação com polímeros sintéticos (Villada *et al.*, 2007; Mondal *et al.*, 2013).

As propriedades mecânicas (tensão de tração, deformação à ruptura e módulo de elasticidade) de biopolímeros permitirá a identificação de seu comportamento e resistência sob diferentes condições de estresse, o que ajudará no controle do processo e qualidade de produção, para diversas aplicações e configurações dos testes mecânicos. A fim de mudar as tendências no uso de plásticos convencionais, esta pesquisa se concentra em comparar as informações obtidas em artigos científicos publicados entre 2013 e 2018, sobre a resistência mecânica à tração ou tensão de filmes de polissacarídeos de amido de batata, quitosana e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), devido ao seu alto interesse de pesquisa na embalagem, transporte e conservação de alimentos, e assim identificar o potencial de uso dessas embalagens em substituição às embalagens produzidas com polímeros convencionais.

Metodología

No presente estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática (Phillips *et al.*, 2018) nas plataformas, ScienceDirect, SCOPUS, Scielo em nível nacional (Colômbia) e repositórios da Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) e Universidad Nacional de Colombia (UNAL), implementando diferentes equações de busca, e publicadas no intervalo de tempo 2013 - 2022. As equações de busca aplicadas foram:

1) Mechanical AND (Films OR Film) AND Chitosan AND (Packing OR Packaging); 2) chitosan AND in:("col") AND PUBYEAR > 2012; 3) "chitosan AND film"; 4) "quitosano AND película"; 5) "(film OR films) AND chitosan"; 6) "TITLE-ABS-KEY (mechanical AND (films OR film) AND (hpmc OR hidroxipropilmetilcelulose OR cellulose) AND (packing OR packaging)); 7) "mechanical AND (films OR film) AND (hpmc OR hidroxipropilmetilcelulose OR cellulose) AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, "Colombia"))"; 8) " ("hpmc" OR "hidroxipropilmetilcelulose" OR "cellulose") AND ("film" OR "films") AND in: ("col") AND PUBYEAR > 2012 AND in: ("col") AND PUBYEAR > 2012"; 9) "TITLE-ABS-KEY (mechanical AND (films OR film) AND (hpmc OR hidroxipropilmetilcelulose OR cellulose) AND (packing OR packaging)); 10) "mechanical AND (films OR film) AND (hpmc OR hidroxipropilmetilcelulose OR cellulose) AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, "Colombia"))"; 11) " ("hpmc" OR "hidroxipropilmetilcelulose" OR "cellulose") AND ("film" OR "films") AND in: ("col") AND PUBYEAR > 2012 AND in: ("col") AND PUBYEAR > 2012"; 12) " ("hpmc" OR "hidroxipropilmetilcelulose" OR "cellulose") AND (film OR films) AND in: ("col") AND PUBYEAR > 2012 AND in: ("col") AND PUBYEAR > 2012". A literatura científica que atendeu aos critérios supracitados foi selecionada e as informações coletadas foram organizadas.

Em seguida, cada um dos documentos foi examinado em busca de corroborar preliminarmente a relevância sobre o tema de interesse e a rastreabilidade na metodologia implementada para a caracterização das amostras. Com base nessas condições, obtém-se o seguinte

número de documento, do portal ScienceDirect e da compilação da pesquisa produzida a nível nacional.

Uma vez selecionados os documentos, compilou-se a informação básica para a comparação dos testes de esforço mecânico entre os diferentes polissacarídeos e as referências elementares da publicação para pesquisas futuras, com base nas seguintes categorias: Informações Básicas: Nome do artigo, autores, ano de publicação, periódico, número do volume. - Informações sobre Ensaio de Tração Mecânica: Tipo de caracterização (tensão de tração, Deformação à Ruptura e/ou Módulo de Elasticidade), norma implementada, equipamento utilizado para o ensaio, velocidade dos ensaios, condições ambientais e resultados obtidos. Nesse conjunto de publicações, implementou-se a análise gráfica qualitativa, a estatística descritiva, a análise multicritério e a análise de custo-benefício.

Resultados e discussão

Levando em conta os critérios de busca previamente declarados, um grande conjunto de documentos foi obtido (**Figura 1**), mas apenas 76 artigos para quitosana, 17 para HPMC e 18 artigos para amido de batata foram analisados, após a realização dos filtros relevantes. No caso da quitosana, aproximadamente 75 % dos artigos originalmente propostos foram descartados, 81 % foram retirados para HPMC e restaram apenas 32,7 % de amido de batata. Para obter o último filtro da revisão bibliográfica preliminar, não foram analisados os artigos com figuras de dados incompletos ou apresentação exclusiva do valor da força de tração (estes dados apresentam alta variabilidade devido ao efeito da área da seção transversal do filme ou amostra testada, cujas dimensões também não foram expostas no artigo). Ver o apêndice.

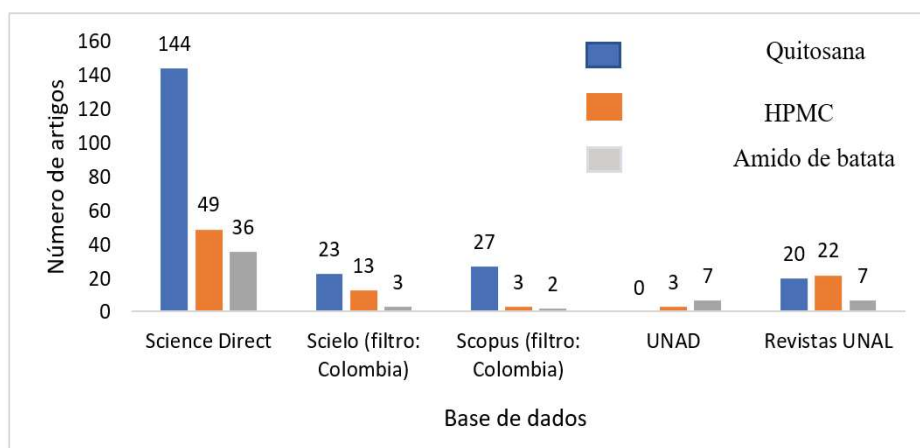


Figura 1

Número de artigos obtidos com o uso das equações

Nota. Elaboração própria.

A **Figura 2a** a seguir mostra a distribuição dos resultados dos valores médios da tensão de tração e deformação na ruptura, dos artigos examinados em ensaios de tração do polissacarídeo de quitosana. Qualitativamente, o gráfico apresenta alta densidade de resultados, principalmente abaixo de 60 % de deformação à ruptura (EB) e tensão de tração (TS) concentrada em valores inferiores a 100 MPa. Da mesma forma, destaca-se um grande número de valores, tanto de tensão à tração quanto deformação à ruptura, que se concentra principalmente abaixo de 50 % (com algumas exceções).

As informações sobre os valores de tensão de tração - TS e deformação à ruptura - EB, dos ensaios de tração em filmes com matriz HPMC são apresentadas na **Figura 2b**, sendo possível observar uma alta dispersão dos resultados atingindo valores aproximados de TS = 70 MPa e EB = 60 % de deformação.

Na **Figura 2c**, destaca-se o efeito oposto das propriedades mecânicas de EB e TS da fécula de batata, comprovando que quanto maior o valor

A **Figura 2d** mostra o conjunto de resultados dos valores médios de todos os testes em filmes de quitosana, HPMC e amido de batata, na faixa de tensão na ruptura entre 0 - 120 (%) e tensão de tração entre 0 - 80 (MPa), onde um conjunto maior de valores da relação tensão de tração (TS) e tensão na ruptura (EB) se destaca qualitativamente para o material quitosana, em comparação com os demais polissacarídeos examinados.

