



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

## CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIOPOLIMÉRICOS DE QUITOSANA COM ADIÇÃO DO *STARTER* DA KOMBUCHA

C. R. Quines<sup>1</sup>, G. A. Crepaldi<sup>2</sup>, A.C. Jacques<sup>3</sup>, C. M. de Moura<sup>4</sup>

1- Engenheira de Alimentos – Universidade Federal do Pampa – CEP: 96413-170 – Bagé – RS – Brasil, Telefone: 55 (53) 3240-5400 – e-mail: ([carolinyr.quines@gmail.com](mailto:carolinyr.quines@gmail.com))

2- Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96010-900 – Pelotas – RS – Brasil, Telefone: 55 (53) 3275-7385 – e-mail: ([gabrielaavellocreppaldi@gmail.com](mailto:gabrielaavellocreppaldi@gmail.com))

3 - Docente do Curso de Engenharia de Alimentos – Universidade Federal do Pampa – CEP: 96413-170 – Bagé – RS – Brasil, Telefone: 55 (53) 3240-3600 – e-mail: ([andressajacques@unipampa.edu.br](mailto:andressajacques@unipampa.edu.br))

4 - Docente do Curso de Engenharia de Alimentos e Programa Pós-Graduação Ciência Engenharia de Materiais (PPCEM) – Universidade Federal do Pampa – CEP: 96413-170 – Bagé – RS – Brasil, Telefone: 55 (53) 3240-3600 – e-mail: ([catarinamoura@unipampa.edu.br](mailto:catarinamoura@unipampa.edu.br))

**RESUMO** – As embalagens são essenciais para proteger os produtos, mas seu descarte inadequado pode causar impactos ambientais. A quitosana, um biopolímero renovável, é usada em filmes ativos, e a Kombucha, que é uma bebida fermentada com propriedades antioxidantes e antimicrobianas, pode ser incorporada, prolongando a vida útil dos alimentos. Este estudo teve como objetivo produzir três filmes de quitosana com diferentes concentrações de *starter* de Kombucha e comparar com um filme sem a adição da Kombucha. Foram avaliadas suas propriedades físicas, mecânicas e de barreira. Os resultados mostraram que os filmes adicionados de *starter* de Kombucha, tiveram maior espessura, menor resistência à tração e maior solubilidade em água reduzida, sendo mais adequados para alimentos com baixa atividade de água. Conclui-se que esses filmes têm grande potencial como embalagens ativas e sustentáveis.

**ABSTRACT** – Packaging is essential to protect products, but its improper disposal can cause environmental impacts. Chitosan, a renewable biopolymer, is used in active films, and Kombucha, which is a fermented beverage with antioxidant and antimicrobial properties, can be incorporated, extending the shelf life of food. This study aimed to produce three chitosan films with different concentrations of Kombucha starter and compare them with a film without the addition of Kombucha. Their physical, mechanical, and barrier properties were evaluated. The results showed that the films with the addition of Kombucha starter had greater thickness, lower tensile strength, and higher reduced water solubility, being more suitable for foods with low water activity. It is concluded that these films have great potential as active and sustainable packaging

**PALAVRAS-CHAVE:** embalagens ativas; biofilmes; sustentabilidade.

**KEYWORDS:** Active packaging; biofilms; sustainability.

### 1. INTRODUÇÃO

A embalagem de alimentos é crucial para o transporte, armazenamento e preservação, e o desenvolvimento de embalagens sustentáveis, especialmente à base de biopolímeros biodegradáveis, é essencial para o futuro da indústria (Jin *et al.* 2024). A problemática da crise ambiental, intensificada



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

pela persistência do uso de materiais como plástico, vidro e metal, demanda a adoção de alternativas sustentáveis, como o uso de polímeros de fontes vegetais ou renováveis (Liu; Li; Liao, 2025).

A quitosana, o principal derivado da quitina, é um polissacarídeo que surge como um aditivo valioso na produção de materiais para embalagens ativas pois trata-se de um biopolímero funcional, renovável, não tóxico e biodegradável, frequentemente empregado devido à sua habilidade na formação de película, bem como suas propriedades antimicrobianas e antibacterianas (Chandra; Kumar; Mahapatra, 2025; Kaya *et al.*, 2015; Pellis *et al.*, 2022).

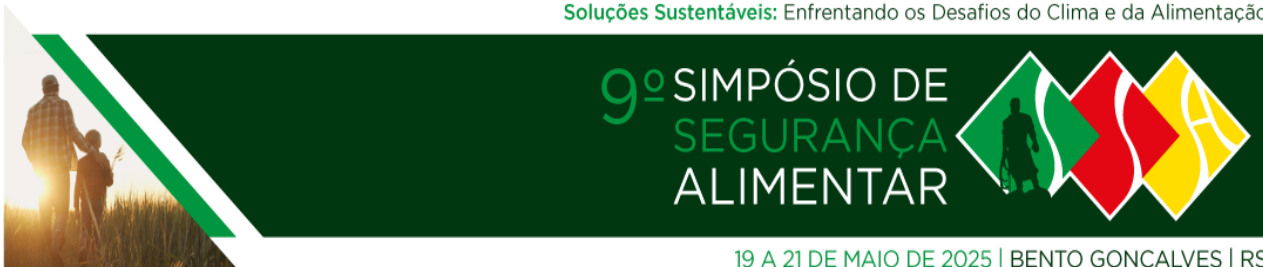
Uma alternativa para reduzir impactos ambientais e prolongar a vida útil de alimentos, seria a utilização de filmes para aplicação em embalagens, constituídas de biopolímeros, adicionados de extratos com propriedades funcionais e/ou terapêuticas. A Kombucha, bebida fermentada à base de chá verde ou preto, açúcar e SCOBY, pode ser incorporada nesses filmes na forma de extrato (*starter*), devido às suas propriedades antioxidantes, antimicrobianas, antidiabéticas e anticancerígenas (Aung; Kim, 2024; Patil *et al.*, 2024).

Para prever como um determinado filme irá se comportar em ambientes de armazenamento, transporte e estocagem, garantindo que o alimento embalado permaneça seguro, sem sofrer alterações, é necessário realizar a caracterização de diferentes propriedades dos filmes (Brazeiro; Imthon, 2021; Galindo, 2017). Portanto, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar o efeito da adição do *starter* da Kombucha na propriedade física, mecânica e de barreira em filmes biopoliméricos de quitosana elaborados pela técnica de *casting*.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Elaboração dos filmes

Foram produzidos três filmes biopoliméricos, com uma solução filmogênica de 100 mL, sendo eles: T1 (controle, sem *starter* de Kombucha e com 100% de ácido acético 1% v/v), T2 (com 50% de *starter* e 50% de ácido acético 1% v/v) e T3 (com 100% de *starter* de Kombucha). A Quitosana, matriz polimérica utilizada para a elaboração dos filmes, foi obtida comercialmente com massa molar de 170,7- 198,5 kDa e grau de desacetilação de 95,0% conforme dados estabelecidos pelo fabricante. A quantidade de quitosana e a quantidade de glicerol, agente plastificante, foi de 1,5 g e 0,3 g, respectivamente, para todos os tratamentos. Os filmes foram produzidos e analisados em triplicata, e a técnica de fabricação utilizada foi o *casting*, onde se aplica uma solução sobre uma superfície até a evaporação do solvente. A evaporação do solvente ocorreu durante o processo de secagem dos filmes, em estufa com circulação de ar forçada com velocidade de ar de 0,04 m/s, mantida a uma temperatura de aproximadamente 40°C, durante 48 h.



## 2.2 Caracterização dos filmes biopoliméricos

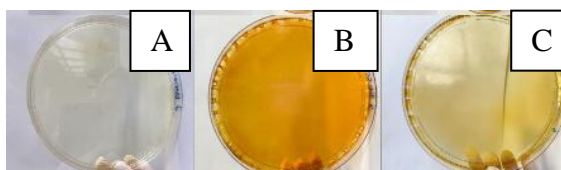
A espessura (e) foi analisada utilizando um micrômetro digital (Insize/IP65), seguindo o método descrito por Moura e colaboradores (2015). As propriedades mecânicas (PM), de resistência à tração (RT) e alongamento na ruptura (ER), foram avaliadas utilizando um texturômetro (TA.XT.plus Texture Analyser) de acordo a norma ASTM D882 (ASTM, 2000). A permeabilidade a vapor de água (PVA) foi realizada por meio do método gravimétrico à 25°C, utilizando o método padrão E96-E96M (ASTM, 2000). Por fim, a análise de solubilidade em água dos filmes foi determinada conforme a metodologia desenvolvida por Farhan e Hani (2017).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Aspecto visual

O aspecto visual dos filmes, quanto a cor e transparência, com as diferentes composições pode ser visualizado na Figura 1.

**Figura 1-** Aspecto visual dos filmes biopoliméricos: T1 (A), T2 (B) e T3 (C)



Fonte: Autora (2023)

O filme T1 apresentou tonalidade levemente amarelada, enquanto os filmes T2 e T3, com Kombucha, tiveram coloração mais intensa, sendo o T2 o mais escuro e menos transparente. A menor transparência pode estar ligada à interação entre Kombucha e ácido acético. O filme T3, sem ácido acético, apresentou tonalidade mais clara e maior transparência, indicando uma estrutura mais homogênea e potencial para futuras aplicações.

### 3.2 Espessura (e) e Resistência à Tração (RT) e Alongamento na Ruptura (ER)

Os resultados para as análises de espessura e propriedades mecânicas, onde analisou-se a resistência à tração (RT) e alongamento na ruptura (ER), podem ser observados na Tabela 1.

**Tabela 1-** Resultados para análises de espessura, resistência à tração e alongamento na ruptura

Filmes	Espessura (mm)	Resistência à tração (MPa)	Elongamento (%)
T1	0,12 ± 0,00 <sup>c</sup>	39,6 ± 9,57 <sup>a</sup>	54,78 ± 4,50 <sup>a</sup>
T2	0,22 ± 0,03 <sup>b</sup>	16,8 ± 4,67 <sup>b</sup>	51,64 ± 1,79 <sup>b</sup>
T3	0,26 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,10 ± 0,37 <sup>c</sup>	41,31 ± 2,69 <sup>c</sup>

Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes através de Teste Tukey (p<0,05). Onde T1= Filme de quitosana adicionado de ácido acético, T2= Filme de quitosana adicionado de ácido acético e Kombucha, T3= Filme de quitosana adicionado de Kombucha.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

Através da Tabela 1, percebe-se que conforme aumentou a quantidade de *Starter*, maior foi a espessura dos filmes, quando comparado com o filme controle, ou seja, o filme T3 teve a sua espessura aumentada em aproximadamente 116% quando comparado com T1. Além disso, os filmes T2 e T3, com adição de *Starter* de Kombucha em diferentes quantidades, não apresentaram diferença significativa através do Teste Tukey com 95% de confiança, enquanto o filme controle diferiu dos demais. Em um estudo conduzido por Dada e Rosa (2020), também foi observado um aumento da espessura com maior concentração de Kombucha, e, com isso, percebe-se que os valores encontrados estão de acordo com valores encontrados na literatura.

A análise de RT mostrou que o filme T1 foi o mais resistente, enquanto T3 foi o menos resistente, indicando que a adição de Kombucha reduziu a resistência à tração devido às interações com a quitosana. Todos os filmes apresentaram diferença significativa através do Teste Tukey com 95% de confiança. Já na análise de ER, T3 apresentou menor alongamento e se diferenciou estatisticamente, enquanto T1 e T2 não tiveram diferença significativa. Estudos anteriores também apontam que a adição de compostos pode afetar essas propriedades, sendo necessários mais estudos para entender melhor essas alterações (Sánchez- Gonzáles *et al.*, 2010).

### 3.3 Permeabilidade ao vapor de água (PVA)

Os resultados para a análise de permeabilidade ao vapor de água (PVA), através de células de permeação contendo cloreto de cálcio granulado, estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2-** Resultados para análise de Permeabilidade ao vapor de água (PVA)

Filmes	PVA ( $\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$ ) $\times 10^{-11}$
T1	$14,6 \pm 0,00^a$
T2	$7,52 \pm 0,00^c$
T3	$10,6 \pm 0,00^b$

Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes através de Teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Onde T1= Filme de quitosana adicionado de ácido acético, T2= Filme de quitosana adicionado de ácido acético e Kombucha, T3= Filme de quitosana adicionado de Kombucha.

A Tabela 2 mostra que o filme T2 teve menor permeabilidade, enquanto T1 apresentou maior PVA. A adição de Kombucha influenciou positivamente a PVA, especialmente com a interação entre *Starter* e ácido acético. Além disso, todos os filmes apresentaram diferença estatística através do Teste Tukey com 95% de confiança. O resultado para o filme T2 está de acordo com Quines, Jacques e Moura (2023), que encontraram um valor de PVA de  $7,26 \times 10^{-11} \text{ g.m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$  para filmes de quitosana adicionado de 30% de Kombucha e 70% de ácido acético. Além do mais, a PVA do filme



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

T3, intermediário entre T1 e T2, pode estar relacionado à interação dos grupos funcionais da quitosana com a Kombucha, exigindo mais estudos para melhor compreensão.

### 3.4 Solubilidade em água

Os valores encontrados para a análise de solubilidade em água, estão descritos na Tabela 3.

**Tabela 3-** Resultado para análise de Solubilidade em água

Filmes	Solubilidade em água (%)
T1	2,57 ± 0,33 <sup>c</sup>
T2	5,17 ± 0,14 <sup>b</sup>
T3	11,77 ± 0,53 <sup>a</sup>

Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes através de Teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Onde T1= Filme de quitosana adicionado de ácido acético, T2= Filme de quitosana adicionado de ácido acético e Kombucha, T3= Filme de quitosana adicionado de Kombucha.

A Tabela 3 mostra que o aumento da adição do *starter* de Kombucha nos filmes elevou sua solubilidade em água, com influência significativa conforme o teste estatístico. Segundo Silva, Lopes e Sales (2019), isso indica que os filmes com Kombucha são adequados para alimentos com baixa atividade de água, enquanto o controle é mais indicado para alimentos com alta atividade de água. Souza e colaboradores (2017) desenvolveram filmes de quitosana com antioxidantes naturais, incluindo óleos essenciais e extratos hidroalcoólicos. A incorporação dos extratos aumentou a solubilidade de 17% para 22%, comportamento semelhante ao observado nos filmes T1, T2 e T3.

## 4. CONCLUSÃO

A adição do *starter* de Kombucha aumentou a espessura dos filmes e prejudicou a RT e ER, sendo necessários mais estudos para entender a interação entre a quitosana e os componentes da Kombucha. A análise de PVA mostrou que o filme T2, com Kombucha, teve a menor permeabilidade, enquanto T1 teve a maior. Quanto à solubilidade, os filmes com Kombucha são ideais para alimentos com baixa atividade de água, e o filme controle, para alimentos com alta atividade de água. Com tudo isso, pode-se concluir que os filmes apresentam grande potencial para aplicação como embalagem ativa de alimentos, em que serão responsáveis por aumentar a vida útil do produto, além de contribuir para a redução de problemas ambientais que estão relacionados com a utilização de embalagens de materiais sintéticos.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D882. **Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting**. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 2000.

ASTM E96/E96M. **Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials**. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 2000.

AUNG, T; KIM, M. J. A comprehensive review on kombucha biofilms: A promising candidate for sustainable food product development. **Trends in Food Science & Technology**. Volume 144, 2024.

BRAZEIRO, F. S. G.; IMTHON, N. D. **Filmes biodegradáveis baseados em polissacarídeos e proteínas, extraídos de resíduos industriais para aplicação em embalagens de alimentos**: revisão sistemática da literatura. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Unipampa, Bagé, 2021.

CHANDRA, D. K.; KUMAR, A.; MAHAPATRA, C. Advanced nano-enhanced bioplastics for smart food packaging: Enhancing functionalities and Sustainability. **Cleaner and Circular Bioeconomy**, 2025.

DADA, A. P.; ROSA, C. I. L. F. Desenvolvimento de filmes comestíveis a base de amido de pinhão com incorporação de chá de kombucha. **Anais do 29º Encontro Anual de Iniciação Científica**, 2020.

FARHAN, A.; HANI, N. M. Characterization of edible packaging films based on semi-refined kappa-carrageenan plasticized with glycerol and sorbitol. **Food Hydrocolloids**, v. 64, p. 48-58, 2017.

GALINDO, M. V. **Filmes biodegradáveis de gelatina e quitosana com adição de óleos essenciais na conservação de presunto embalado a vácuo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

JING, J., LUO, B., XUAN, S., SHEN, P., JIN, PENG., WU, Z., ZHENG, Y. Degradable chitosan-based bioplastic packaging: Design, preparation and applications. **Int. J. Biol. Macromol.** 266, 2024.

KAYA, M., LELESÍUS, E., NAGROCKAITE, R., SARGIN, I., ARSLAN, G., MOL, A., BARAN, T., CAN, E., BITIM, B. Differentiations of chitin content and surface morphologies of chitins extracted from male and female grasshopper species. **PLoS ONE**, 2015.

LIU, I; LI, C; LIAO, Y. Sustainable multi-purpose bacterial cellulose composite for food packaging via facile successive infiltration. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, 2025.

MACKEEN, L. W. **Permeability properties and elastomers**. 3. ed. Elsevier, 2012.

MOURA, J. M, FARIAS, B. S, RODRIGUES, D. A. S., MOURA, C. M. Preparation of chitosan with different characteristics and its application for biofilms production. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 23, 2015.

PATIL, S. V., DULAIT, K., SHIRKOLE, S. S., THORAT, B. N., DESHMUKH, S. P. Dewatering and drying of Kombucha Bacterial Cellulose for preparation of biodegradable film for food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, Volume 280, Part 2, 2024.

PELLIS A, GUEBITZ G. M, NYANHONGO G. S. Chitosan: Sources, Processing and Modification Techniques. **Géis**, 8(7):393, 2022.

SÁNCHEZ- GONZÁLES, L. *et al.* Physical properties of edible chitosan films containing bergamot essential oil and their inhibitory action on *Penicillium italicum*. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, p. 277-283, 2010.

SILVA, Y. R. O.; LAPA, L. S. S.; SALES, P.F. Efeitos das variáveis na análise de espessura e solubilidade de filmes biodegradáveis de baixo custo. **Planeta Inovação**: Seminário de Iniciação Científica, Minas Gerais, 2019.

SOARES, A. L. F. **Estudo da permeabilidade em filmes de polietileno verde**. Trabalho de Diplomação (Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2012.