

# Filme proteico carreador de bioativos de gengibre: Perfil tecnológico para potencial aplicação em alimentos

**Palavras-Chave:** *Zingiber officinale*, compostos lipofílicos, microestrutura.

**Autores:**

**Guilherme de Paula, FEA– UNICAMP**

**Ramon Bocker, FEA– UNICAMP**

**Prof. Dr. Eric Keven Silva (orientador), FEA - UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO:

Nos últimos anos, a busca por materiais inovadores, biodegradáveis e sustentáveis para embalagens de alimentos tem crescido exponencialmente, impulsionada pela necessidade de reduzir o consumo de materiais plásticos não biodegradáveis. Nesse contexto, os filmes proteicos emergem como uma excelente inovação para atender a essa demanda atual. Além de oferecerem benefícios sustentáveis, esses filmes se destacam por serem comestíveis, o que representa um avanço significativo em termos de segurança alimentar e redução de resíduos. A capacidade de incorporar compostos bioativos nos filmes proteicos pode agregar valor nutricional e funcional às embalagens, aumentar a vida útil dos produtos e melhorar a segurança alimentar. Dessa forma, os filmes proteicos representam uma alternativa promissora e multifuncional às embalagens tradicionais, contribuindo significativamente para a sustentabilidade ambiental e a inovação no setor de embalagens (Gimenez, Mercadal, Alvarez Igarzabal, & González, 2024).

Os compostos bioativos do gengibre (*Zingiber officinale*), tais como gingerol e shogaol, possuem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas. A oleoresina de gengibre, rica nesses compostos, destaca-se como um ingrediente promissor para incorporação em filmes para alimentos (Kamaruddin et al., 2023). Sua inclusão pode não apenas prolongar a vida útil dos produtos alimentícios, mas também melhorar a segurança alimentar ao inibir o crescimento de microrganismos. Além disso, a oleoresina de gengibre pode adicionar valor nutricional e funcional às embalagens, alinhando-se com as tendências de sustentabilidade e inovação no setor de embalagens biodegradáveis (Garza-Cadena et al., 2023).

Neste contexto, esta pesquisa investigou o impacto da incorporação de oleoresina de gengibre sobre as propriedades de barreira, microestruturais e tecnológicas de filmes comestíveis a base de proteína de soja isolada com objetivo de avaliar potencial aplicabilidade em alimentos.

## METODOLOGIA:

**Ingredientes:** Para a produção dos filmes foram utilizados oleoresina de gengibre, proteína de soja isolada, glicerol e carboximetilcelulose e água destilada. As formulações de cada filme comestível foram descritas na Tabela 1.

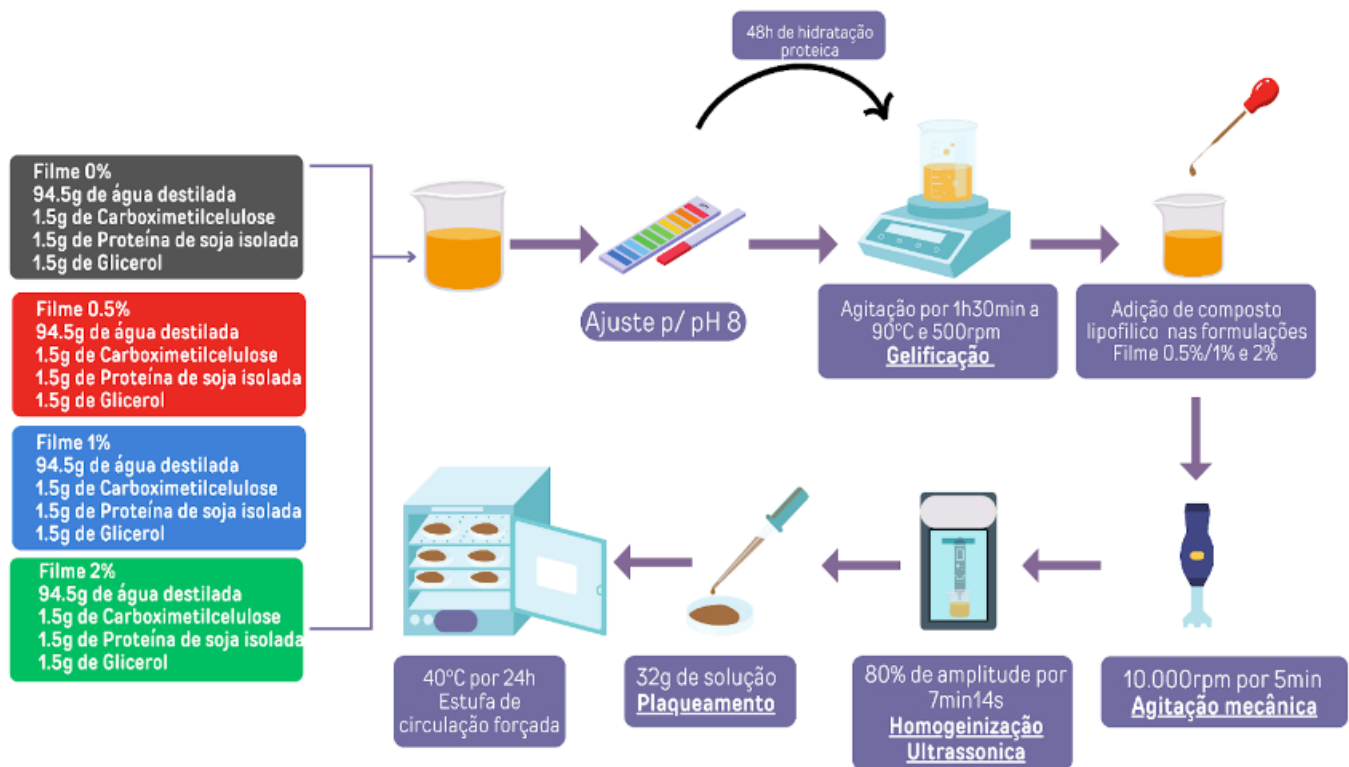
**Produção:** A Figura 1 apresenta as etapas para a produção dos filmes estruturados com proteína de soja isolada. As condições utilizadas foram as mesmas para todas as formulações. Primeiramente, proteína de soja isolada, glicerol,

carboximetilcelulose e a água destilada foram misturados em um Becker. O pH do meio foi ajustado para 8,0 e o recipiente foi tampado com plástico filme e condicionado a temperatura ambiente de 30 °C por 48 h.

**Tabela 1. Formulação dos filmes comestíveis estruturados com proteína de soja isolada.**

Formulação	Oleoresina de gengibre (g)	Glicerol (g)	Proteína de soja isolada (g)	Carboximetilcelulose (g)	Água destilada (g)
Filme 0%	0,0	1,5	1,5	1,5	95,5
Filme 0,5%	0,5	1,5	1,5	1,5	95,0
Filme 1%	1,0	1,5	1,5	1,5	94,5
Filme 2%	2,0	1,5	1,5	1,5	93,5

Passada a etapa de hidratação, as misturas foram aquecidas a 90°C e 500 rpm por 1h30min utilizando um agitador magnético. Em seguida, resfriou-se o sistema até temperatura ambiente, e então a oleoresina de gengibre foi acrescentada nas formulações de Filme 0,5%, Filme 1% e Filme 2%. Após a adição, todas as formulações de filmes foram homogeneizadas por agitação mecânica (Ultra-Turrax T25, IKA®, Heidelberg, Alemanha) a 10.000 rpm por 5 min para obtenção de uma emulsão incorporando a oleoresina de gengibre ao sistema. Em seguida, a emulsão foi submetida a homogeneização em ultrassom de alta intensidade com amplitude de 80% por 7 min e 14 s. O Filme 0% (controle) foi submetido às mesmas condições de processo, exceto pela adição da oleoresina de gengibre. Todas as formulações foram produzidas em duplicatas. Após o processo de sonicação, 32 g de cada formulação foram vertidas em placas de Petri de 140×15 mm de poliestireno e submetidas ao processo de secagem *casting* a 40 °C por 24 h em estufa de circulação forçada. Em seguida, os filmes foram armazenados em um dessecador com solução saturada de brometo de sódio.



**Figura 1. Etapas de produção dos filmes estruturados com proteína de soja isolada incorporados de oleoresina de gengibre.**

### **Caracterizações dos filmes:**

**Espessura:** As medidas de espessura dos filmes foram obtidas com um micrômetro digital Mitutoyo com precisão de 0,01 mm (Mitutoyo, Suzano, Brasil), cada amostra foi analisada em 10 pontos aleatórios do filme.

**Microestrutura:** Os filmes foram analisados por microscopia eletrônica de varredura utilizando uma voltagem de aceleração de 20 kV em um microscópio LEO 1430 VP (Zeiss, Cambridge, Reino Unido). Primeiro, as amostras foram colocadas em suportes com fita de carbono. Em seguida, elas foram revestidas com ouro sob vácuo e, após isso, ajustadas no microscópio para obter as micrografias dos filmes.

**Permeabilidade ao vapor de água:** A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi medida gravimetricamente, conforme descrito por Zhao, Huerta, & Saldaña (2019), com pequenas modificações. Cerca de 3,5 g de cloreto de cálcio anidro (0% de umidade relativa) foram adicionados em um frasco de vidro com tampa de rosca e septo de silicone. O sistema foi vedado com os filmes produzidos, então esses frascos foram armazenados em dessecador contendo água destilada (100% de umidade relativa) a 25 °C por 24 h. Nas primeiras 5 h, realizou-se a pesagem da variação da massa a cada 1 h, em seguida, uma pesagem final foi realizada após o intervalo de 24 h.

**Grupamentos funcionais:** A caracterização dos grupamentos funcionais dos filmes foi realizada utilizando um espectrômetro de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) modelo 4100 (Jasco, Tóquio, Kantô, Japão). As medições foram realizadas à temperatura ambiente (25 °C) e registradas na região de 400–4000  $\text{cm}^{-1}$ , com um total de 10 varreduras a uma resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$ .

**Difração de raios X:** A cristalinidade das amostras de filmes foi caracterizada conforme descrito por Bocker & Silva (2024) utilizando um instrumento Bruker D2 PHASER (Bruker, Ettlingen, Alemanha). O instrumento utilizou um monocromador de cristal de grafite para filtrar a fonte de radiação Cu-K $\alpha$ 1, resultando em um comprimento de onda de 1,5406 Å. A análise foi realizada com configurações de 30 kV e 30 mA. A amostra foi escaneada em ângulos variando de 5° a 60° (2 $\theta$ ) com um passo meticuloso de 0,02° e uma velocidade de varredura de 0,4°/s para aquisição de dados de alta resolução.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

A Figura 2 apresenta os efeitos da adição da oleoresina de gengibre sobre a espessura dos filmes estruturados com proteína de soja isolada. Pode-se observar que a adição e aumento da carga de óleo não influenciaram de forma significativa a espessura dos filmes. No entanto, o filme com 2% em massa de oleoresina de gengibre apresentou maior espessura média, isso se deve ao aumento da densidade da emulsão formadora de filme. A complexidade da estrutura também é um fator a ser levado em consideração, visto que, a formulação desse filme tem uma estrutura mais organizada e a liberação de água do sistema é mais lenta.

A adição e aumento da carga lipofílica no filme comestível levou a uma notável mudança na morfologia da seção transversal, melhorando a estruturação do filme, deixando-o menos heterogêneo. Da mesma forma, a morfologia da superfície do filme também apresentou uma melhoria com o aumento da carga de oleoresina. O filme se apresentou mais estruturado e com redução nas rugosidades e cavidades, apresentando, assim, uma superfície mais lisa, conforme mostrado na Figura 3. Essa melhoria pode ser atribuída à adição de carga de óleo, que tornou o sistema mais compactado e, dessa forma, mais organizado.

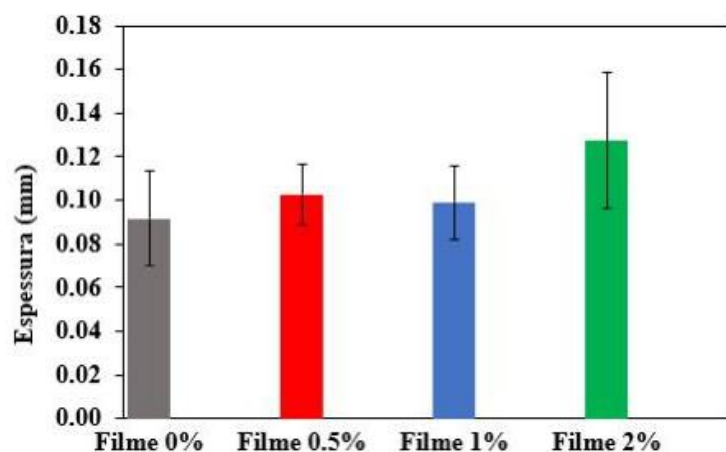


Figura 2. Impacto da adição de oleoresina de gengibre sobre a espessura de filmes de proteína de soja isolada.

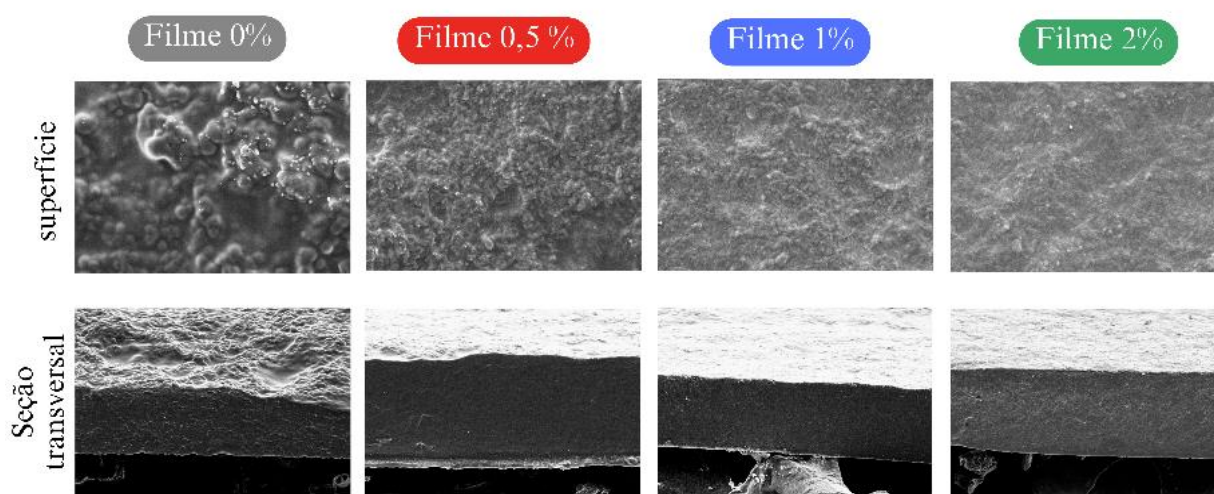


Figura 3. Impacto da adição de oleoresina de gengibre sobre a microestrutura de filmes de proteína de soja isolada.

A Figura 4 apresenta a permeabilidade ao vapor de água dos filmes em função do aumento da carga lipofílica. Não foram observadas diferenças entre as amostras. Os filmes desempenham valores de permeabilidade variando de 0.05 a 0.07 ( $\text{g} \times \text{mm} / \text{kPa} \times \text{m}^2 \times \text{h}$ ). Isso se deve principalmente pela complexidade e estruturação desses sistemas com uma matriz hidrofóbica, assim dificultando a passagem do vapor de água pelo filme.

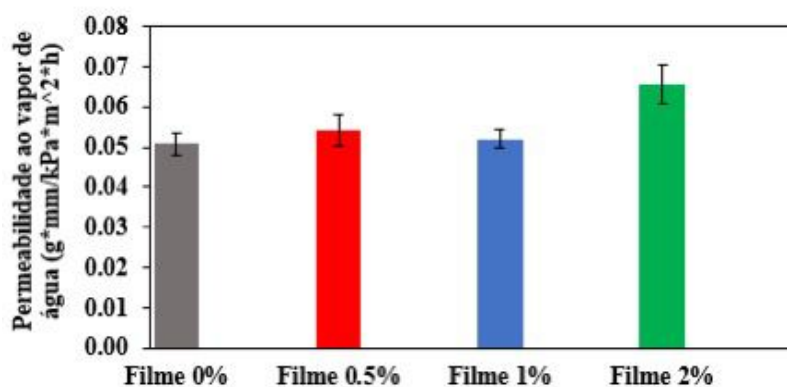


Figura 4. Impacto da adição de oleoresina de gengibre sobre a permeabilidade ao vapor de água dos filmes.

A espectroscopia FTIR foi utilizada para auxiliar na investigação das possíveis interações moleculares dos diferentes ingredientes utilizados na produção dos filmes proteicos investigados neste estudo. Ao analisar a Figura 5, pode-se observar que os filmes não apresentaram mudanças significativas nos espectros. Isso pode ter ocorrido devido à completa emulsificação da oleoresina de gengibre com a adsorção da proteína de soja isolada na interface óleo-água impedindo as interações dos compostos bioativos com os demais ingredientes do sistema filmogênico.

Ao analisarmos a Figura 6 podemos observar os filmes apresentam perfil semelhante em relação ao grau de cristalinidade, sendo, todos caracterizados como estruturas predominantemente amorfas. Característica essa que favorece a solubilização em água, contribuindo, portanto, para potenciais aplicações como revestimentos em alimentos.

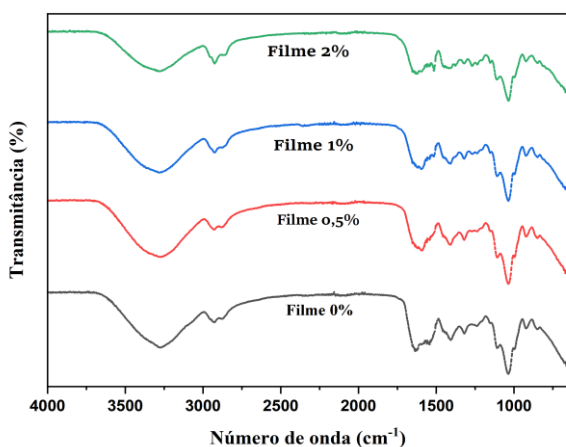


Figura 5. Impacto da oleoresina de gengibre sobre o espectro de FTIR de filmes de proteína de soja isolada.

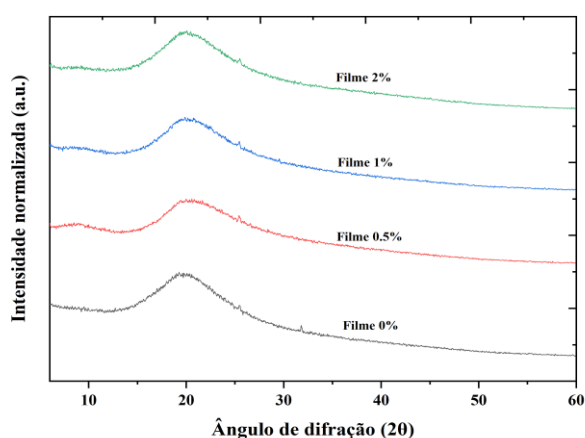


Figura 6. Efeitos da adição de oleoresina de gengibre sobre o grau de cristalinidade de filmes de proteína de soja isolada.

## CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos nesse estudo demonstraram um melhoramento significativo das características do filme estruturado com proteína de soja isolada ao ser incorporado com diferentes cargas de oleoresina de gengibre. Portanto, demonstram um futuro promissor para esse material enriquecido com bioativos, o qual foi desenvolvido com potencial para aplicação em alimentos. Esse bioplástico abre caminhos para diversas inserções como embalagem comestível e sustentável, melhorando a vida útil do alimento, podendo até contribuir com a qualidade sensorial do produto em que for aplicado.

## BIBLIOGRAFIA

- Bocker, R., & Silva, E. K. (2024). Sustainable pectin-based film for carrying phenolic compounds and essential oil from *Citrus sinensis* peel waste. *Food Bioscience*, 61, 104526.
- Garza-Cadena, C., Ortega-Rivera, D. M., Machorro-García, G., Gonzalez-Zermeño, E. M., Homma-Dueñas, D., Plata-Gryl, M., & Castro-Muñoz, R. (2023). A comprehensive review on Ginger (*Zingiber officinale*) as a potential source of nutraceuticals for food formulations: Towards the polishing of gingerol and other present biomolecules. *Food Chemistry*, 413, 135629.
- Kamaruddin, M. S. H., Chong, G. H., Mohd Daud, N., Putra, N. R., Md Salleh, L., & Suleiman, N. (2023). Bioactivities and green advanced extraction technologies of ginger oleoresin extracts: A review. *Food Research International*, 164, 112283.
- Torres, M. A. M., Gimenez, P. A., Mercadal, P. A., Alvarez Igarzabal, C. I., & González, A. (2024). Enhancing the properties of soy protein films via riboflavin photo-crosslinking and their application in preventing photo-oxidation of chia oil. *Food Hydrocolloids*, 155, 110185.
- Zhao, Y., Huerta, R. R., & Saldaña, M. D. A. (2019). Use of subcritical water technology to develop cassava starch/chitosan/gallic acid bioactive films reinforced with cellulose nanofibers from canola straw. *The Journal of Supercritical Fluids*, 148, 55-65.