

## PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILME POLIMÉRICO E POLEN APÍCOLA PARA EMBALAGENS DE ALIMENTÍCIA

### RESUMO

A busca por embalagens ativas para a indústria alimentícia, tem aumentando constante para atender à demanda de conservação de alimentos com reduzido impacto ambiental. Com isso, este trabalho tem como objetivo desenvolver e caracterizar filmes poliméricos incorporados com pólen apícola para o uso em embalagem de alimentos. Nesta pesquisa foi utilizado o planejamento experimental de misturas que resultou em 14 ensaios, com as variáveis independentes (concentrações de alginato, pectina e amido) com adição pólen, glicerol e cloreto de cálcio dihidratado a 1%. A seleção dos filmes foi baseada nos aspectos subjetivos e as características de umidade ( $\omega$ ), espessura ( $\delta$ ), solubilidade em água (S) e permeabilidade ao vapor de água (PVA). Os resultados apresentaram  $\omega$  variando de  $15,11\% \pm 1,0$  a  $27,67\% \pm 0,01$ ,  $\delta$   $0,22\text{mm} \pm 0,03$  de  $0,94\text{mm} \pm 0,12$ , S entre  $4,20\% \pm 0,02$  a  $49,40\% \pm 0,05$  e PVA variando entre  $8,85 \text{ g.mm/m}^2.\text{dia.kPa} \pm 0,86$  a  $64,65 \text{ g.mm/m}^2.\text{dia.kPa} \pm 2,79$ . Dessa forma, as características inicialmente observadas nos filmes selecionados são promissoras embalagem comestível e biodegradável, porém, mais testes precisam ser realizados.

### INTRODUÇÃO

A formação de biofilmes a partir da mistura de dois ou mais polímeros naturais estão ganhando destaque devido às crescentes aplicações práticas, tendo como finalidade a melhora das propriedades físicas, químicas e mecânicas, aumentando a biodegradabilidade, além da redução de custo do material final (FAKHOURY *et al.*, 2015; LEWANDOWSKA; SIONKOWSKA; GRABSKA, 2015).

O desenvolvimento das embalagens tendo compostos ativos que possam atuar como antioxidante e antimicrobiano natural, é uma estratégia interessante para a indústria alimentícia. Dessa forma, nesta pesquisa foi selecionado um produto regional detentor de tais características. O pólen apícola é composto por carboidratos, celulose, 27 proteínas, lipídios, além de vitaminas, carotenoides e compostos fenólicos, esteróis e terpenos. Além disso, possui propriedades antibióticas, antioxidantes, anti-inflamatórias, anti-hepatotóxica, e pode contribuir para a desintoxicação (BONAMIGO *et al.*, 2017).

De acordo com Rzepecka-Stojko *et al.* (2015), o pólen apícola apresenta propriedades antimicrobianas (contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas), que resultam da presença de flavonoides e ácidos fenólicos. Os aditivos antimicrobianos e antioxidantes dos filmes, ao serem lançados na superfície do alimento, promovem a melhoria da segurança alimentar e aumento da vida de prateleira de produtos prontos para o consumo (BODINI *et al.*, 2013), características que evidenciam o potencial do pólen de abelha como um promissor composto do sistema de embalagem antimicrobiana.

Desta forma, o desenvolvimento de biofilme à base de polissacarídeos, incorporado com o pólen apícola de abelha Tubi (*Scaptotrigona sp*) tem intuito de promover a melhoria da segurança alimentar e o aumento da vida de prateleira de produtos alimentício, além de reduzir o impacto ambiental quanto ao descarte.

## OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo desenvolver filmes poliméricos incorporado com pólen de abelha Tubi (*Scaptotrigona sp*), utilizando planejamento experimental de mistura, selecionar as melhores composições e combinações de misturas quanto as características físicas funcionais básicas (aparência, espessura, conteúdo de umidade, solubilidade e permeabilidade ao vapor de água – PVA).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Com o delineamento experimental, foram obtidas 14 formulações (tabela 1) e destacaram-se quanto à continuidade e homogeneidade como excelentes as formulações G2, G4, G6, G7, G8 e G10, no qual destas, apenas a formulação G8 não possui na matriz polimérica a pectina. Trazem Zhang, Zhao e Shi (2016), que a presença de pectina promove reforço na formação do filme, devido à sua propriedade de reticulação.

Em relação à transparência dos biopolímeros, todos se apresentaram com coloração muito próxima à coloração natural do pólen da abelha Tubi (*Scaptotrigona sp*). No aspecto flexibilidade, foi possível observar que os filmes G3, G5, G9 e G14 foram classificados como ruins, devido à dificuldade de manusear sem provocar rupturas ao serem removidos da placa.

Na tabela 1, observa-se que os teores de umidade apresentaram uma faixa de valores variando de 15,11 a 27,67%, referindo-se às formulações G3 (mistura com amido) e G7 (com mistura binária de alginato e pectina), respectivamente. Esses valores foram próximos aos obtidos para filmes de amido de feijão (17 a 27%) (COSTA *et al.*, 2017), e filmes compostos de pectina e alginato (15 a 30%) (BIERHALZ; SILVA; KIECKBUSCH, 2012).

Suderman, Isa e Sarbon (2018) observam que o teor de água do filme contribui para a apresentação de uma estrutura filmogênica flexível e esticável, fato que se pode observar naqueles ensaios que apresentaram teor de umidade  $\geq 21\%$  (G2, G4, G7 e G8), também apresentaram boa flexibilidade (Tabela 1). A umidade é uma propriedade física muito importante na conservação de alimentos, pois muitos dos processos de deterioração dos alimentos podem ser associados ao ganho ou perda de umidade. Variações descontroladas do teor de umidade podem causar alterações físicas e químicas no produto, e isso consequentemente pode provocar perdas nutricionais, alterações das características sensoriais (cor, odor e sabor), além de promover o crescimento microbiano, a oxidação de gorduras, ação enzimática e escurecimento não enzimático (BRASIL, 2018).

A solubilidade em água desempenha papel crítico em filmes biodegradáveis e na permeabilidade ao vapor de água, sendo atributos de suma importância à caracterização, para se compreender o comportamento do filme ao entrar em contato com água (LI; HU; LI, 2021).

Os dados de solubilidade em água apresentados na Tabela 1, variaram de 4,20 a 49,30%, referentes ao ensaio de misturas binárias (G9) e misturas ternárias (G12), respectivamente. A presença do amido fez com este diminuísse a solubilidade dos biopolímeros, tornando-os menos higroscópicos/hidrofílicos, podendo ser promissor para a utilização como embalagens alimentícias. Do Evangelho *et al.* (2019), Barbapour, Jalali e Mohammadi Nafchi (2021) e Nogueira *et al.* (2022) obtiveram valores de solubilidade em água de 15,25 a 18,67%, 15,92 a 24,54% e 13,33% a 33,32%, próximos aos obtidos

nesta pesquisa, utilizando amido de milho e óleo essencial, amido de batata e nanopartículas de óxido de zinco e óleo de erva-doce, amido de araruta incorporado com extrato de bagaço de uva, respectivamente, como matriz dos filmes.

Para Paixão *et al.* (2019), a espessura dos filmes é uma das características mais importantes, pois influencia na permeabilidade ao vapor de água. O controle da espessura é difícil, sobretudo nos processos de produção do tipo *casting*. Na Tabela 1 tem-se os valores experimentais para a espessura dos biopolímeros com misturas de alginato, pectina e amido, apresentando variação de 0,22 a 0,94mm referente aos ensaios G6 e G7 (menor espessura) e G5 (maior espessura), respectivamente. Gouveia *et al.* (2019) obtiveram valores médios de espessura de 0,34mm para filmes à base de pectina cítrica. Este valor médio está dentro da variação de espessura encontrada neste estudo. Para filmes à base de amido também foram encontrados valores menores de espessura (0,12 a 0,15mm) (BARBAPOUR; JALALI; MOHAMMADI NAFCHI, 2021).

Esclarecem Shankar, Wang e Rhim (2017), que o aumento significativo na espessura na formação dos filmes poliméricos deve-se principalmente ao teor de sólidos incorporados, impedindo o empacotamento de cadeias moleculares de forma eficiente. Assim se compreende que deve ter acontecido nos filmes estudados em da incorporação do pólen produzido pela *Scaptotrigona sp* na matriz polimérica resultou em um biofilme mais espesso.

Em relação à PVA, pode-se observar que ocorreu uma variação de valores de 8,85 a 64,65 g.mm/m<sup>2</sup>.dia.kPa, correspondentes aos ensaios G3 (10g de amido) e G5 (1/3g de alginato + 2/3g de amido), respectivamente. Entretanto, os ensaios G3, G6, G7 e G8 não diferiram estatisticamente ao nível de 95% de confiança (tabela 1). Resultados próximos foram obtidos por Yang *et al.* (2021), ao analisarem a incorporação de extrato de bagaço de framboesa em filme à base de pectina, alginato e goma xantana, encontraram valores de PVA na faixa de 14,53 a 18,12g.mm/m<sup>2</sup>.dia.kPa. Por outro lado, valores inferiores de PVA foram obtidos por Mahuwala *et al.* (2020), estudando filmes de mistura binária (amido de mandioca/ágar) incorporado com nitrato de prata e nanopartículas de óxido de zinco (1,53 a 1,88g.mm/m<sup>2</sup>.dia.kPa).

No cálculo do PVA, a espessura tem grande influência, justificando o aumento da PVA com o aumento da espessura (ensaio G5). Segundo Paixão *et al.* (2019) e Santana e Kieckbusch (2013), a permeabilidade ao vapor de água, ao oxigênio e ao gás carbônico aumenta conforme a espessura dos filmes aumentava. No estudo de Do Evangelho *et al.* (2019), o PVA dos filmes com apenas amido foi de 2,82g.mm/m<sup>2</sup>.dia.kPa. Ou seja, o aumento do PVA dos filmes está relacionado à formação de cavidades que causaram alterações na integridade estrutural dos filmes, aumentando a quantidade de espaços livres na rede polimérica e facilitando a passagem do vapor d'água.

Tabela 1 – Respostas obtidas para o delineamento experimental de biopolímeros adicionado de pólen

Ensaio	CA (g)	CP (g)	CA (g)	Continuidade**	Homogeneidade**	Transparência**	Flexibilidade**	$\omega$ (%)	S (%)	$\delta$ (mm)	PVA***
G1	1	0	0	+++	+++	+	+++	20,52±0,02 <sup>f</sup>	7,30±0,01 <sup>b</sup>	0,26±0,03 <sup>ab</sup>	20,54±2,14 <sup>d</sup>
G2	0	1	0	++++	++++	++	++++	21,43±0,01 <sup>fg</sup>	10,20±0,00 <sup>e</sup>	0,31±0,06 <sup>ab</sup>	21,10±2,30 <sup>d</sup>
G3	0	0	1	++	+++	++	+	15,11±1,00 <sup>a</sup>	11,20±0,03 <sup>f</sup>	0,27±0,03 <sup>ab</sup>	8,85±0,86 <sup>a</sup>
G4	1/3	2/3	0	++++	++++	+++	++++	23,90±0,00 <sup>g</sup>	10,10±0,02 <sup>d</sup>	0,32±0,05 <sup>b</sup>	14,44±0,60 <sup>b</sup>
G5	1/3	0	2/3	+	+	+	+	18,38±0,00 <sup>de</sup>	17,50±0,06 <sup>h</sup>	0,94±0,12 <sup>d</sup>	64,65±2,79 <sup>g</sup>
G6	0	1/3	2/3	++++	++++	++	++++	18,64±0,01 <sup>e</sup>	11,40±0,04 <sup>g</sup>	0,22±0,03 <sup>a</sup>	9,57±2,69 <sup>a</sup>
G7	2/3	1/3	0	++++	++++	++	+++	27,67±0,01 <sup>i</sup>	46,70±0,42 <sup>k</sup>	0,22±0,04 <sup>a</sup>	10,41±1,26 <sup>a</sup>
G8	2/3	0	1/3	++++	++++	++	++++	25,16±0,00 <sup>h</sup>	8,30±0,03 <sup>c</sup>	0,30±0,04 <sup>ab</sup>	8,99±0,23 <sup>a</sup>
G9	0	2/3	1/3	+++	+++	++	++	18,25±0,05 <sup>de</sup>	4,20±0,02 <sup>a</sup>	0,31±0,04 <sup>ab</sup>	15,81±0,05 <sup>c</sup>
G10*	1/3	1/3	1/3	++++	++++	++	++	18,67±0,00 <sup>e</sup>	40,00±0,01 <sup>j</sup>	0,25±0,08 <sup>ab</sup>	14,59±0,35 <sup>b</sup>
G11	2/3	1/6	1/6	++	++	+++	++	18,07±0,07 <sup>d</sup>	47,00±0,14 <sup>k</sup>	0,46±0,10 <sup>bc</sup>	21,78±1,59 <sup>d</sup>
G12	1/6	2/3	1/6	++	++	+	++++	16,96±0,19 <sup>b</sup>	49,30±0,07 <sup>l</sup>	0,58±0,05 <sup>c</sup>	32,31±2,47 <sup>f</sup>
G13	1/6	1/6	2/3	+++	+++	+++	+++	17,22±0,00 <sup>c</sup>	36,20±0,06 <sup>i</sup>	0,46±0,15 <sup>bc</sup>	27,61±1,82 <sup>e</sup>
G14*	1/3	1/3	1/3	++	++	+	+	18,48±0,01 <sup>de</sup>	49,40±0,05 <sup>l</sup>	0,30±0,06 <sup>ab</sup>	14,95±0,03 <sup>b</sup>

\*Os ensaios 10 e 14 são iguais.

\*\* Classificação: Excelente (++++), bom (+++), regular (++) e ruim (+)

#Média das triplicatas ± desvio-padrão. As mesmas letras na mesma coluna indicam não haver diferença significativa entre os valores das médias ( $p > 0,05$ ).

\*\*\* Permeabilidade ao Vapor de Água [(g.mm)/(m<sup>2</sup>.dia.kPa)].

Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

## CONCLUSÃO

As formulações filmogênicas otimizadas destacam-se por apresentarem flexibilidade satisfatória, excelentes continuidade e homogeneidade, com coloração muito próxima à coloração natural do pólen da abelha Tubi (*Scaptotrigona sp.*). Desta forma, as características observadas nos filmes são promissoras, porém, ainda necessita da realização de mais testes para se afirmar sua eficiência em relação àquelas sintéticas.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. FAKHOURI, F. M. *et al.* Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 109, p. 57-64, 2015.
2. LEWANDOWSKA, K.; SIONKOWSKA, A.; GRABSKA, S. Chitosan blends containing hyaluronic acid and collagen. Compatibility behaviour. **Journal of Molecular Liquids**, v. 212, p. 879-884, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.10.047>
3. BONAMIGO, T. *et al.* Atividades antioxidantes, citotóxicas e tóxicas da própolis de duas abelhas nativas no Brasil: *Scaptotrigona depilis* e *melipona quadrifasciata anthidioides*. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, [S.l.], 2017.
4. BODINI, R. B. *et al.* Properties of gelatin-based films with added ethanol-propolis extract. **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, n. 1, p. 104-110, 2013.
5. ZHANG, P.; ZHAO, Y.; SHI, Q. Characterization of a novel edible film based on gum ghatti: effect of plasticizer type and concentration. **Carbohydrate Polymers**, v. 153, p. 345-355, 2016.
6. COSTA, D. M. A. *et al.* Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de amido de feijão maciçar (*Vigna Unguiculata*). **HOLOS**, v. 7, p. 2-16, 2017.
7. BIERHALZ, A. C. K.; SILVA, M. A.; KIECKBUSCH, T. G. Natamycin release from alginate/pectin films for food packaging applications. **Journal of Food Engineering**, v. 110, n. 1, p. 18-25, 2012.
8. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Alimentos**. Guia n. 16, versão 1, de 5 de outubro de 2018, Brasília, DF, 2018. Disponível em: [http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5056443/Guia+16\\_2018+prorrogacao+prazo.pdf/13a19f5f-94f8-4430-9548-6d43278ffb62](http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5056443/Guia+16_2018+prorrogacao+prazo.pdf/13a19f5f-94f8-4430-9548-6d43278ffb62). Acesso em: 21 abr. 2022.
9. LI, C.; HU, Y.; LI, E. Effects of amylose and amylopectin chain-length distribution on the kinetics of long-term rice starch retrogradation. **Food Hydrocolloids**, v. 111, 2021.
10. DO EVANGELHO, J. A. *et al.* Antibacterial activity, optical, mechanical, and barrier properties of corn starch films containing orange essential oil. **Carbohydrate Polymers**, v. 222, p. 114981, 2019.
11. BABAPOUR, H.; JALALI, H.; MOHAMMADI NAFCHI, A. The synergistic effects of zinc oxide nanoparticles and fennel essential oil on physicochemical, mechanical, and antibacterial properties of potato starch films. **Food Science & Nutrition**, v. 9, p. 3893-3905, 2021.
12. NOGUEIRA, G. F. *et al.* Development and Characterization of Arrowroot Starch Films Incorporated with Grape Pomace Extract. **Polysaccharides**, v. 3, p. 250-263, 2022.
13. PAIXÃO, L. C. *et al.* Alginate biofilms plasticized with hydrophilic and hydrophobic plasticizers for application in food packaging. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 136, n. 48, p. 48263, 2019.
14. GOUVEIA, T. I. A. *et al.* A new approach to develop biodegradable films based on thermoplastic pectin. **Food Hydrocolloids**, [S.l.], v. 97, p. 105175, 2019.
15. SHANKAR, S.; WANG, L. F.; RHIM, J. W. Preparation and properties of carbohydrate-based composite films incorporated with CuO nanoparticles. **Carbohydr Polym.**, [S.l.], v. 1, n. 169, p. 264-271, 2017. DOI [10.1016/j.carbpol.2017.04.025](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.04.025)
16. YANG, J. *et al.* Colorimetric films based on pectin/sodium alginate/xanthan gum incorporated with raspberry pomace extract to monitor the freshness of protein-rich foods. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 185, p. 959-965, 2021.
17. MAHUWALA, A. A. *et al.* Synthesis and characterization of starch/agar nanocomposite films for food packaging application. **IET Nanobiotechnol.**, v. 14, p. 809-814, 2020.
18. SANTANA, A. A.; KIECKBUSCH, T. G. Physical evaluation of biodegradable films of calcium alginate plasticized with polyols. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 30, n. 4, p. 835-845, 2013. DOI <https://doi.org/10.1590/S0104-66322013000400015>