

EMBALAGENS EXPANDIDAS DE AMIDO REFORÇADAS COM CELULOSE

TAYLA TOMIE MATSUO^{1,2*}, REBECA DUARTE SOUZA^{2,3}, VÂNIA ZANELLA PINTO^{2,4}

1 Introdução

As embalagens expandidas de poliestireno (EPS) são derivados do petróleo e são popularmente conhecidas como Isopor®. Devido ao seu baixo custo, vasta aplicabilidade, durabilidade e trivialidade de processos, são amplamente utilizados. Entretanto, quando manuseados de forma incorreta, causa acúmulo de materiais plásticos nos solos, nos oceanos e até mesmo na liberação de gases causadores do efeito estufa (LUCHESE *et al.*, 2017). Associado a isso, tem ocorrido o aumento da incidência de micro plásticos no meio ambiente, os quais são resultantes do descarte incorreto de embalagens e materiais plásticos (AGARWAL, 2020). O impacto ambiental causado por estes resíduos pode ser reduzido com o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis, em especial as espumas expandidas de amido.

O amido é um polímero de glicose e tem sido uma alternativa de fonte renovável para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis por termo expansão (GHANBARI *et al.*, 2018). A adição de materiais de reforço contribui para melhorar as características das espumas de amido. Os principais materiais de reforço utilizados no desenvolvimento de espumas de amido são fibras vegetais como a celulose.

A celulose obtida de pinus (árvores coníferas) possui fibras longas e é utilizada em embalagens que demandam maior resistência (VIANA *et al.*, 2021). A celulose microcristalina é uma forma pura e cristalina da celulose, obtida pela fragmentação da parede celular das fibras vegetais (SANTOS, TAVARES, 2013). Desta forma, acredita-se que o desenvolvimento de embalagens expandida de amido adicionadas de celulose apresentam características melhoradas e que o tipo de celulose tem influência nelas.

2 Objetivos

Desenvolver bandejas termo expandidas de amido de mandioca reforçadas com celulose microcristalina e de pinus hidratada.

¹ Graduanda em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul, tayla18088@gmail.com

² Grupo de Pesquisa: Produção, transformação e armazenamento de alimentos

³ Graduanda em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul,

⁴ Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul, **Orientadora.**

3 Metodologia

O amido de mandioca (polvilho doce) foi adquirido no comércio local. A celulose microcristalina, goma guar, glicerol (Química Moderna) e estearato de magnésio foram adquiridos por meio da compra online e utilizados da maneira recebida. A celulose de pinus foi doada por empresa de papel na forma de placas, sendo moída (IKA – A11 Basic Mill), hidratada em água destilada e deixada em repouso por no mínimo 15 minutos antes de ser misturada com outros componentes.

3.1 Elaboração das embalagens expandidas

As embalagens expandidas foram produzidas variando a razão entre o teor de sólidos e o volume de água (RSA), bem como o tipo de celulose (microcristalina e pinus hidratada). Utilizou-se 14,4g de amido de mandioca e 2,4 g de celulose de pinus previamente hidratada (com 10 mL de água) ou de celulose microcristalina (seca), 0,3 g de goma guar, 0,3 g de estearato de magnésio e 0,6 g de glicerol. A quantidade de água variou de 18 – 23 mL, resultando na razão de sólidos: água (m/v) (RSA) de 1:0,68; 1:0,72; 1:0,75; 1:0,79; 1:0,83; 1:087.

As matérias-primas e os aditivos foram misturados e dispostos em molde pré-aquecido a 180 °C com dimensões de 117 x 64 x 20 mm. O molde foi fechado e a termo expansão resultou na formação de bandejas após 4 minutos (com adição da celulose microcristalina) ou 5 minutos (com adição da celulose de pinus hidratada) de aquecimento.

3.2 Caracterização das embalagens

A aparência visual das embalagens foi verificada logo após a formação das bandejas, sendo cada formulação fotografada utilizando contraste escuro e contraste claro. A morfologia interna foi analisada em microscópio estereoscópio (SZ51 Olympus, Japão), utilizando corpos de prova de 3 cm x 3 cm. A espessura foi determinada com paquímetro digital (0,01 mm) e expressa em mm. A densidade aparente foi determinada pela razão entre a massa e o volume de corpos de prova de 3cm x 3m das espumas de amido e expressa em g cm^{-3} . A cor das embalagens foi avaliada utilizando colorímetro de bancada (CR400 Konica Minolta, Toquio, Japão), operando em escala CIE, L^* , a^* , b^* em que $L^* = 0$ corresponde a preto e $L^* = 100$ a branco; os valores de croma (C^*) correspondem à saturação (0-60) ou intensidade e os valores de ângulo de tonalidade ou ângulo *hue* (h°) (0° vermelho, 90° amarelo, 180° verde e 270° azul). As médias das determinações foram avaliadas através de análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo teste de Tukey com nível de 95% de confiança.

4 Resultados e Discussão

Os diferentes tipos de celulose (microcristalina e pinus hidratada) e a quantidade de água de cada formulação resultaram em bandejas com aspectos visuais diferenciados (Figura 1). Quanto maior a quantidade de água, mais rebarbas se formavam nas laterais das bandejas (Figura 1) e consequentemente, mais frágeis e translúcidas elas ficavam (Figura 2).

Figura 1 – Bandejas com celulose microcristalina e bandejas com celulose de pinus hidratada (M1) 1:0,68 RSA; (M2) 1:0,72 RSA; (M3) 1:0,75 RSA; (M4) 1:0,79; (M5) 1:0,83; (M6) 1:0,87, sendo RSA: Razão de sólidos:água e M: celulose microcristalina, P: celulose de pinus.

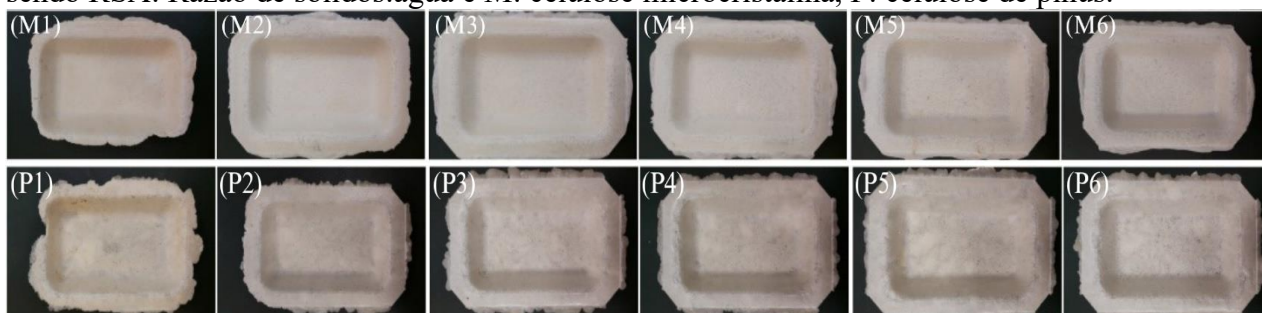
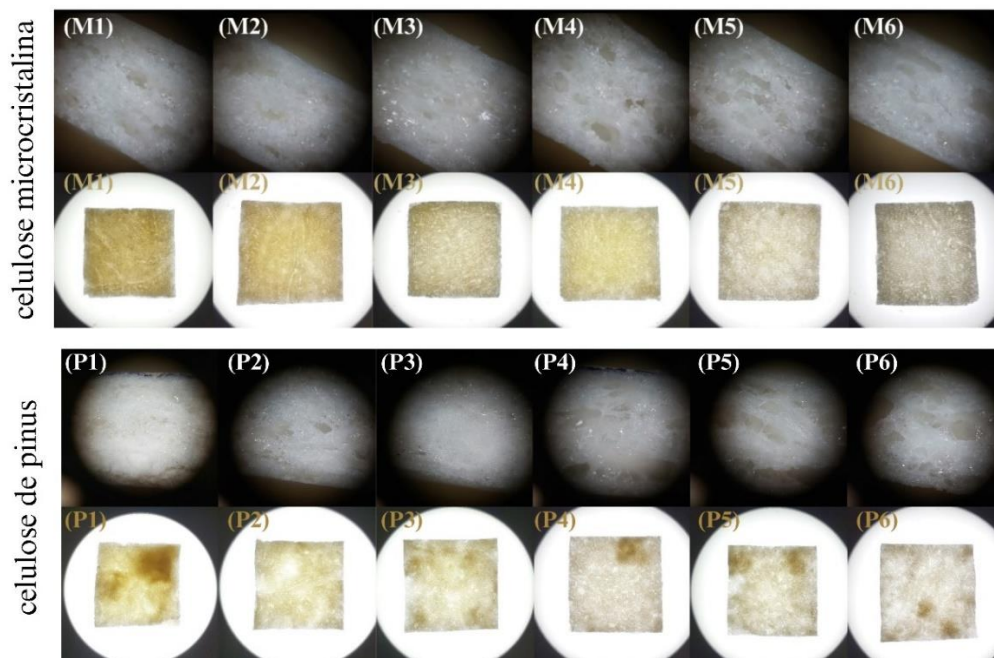


Figura 2 – Porosidade das bandejas (zoom 2.0x na lupa e 2.0x na câmera do celular) e corpos de prova quadrados sob iluminação (cor amarelada).



A espessura das embalagens foi influenciada pelo tipo de celulose, mas não foi influenciada pela RSA empregada nas diferentes formulações (Tabela 1). A baixa variabilidade da espessura se deve ao uso de molde que possui dimensões pré-fixadas e o tamanho uniforme das partículas de celulose. A variação da espessura utilizando os diferentes tipos de celulose pode ser pela presença de aglomerados da hidratação prévia da celulose de pinus, os quais

favorecem o aumento da espessura. A densidade das embalagens foi influenciada pela RSA das formulações, mas não pelas diferentes celuloses (microcristalina e pinus hidratada) (Tabela 2).

Tabela 1 – Espessura das embalagens expandidas de amido reforçadas com celulose microcristalina e de pinus hidratada.

RSA*	Celulose	
	Microcristalina	Pinus
1:0,68	4,14 ± 0,22 bA	4,49 ± 0,12 aA
1:0,72	4,22 ± 0,14 aA	4,35 ± 0,16 aA
1:0,75	4,32 ± 0,14 bA	4,48 ± 0,11 aA
1:0,79	4,36 ± 0,04 aA	4,41 ± 0,90 aA
1:0,83	4,10 ± 0,16 aA	4,30 ± 0,08 aA
1:0,87	4,15 ± 0,40 aA	4,47 ± 0,22 aA

*Média de 5 repetições ± desvio padrão. Letra minúsculas nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos pelo teste de Tukey. RSA: razão de sólidos:água.

Este comportamento é esperado pois o aumento do volume de água resulta na diluição dos demais componentes e tende a exceder a capacidade volumétrica do molde, e com isso, expulsão dos sólidos durante a formação da espuma por expansão (Figura 2) (GHANBARI *et al*, 2018).

Tabela 2 – Densidade das embalagens expandidas de amido reforçadas com celulose microcristalina e de pinus hidratada

RSA*	Celulose	
	Microcristalina	Pinus
1:0,68	0,4197 ± 0,0378 aA	0,3978 ± 0,0357 aA
1:0,72	0,3541 ± 0,0339 aAB	0,3374 ± 0,0263 aB
1:0,75	0,3431 ± 0,0572 aBC	0,3174 ± 0,0132 aBC
1:0,79	0,3327 ± 0,0220 aBC	0,3106 ± 0,0354 aBC
1:0,83	0,2960 ± 0,0102 aC	0,2784 ± 0,0131 aCD
1:0,87	0,2650 ± 0,0361 aC	0,2543 ± 0,0078 aD

*Média de 5 repetições ± desvio padrão. Letra minúsculas nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos pelo teste de Tukey. RSA: razão de sólidos:água.

A diferença de opacidade entre os dois tipos de celulose pode ser observada, com um leve aumento. A celulose de microcristalina possui estrutura ultrafina, contribuindo na homogeneização, tornando a opacidade mais uniforme. Enquanto a celulose de pinus hidratada possui estruturas maiores e, acarreta a homogeneização desuniforme. A influência da sua distribuição pode ser observada na coloração e opacidade das bandejas, pois, ocorre a formação de locais opacos por conter celulose de pinus e outras regiões com a ausência da mesma, tornando as embalagens mais translúcida (Figura 2 - P2 e Tabela 3).

Tabela 3 – Luminosidade (L*), Chroma (C*) e ângulo *hue* (h) das embalagens expandidas de amido reforçadas com celulose micro cristalina e de pinus hidratada

RSA*	Parâmetros	Micro cristalina	Pinus
1:0,68	L*	86,40 ± 0,69 aA	84,21 ± 2,25 aA
1:0,72		87,10 ± 0,35 aA	82,78 ± 1,09 bA
1:0,75		84,88 ± 2,35 aAB	84,49 ± 4,62 aA
1:0,79		84,99 ± 0,95 aAB	84,43 ± 3,27 aA
1:0,83		83,29 ± 0,47 aB	83,29 ± 1,49 aA
1:0,87		83,95 ± 0,97 aB	81,67 ± 1,82 bA
1:0,68		C*	8,39 ± 0,40 bBC
1:0,72	11,04 ± 0,75 aA		7,70 ± 1,02 bB
1:0,75	7,42 ± 1,59 Ca		8,08 ± 0,67 aB
1:0,79	9,69 ± 0,22 aAB		7,66 ± 0,37 bB
1:0,83	7,61 ± 0,70 aC		7,90 ± 0,46 aB
1:0,87	7,26 ± 1,05 aC		6,58 ± 0,834 aB
1:0,68	h		90,91 ± 0,78 aB
1:0,72		91,87 ± 0,64 aAB	89,95 ± 0,67 bBC
1:0,75		92,93 ± 1,31 aA	91,60 ± 1,64 aAB
1:0,79		91,72 ± 0,46 aAB	90,12 ± 1,26 bBC
1:0,83		93,06 ± 0,48 aA	92,25 ± 0,44 BA'
1:0,87		92,53 ± 1,24 aAB	91,84 ± 1,20 aAB

*Média de 5 repetições ± desvio padrão. Letra minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam significativas ($p < 0,05$) entre cada tratamento pelo teste de Tukey. RSA: razão de sólidos:água

5 Conclusão

O uso de diferentes celuloses na produção de embalagens biodegradáveis expandidas de amido implica alterações na estrutura das bandejas, com destaque para a densidade, especialmente pela distribuição não homogênea da celulose.

Referências Bibliográficas

- AGARWAL, S. Biodegradable Polymers: Present Opportunities and Challenges in Providing a Microplastic-Free Environment. **Macromolecular Chemistry and Physics**, v. 221, n. 6, p. 2000017, 2020.
- GHANBARI, A. *et al.* Thermoplastic starch foamed composites reinforced with cellulose nanofibers: Thermal and mechanical properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 197, p. 305–311, out. 2018.
- LUCHESE, C. L.; SPADA, J. C.; TESSARO, I. C. Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films. **Industrial Crops and Products**, v. 109, p. 619-626, 2017.
- SANTOS, F. A.; TAVARES, M. I. Preparo e caracterização de filmes obtidos a partir de poli (ácido lático) e celulose microcristalina. **Polímeros**, 23 (2), 2013.
- VIANA, A. C. C. *et al.* Caracterização física e química das madeiras de pinus e de Itaúba. **Madeiras Nativas e Plantadas do Brasil: Qualidade, Pesquisas e Atualidades - Volume 2**, p. 101–116, 2021.

Palavras-chave: celulose microcristalina, celulose pinus, termo expansão

Nº de Registro no sistema Prisma: PES 2022 - 0188

Financiamento: CNPq