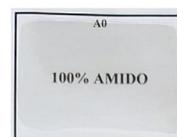




Amido de milho

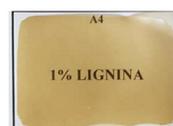


Amido de milho

+



Lignina



Tegumento de manga

OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL9 INDÚSTRIA,  
INOVAÇÃO E  
INFRAESTRUTURACOMUNICADO  
TÉCNICO

276

Fortaleza, CE  
Dezembro, 2021

# Lignina de Tegumento de Semente de Manga como Componente Ativo em Filme de Amido de Milho

Vivania Alves de Sousa  
Celso Pires de Araújo Jr.  
Men de Sá Moreira de Souza Filho  
Judith Pessoa de Andrade Feitosa  
Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo

# Lignina de Tegumento de Semente de Manga como Componente Ativo em Filme de Amido de Milho<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Viviana Alves de Sousa, bacharel em Química, doutoranda em Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE; Celso Pires de Araújo Jr, bacharel em Química, doutor em Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE; Men de Sá Moreira de Souza Filho, engenheiro químico, doutor em Engenharia de Produção, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE; Judith Pessoa de Andrade Feitosa, graduada em Química e Engenharia Química, doutora em Química, professora titular do Departamento de Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE; Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo, engenheira de alimentos, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

Já são bem conhecidos os problemas ambientais associados ao descarte maciço e contínuo de materiais plásticos de uso único, a exemplo das embalagens de alimentos, além dos esforços de pesquisa realizados no sentido de substituir, pelo menos parcialmente, os polímeros derivados de petróleo, geralmente usados como matrizes de tais materiais.

A literatura científica tem reportado, no entanto, que a substituição de polímeros convencionais por biopolímeros biodegradáveis (particularmente polissacarídeos) é um desafio, já que tais materiais geralmente apresentam desempenho físico-mecânico inferior, além de pobre barreira a vapor de água (em função da alta hidrofiliabilidade dos polissacarídeos).

As ligninas têm sido bastante visadas como componentes de filmes

polissacarídicos, podendo melhorar a resistência mecânica e a barreira de vapor de água (Sá et al., 2020; Shankar et al., 2015). Além disso, conferem propriedades antioxidantes aos materiais (Sá et al., 2020), o que pode ser benéfico para a estabilidade de alimentos suscetíveis à oxidação de lipídios, como cereais matinais, nozes e castanhas.

Na Embrapa Agroindústria Tropical, diversos estudos têm sido desenvolvidos objetivando o desenvolvimento de filmes à base de compostos extraídos de subprodutos de manga, em um contexto de biorrefinaria. Entre os compostos interessantes para extração a partir desses subprodutos, está a lignina, que constitui cerca de 19% da massa seca de tegumentos de semente de manga (Bello; Chimphango, 2021). Em um estudo prévio com extração de lignina

de tegumento de manga Tommy Atkins (Verçosa et al., 2019), alcançou-se um rendimento de 15,6% com base na fibra seca de tegumento. Considerando que a produção brasileira de mangas foi de 1,63 milhões de toneladas em 2018 (FAO, 2019), e que o tegumento corresponde a 9% da massa total do fruto (Plant-o-gram, 2020), conclui-se que os tegumentos de manga são uma fonte potencial de quase 28 mil toneladas de lignina apenas no Brasil.

O objetivo deste Comunicado Técnico é explorar os benefícios da adição de lignina de tegumento de semente de manga sobre as propriedades de filmes de amido de milho<sup>1</sup> e sua possível aplicabilidade.

## Extração de lignina a partir de tegumento de semente de manga

A Figura 1 apresenta o fluxograma simplificado da obtenção de lignina a partir de tegumento de semente de manga.

Primeiramente, as sementes de manga (*Mangifera indica*, cv. Tommy Atkins) foram separadas dos frutos, que foram comprados de mercado local (CEASA, Maracanaú, CE) no estágio de maturação 3, conforme GTZ (1992). Em seguida, os tegumentos foram separados das amêndoas. Os tegumentos foram secos

em estufa a 60 °C por 24 h e moídos em moinho de facas tipo Willey (FORTINOX, STAR FT 80) para partículas  $\leq 4$  mm.

A farinha obtida foi então submetida à polpação acetosolv, com metodologia adaptada a partir da descrita por Nogueira et al. (2019), em solução com 93% (m/m) de ácido acético e 0,3% (m/m) de ácido clorídrico, em relação farinha/solução acetosolv de 1:10 (m/v). A mistura foi mantida em sistema de refluxo a 115 °C por 3 h sob agitação (150 rpm) em balão de fundo chato, em banho de silicone. Em cada polpação acetosolv, foram utilizados 10 g de farinha de tegumento para 100 mL de solução acetosolv. Após o tempo de polpação, a mistura foi filtrada em funil de Büchner com papel de filtro de 28  $\mu$ m, separando a fração sólida (polpa acetosolv) da líquida (licor negro contendo lignina). O licor negro foi concentrado em evaporador rotativo (Rotavapor R-210/215, Buchi) até 10% do volume inicial para recuperação da solução acetosolv. Após concentrado, o licor negro foi adicionado de água destilada a 80 °C, na razão licor/água de 1:10 (v/v), para precipitação da lignina.

<sup>1</sup> O trabalho teria sido feito com amido de amêndoa de manga, em consonância com o conceito de biorrefinaria. No entanto, as restrições aos laboratórios impostas pela pandemia de COVID-19 levou a equipe a usar amido comercial (de milho) para o experimento. Em um contexto industrial, no entanto, a equipe encoraja a adoção do conceito de biorrefinaria (usando, portanto, a lignina de tegumento de manga em filmes de amido de amêndoa de manga).

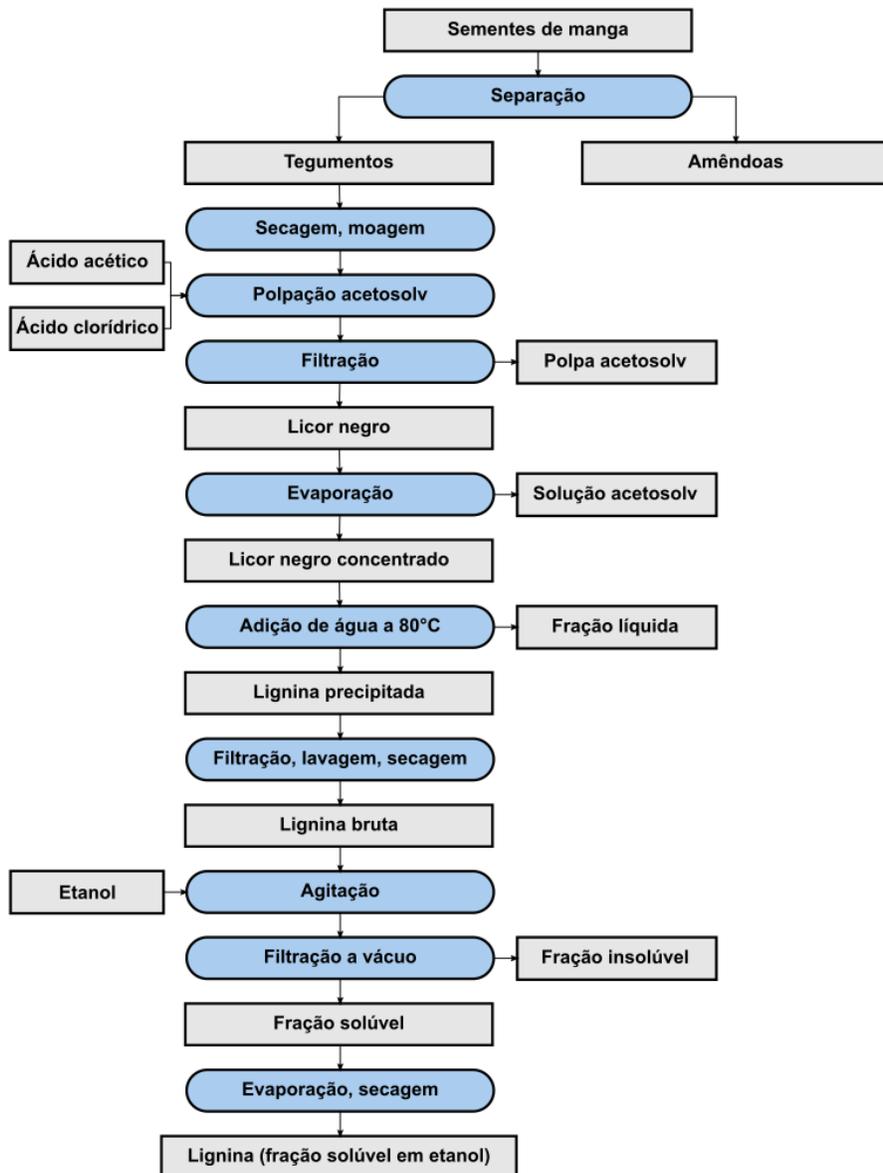


Figura 1. Fluxograma de obtenção de lignina de tegumento de semente de manga.

A lignina precipitada foi filtrada em funil de Büchner com papel de filtro de 8 µm, lavada com água destilada até pH 7 e seca a 45 °C em estufa de circulação de ar até peso constante. O rendimento de lignina, com base na massa seca inicial da farinha de tegumento, foi de 19,4%. Obteve-se então, a fração etanólica de lignina, que se mostrou mais fácil de dispersar na matriz de amido quando comparada à lignina bruta. Essa fração foi obtida segundo metodologia descrita por Avelino et al. (2019). A lignina foi dispersa em etanol (proporção 1:10, m:v) sob agitação magnética (150 rpm) por 30 min, depois separada da fração insolúvel por filtração a vácuo (papel de filtro de 8 µm), concentrada em um evaporador rotativo até redução de 80% no volume e seca em estufa a 50 °C por 24 h. Essa fração solúvel em etanol, cujo rendimento foi de 10% em relação à lignina bruta (portanto, apenas cerca de 1,9% em relação à massa seca de tegumento), será daqui em diante chamada simplesmente de lignina, já que foi a fração usada nos filmes. Vale ressaltar que a fração insolúvel da lignina (que não foi usada neste trabalho) poderia ser usada para outras aplicações (como, por exemplo, para adesivos) ou poderia mesmo ser incorporada a filmes de amido, mas neste caso haveria a necessidade de incorporação de surfactantes para promover sua dispersibilidade na matriz de amido.

## Produção dos filmes

A matriz usada para os filmes foi amido de milho comercial (Kimimo). Foram produzidos cinco filmes, com 3 repetições, a partir de um único lote de amido e um único lote de lignina: um controle (100% amido) e quatro filmes contendo diferentes concentrações de lignina (0,25%, 0,5%, 0,75% e 1%, com base na massa seca de amido).

Para cada filme, uma dispersão de amido de milho comercial (10 g de amido em 200 mL de água destilada) foi mantida a 95 °C por 30 min sob agitação magnética (150 rpm) para promover a gelatinização do amido. Posteriormente, adicionaram-se glicerol (3 g) e lignina (em quantidades correspondentes às concentrações). Cada mistura foi homogeneizada com Ultra-Turrax T-25 (Ika, Staufen, Alemanha) a 15.000 rpm por 15 min, e as bolhas de ar foram removidas a vácuo (bomba de vácuo MA057/1, Marconi). As dispersões foram depositadas sobre substratos de poliéster (Mylar®) em placas de vidro niveladas para uma espessura de 1,5 mm com o uso de uma barra de casting. Os filmes foram deixados para secar em ambiente controlado (23 °C a 50% UR) por 48 h.

Os filmes foram caracterizados segundo métodos descritos por Melo et al. (2019). As propriedades dos filmes adicionados com as diferentes concentrações de lignina estão apresentadas

na Tabela 1. Por um lado, a presença de lignina prejudicou algumas propriedades dos filmes de amido. Todas as propriedades mecânicas tiveram valores reduzidos; ainda assim, a resistência à tração permaneceu superior a 4 MPa, valor considerado o mínimo aceitável para aplicações em embalagens de alimentos (Tajeddin et al., 2010). Além disso, a opacidade aumentou, o que pode comprometer o uso do filme para aplicações que requeiram transparência. Por outro lado, a presença de lignina diminuiu a permeabilidade a vapor de água e aumentou a hidrofobicidade (refletida pelo ângulo de contato em água), o que

favorece aplicações em que uma boa barreira a vapor de água seja requerida.

Por fim, as propriedades ativas dos filmes (atividade antioxidante e absorção de luz UV) foram significativamente aumentadas, favorecendo aplicações em alimentos suscetíveis à oxidação de lipídios. No contexto de propriedades ativas, as formulações com os maiores teores de lignina (0,75% e 1%) merecem destaque. Enquanto a maior atividade antioxidante foi observada para o filme com 0,75% de lignina, a maior absorção de UV foi registrada para o filme com 1% de lignina (Figura 2).

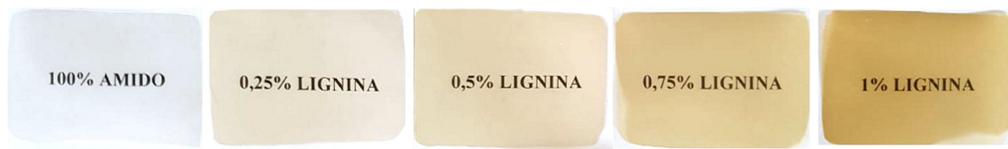
**Tabela 1.** Propriedades dos filmes de amido com diferentes teores de lignina de tegumento de semente de manga.

Propriedades	Teores de lignina nos filmes (% com base na massa de amido)				
	0	0,25	0,5	0,75	1
$\sigma$ (MPa)	5,79 <sup>a</sup>	5,50 <sup>ab</sup>	5,71 <sup>a</sup>	4,75 <sup>bc</sup>	4,48 <sup>c</sup>
$\epsilon$ (%)	38,59 <sup>a</sup>	40,65 <sup>a</sup>	31,31 <sup>a</sup>	30,31 <sup>b</sup>	29,06 <sup>b</sup>
E (MPa)	245,69 <sup>a</sup>	248,85 <sup>ab</sup>	246,02 <sup>a</sup>	208,84 <sup>ab</sup>	204,36 <sup>b</sup>
$P_{VA}$ (g.mm.kPa <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )	2,34 <sup>a</sup>	2,40 <sup>a</sup>	1,96 <sup>bc</sup>	2,07 <sup>ab</sup>	1,74 <sup>c</sup>
ACA (°)	43,32 <sup>c</sup>	55,92 <sup>b</sup>	61,64 <sup>a</sup>	61,70 <sup>a</sup>	62,34 <sup>a</sup>
MI (%)	80,26	78,99	85,39	83,84	86,53
OP (A.nm/mm)	259,4 <sup>e</sup>	346,0 <sup>d</sup>	434,3 <sup>c</sup>	535,0 <sup>b</sup>	629,7 <sup>a</sup>
AUV (A.nm/mm)	593,8 <sup>e</sup>	1747,5 <sup>d</sup>	2320,3 <sup>c</sup>	3135,9 <sup>b</sup>	4333,0 <sup>a</sup>
AA (%)	12,9 <sup>d</sup>	27,8 <sup>c</sup>	32,0 <sup>bc</sup>	49,2 <sup>a</sup>	36,3 <sup>b</sup>

$\sigma$ : resistência à tração;  $\epsilon$ : alongação na ruptura; E: módulo elástico;  $P_{VA}$ : permeabilidade a vapor de água; ACA: ângulo de contato em água; MI: teor de matéria insolúvel; OP: opacidade; AUV: absorção de luz ultravioleta; AA: atividade antioxidante medida em percentual de inibição do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH). Valores na mesma linha (mesma propriedade), seguidos por pelo menos uma letra em comum (ou não seguidos por letras), não diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ).

Os filmes de amido com lignina, especialmente em concentrações de 0,75% a 1%, apresentam potencial para aplicação como embalagem primária de produtos suscetíveis a oxidação e sensíveis a absorção de umidade,

como nozes e castanhas, granolas e barras de cereais. Estudos de aplicação são requeridos para validar o potencial de uso dos filmes para os alimentos mencionados.



**Figura 2.** Fotos dos filmes de amido, colocados sobre um papel branco previamente impresso com as identificações de cada tratamento. Da esquerda para a direita: controle, sem lignina (“100% amido”) e com teores crescentes de lignina. (Imagem: Vivania Alves de Sousa).

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa (projeto 12.14.04.002.00.00) pelo apoio financeiro e à CAPES pela bolsa de doutorado concedida à autora Vivania Alves de Sousa.

## Referências

AVELINO, F.; OLIVEIRA, D. R.; MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D. Poly (methyl methacrylate) films reinforced with coconut shell lignin fractions to enhance their UV-blocking, antioxidant and thermo-mechanical properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 125, p. 171-180, 2019.

BELLO, F.; CHIMPHANGO, A. Optimization of lignin extraction from alkaline treated mango seed husk by high shear homogenization-assisted organosolv process using response surface

methodology. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 167, p. 1379-1392, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.11.092>.

FAO (2019). **Major tropical fruits** – Statistical Compendium 2018. Disponível em <<http://www.fao.org/3/ca5688en/ca5688en.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2021.

GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). **Manual de exportacion:** Frutas tropicales y hortalizas, Eschborn, 1992. 34 p.

MELO, P. E. F.; SILVA, A. P. M.; MARQUES, F. P.; RIBEIRO, P. R. V.; SOUZA FILHO, M. S. M.; BRITO, E. S.; LIMA, J. R.; AZEREDO, H. M. C. Antioxidant films from mango kernel components. **Food Hydrocolloids**, v. 95, p. 487-495, 2019.

NOGUEIRA, I. M.; AVELINO, F.; OLIVEIRA, D. R.; SOUZA, N. F.; ROSA, M. F.; MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D. Organic solvent fractionation of acetosolv palm oil lignin: The role of its

structure on the antioxidant activity. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 122, p. 1163-1172, 2019.

**PLANT-O-GRAM. Mango tree Tommy Atkins variety grafted.** 2020. Disponível em: <[https://plantogram.com/product/mango\\_tommy\\_atkins/](https://plantogram.com/product/mango_tommy_atkins/)>. Acesso em: 30 set. 2021.

SÁ, N. M. S. M.; MATTOS, A. L. A.; SILVA, L. M. A.; BRITO, E. S.; ROSA, M. F.; AZEREDO, H. M. C. From cashew byproducts to biodegradable active materials: Bacterial cellulose-lignin-cellulose nanocrystal nanocomposite films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 161, p. 1337-1345, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.269>.

SHANKAR, S.; REDDY, J. P.; RHIM, J.-W. Effect of lignin on water vapor barrier, mechanical, and

structural properties of agar/lignin composite films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 81, p. 267-273, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.08.015>.

VERÇOSA, F. G.; SOUZA FILHO, M. S. M.; PEREIRA, V. A.; AZEREDO, H. M. C. **Extração de lignina do tegumento de mangas.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2019. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico 259). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/204125/1/CT-259.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2021.

TAJEDDIN, B.; RAHMAN, R. A.; ABDULAH, L. C. The effect of polyethylene glycol on the characteristics of kenaf cellulose/low-density polyethylene biocomposites. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 47, p. 292-297, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.04.004>.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agroindústria Tropical**  
Rua Dra. Sara Mesquita, 2270, Pici  
60511-110, Fortaleza, CE  
Fone: (85) 3391-7100  
Fax: (85) 3391-7109 / 3391-7195  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

1ª edição  
(2021): on-line



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente  
*Antônio Genésio Vasconcelos Neto*  
Secretária-executiva  
*Celli Rodrigues Muniz*  
Secretária-administrativa  
*Eveline de Castro Menezes*

Membros  
*Afrânio Arley Teles Montenegro, Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho, Christiana de Fátima Bruce da Silva, Francisco Nelsieudes Sombra Oliveira, José Roberto Vieira Júnior, Laura Maria Bruno, Roselayne Ferro Furtado, Sandra Maria Morais Rodrigues*

Revisão de texto  
*José Cesamildo Cruz Magalhães*  
Normalização bibliográfica  
*Rita de Cassia Costa Cid*  
Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*  
Editoração eletrônica  
*José Cesamildo Cruz Magalhães*  
Imagem da capa  
*Viviana Alves de Sousa*