

MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS PARA EMBALAGENS DE ALIMENTOS.

Davi Luiz Koester¹
Fernanda Pasin²
Geovana Grosselli³
Vânia Zanella Pinto⁴

Resumo: Com o crescente consumo de produtos alimentícios industrializados, cresce a necessidade de embalagens primárias, secundárias e terciárias, aumentando ainda mais a geração de resíduos sólidos urbanos. Apresentamos aqui diferentes materiais biodegradáveis para o desenvolvimento de embalagens, com destaque para aplicação em alimentos. O amido e os materiais lignocelulósicos oriundos dos resíduos da industrialização de alimentos merecem destaque tecnológico. Assim, além do baixo custo, da não toxicidade e da facilidade de reciclagem, o uso desses materiais contribui para a proteção ambiental e geração de valor agregado aos resíduos agrícolas. Neste contexto, desenvolvemos embalagens biodegradáveis empregando amido como matriz e diferentes resíduos agrícolas como material de reforço. O amido de mandioca tem sido amplamente utilizado para produzir filmes e espumas temo expandidas e diferentes resíduos agroindustriais são considerados promissores para melhorar e ampliar estes sistemas de embalagens. Desta forma, as embalagens devem cumprir as funções básicas de conter e preservar, de conveniência e comunicação e quando aplicável as funções avançadas, ativas e inteligentes, para garantir a segurança durante o processamento, distribuição e armazenamento destes alimentos, além de contribuir para a produção sustentável e economia circular. As dificuldades de processamento em escala, para viabilizar a ampla utilização destas embalagens demandam de pesquisas para consolidar as tecnologias.

Palavras-chave: Amido - Resíduos lignocelulósicos – Filmes - Bandejas expandidas.

INTRODUÇÃO

A vida contemporânea e as novas tecnologias implicam em grandes produções e grande acúmulo de lixo e resíduos não biodegradáveis, permanecendo por incontáveis anos criando não apenas uma crise sanitária, mas também um problema econômico e social (RAHMANI et al., 2013). Com o crescente consumo de produtos alimentícios industrializados, cresce a necessidade de embalagens primárias,

¹ Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS. daviluzkoester@gmail.com

² Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS. feerpasinr@gmail.com

³ Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS. geovanagrosselli10@gmail.com

⁴ Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pós-Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFPel. Atualmente é professora na Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS campus de Laranjeiras do Sul, PR. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTAL-UFFS) . vania.pinto@uffs.edu.br

secundárias e terciárias, aumentando ainda mais a geração de resíduos. Percebe-se então, um crescente interesse da sociedade em melhorar a situação ambiental, propondo e incentivando pesquisas a nível mundial a fim de desenvolver embalagens sustentáveis.

Os produtos derivados da agricultura estão emergindo como substitutos promissores para os polímeros plásticos convencionais. As alternativas mais comumente estudadas são polissacarídeos e proteínas, pelo seu caráter formador de matrizes contínuas que possibilitam confeccionar filmes ou revestimentos (MALI; GROSSMANN, 2003). Dentre estes o amido tem um destaque pelo baixo custo inicial e ampla disponibilidade, sendo amplamente estudado no desenvolvimento de produtos biodegradáveis. Um material biodegradável é um produto que tem a capacidade comprovada de se decompor no ambiente no qual é descartado, através de processos biológicos naturais, com formação de biomassa não tóxica, água, dióxido de carbono ou metano (AGARWAL, 2020).

Os resíduos agrícolas, como palhada de soja e milho, casca de mandioca, bagaço de malte, cascas de frutas e de sementes, como nozes, pinhão e amendoim são cada vez mais estudados com o intuito de agregar valor à estas matérias-primas e otimizar os recursos naturais. Estes resíduos contêm elevada concentração de celulose, hemicelulose e lignina, os quais melhoram as propriedades mecânicas de diferentes embalagens (EL HALAL et al., 2015; ENGEL et al., 2020; LENHANI et al., 2021; MIAO; HAMAD, 2013). O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de soja e milho, de cerveja e mandioca. Os resíduos destes produtos possuem grandes quantidades de fibras de celulose e podem ser reutilizados em filmes e embalagens expandidas. Assim, além do baixo custo, da não toxicidade e da facilidade de reciclagem, o uso desse material contribui para a proteção ambiental e geração de valor agregado à estas matérias-primas. Neste contexto, desenvolvemos embalagens biodegradáveis empregando amido como matriz e diferentes resíduos agrícolas como material de reforço.

1 MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS.

Os materiais biodegradáveis apresentam na sua composição química estruturas orgânicas susceptíveis a degradação pela ação de microrganismos, como algas, bactérias e fungos de ocorrência natural (KRZAN et al., 2006; ROSA et al.,

2002). A norma da American Society for Testing and Materials (ASTM) D5338 é um teste de biodegradação padrão que mede a biodegradação aeróbica de materiais plásticos sob condições controladas de compostagem (ASTM, 2015).

1.1 AMIDO

O amido é um carboidrato de reserva produzido pelas plantas superiores, representa cerca de 80% das calorias da dieta utilizados pelo homem. Os cereais (trigo, milho, arroz), as leguminosas (feijão, ervilha, lentilha) e os tubérculos e raízes (batata, mandioca) são matérias-primas abundantes e com elevada quantidade de amido (LEONEL, M; CEREDA, M.P, 2002) . Este polissacarídeo apresenta temperatura de gelatinização entre 58 °C e 85 °C, capacidade de formação de pasta, certa cristalinidade, as quais são dependentes da sua origem botânica e da proporção entre a amilose e amilopectina (ACKAR; SUBARIC; BABIC, 2011; MALI et al., 2002; PARAGINSKI et al., 2014).

A amilose é um polímero formado por ligações α -(1→4) entre unidades de glicose, que representa cerca de 20-30% em peso de amido (VILAPLANA; HASJIM; GILBERT, 2012). A amilopectina é um polímero constituído de segmentos lineares conectados por 5-6% de ramificações α -(1 → 6) e representa cerca de 70-80% em peso de amido (PÉREZ; BERTOFT, 2010). O amido de mandioca tem sido amplamente utilizado para produzir filmes e espumas temo expandidas e apresenta cerca de 15-18% de amilose. O teor de amilose do amido de mandioca favorece a formação de filmes e a expansão natural deste amido.

1.2 RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS

Os resíduos agrícolas, na maioria dos casos, apresentam certa dificuldade de descarte e podem tornar um passivo ambiental. Parte desses resíduos é composto por fibras oriundas da estrutura celular vegetal, constituídos por materiais lignocelulósicos. Esses materiais lignocelulósicos podem ser empregados na construção civil, elaboração de cosméticos, indústria automotiva e embalagens (MOSTAFA et al., 2018; XU et al., 2018). Dentre os resíduos podemos citar os oriundos do processamento de arroz, banana, da cana-de-açúcar, coco, milho cascas de ameixa, amendoim, café, tomate, pistache, malte (CHANDRA; GEORGE;

NARAYANANKUTTY, 2016; COLLAZO-BIGLIARDI; ORTEGA-TORO; CHIRALT BOIX, 2018; FRONE et al., 2017; JIANG; HSIEH, 2015; KESHK; SAMESHIMA, 2006; KHAWAS; DEKA, 2016; MARETT; ANING; FOSTER, 2017; MELLO; MALI, 2014). Estes resíduos apresentam em comum certa concentração de celulose, hemicelulose e lignina.

A celulose é o polímero natural mais abundante da natureza, sendo constituído de moléculas de glicose unidas por ligações glicosídicas do tipo β -(1→4), resultando em uma estrutura linear e insolúvel em água e na maioria dos solventes orgânicos. A celulose apresenta elevada cristalinidade e é responsável por conferir estabilidade, rigidez e resistência às estruturas da parede celular dos vegetais (JOHN; THOMAS, 2008; MEDRONHO; LINDMAN, 2015; SUHAS et al., 2016).

A hemicelulose é um polissacarídeo de cadeias lineares ou ramificadas, constituídas por diferentes açúcares, são amorfas e as mais comuns são as arabinanas, mananas, xilanas, conforme a composição e predominância dos monossacarídeos. Esta estrutura fica intercalada nas microfibrilas de celulose em um estágio anterior à lignificação, conferindo flexibilidade e elasticidade ao agregado e impedindo que as fibrilas de celulose se aproximem (MEDRONHO; LINDMAN, 2015; SILVA et al., 2009).

A lignina é o segundo polímero mais abundante na natureza e está presente na parede celular de plantas superiores, sendo uma macromolécula tridimensional fenólica amorfa associada à celulose e à hemicelulose na composição de materiais lignocelulósicos. A lignina é hidrofóbica, altamente ramificada formada pelos álcoois cumarílico, coniferílico e sinapílico, e a proporção destes três resulta em diferentes tipos de lignina. (JOHN; THOMAS, 2008; SATHAWONG; SRIDACH; TECHATO, 2018). A lignina atua como ligante entre as fibrilas de celulose e como um reforço no interior das fibras, conferindo impermeabilidade, suporte estrutural, resistência contra ataques microbianos e estresse oxidativo das plantas (PÉREZ et al., 2002; SATHAWONG; SRIDACH; TECHATO, 2018).

2 FILMES BIODEGRADÁVEIS.

Os filmes podem ser obtidos por diferentes técnicas, sendo os processos úmidos, a produção de filmes por casting e coberturas comestíveis, e os processos secos incluem a extrusão termoplástica.

Os filmes obtidos por casting e as coberturas comestíveis são processos úmidos e totalmente diferentes. A produção de filmes por casting ou fundição por evaporação de solvente (Figura 1) inclui a dissolução de um polímero em um solvente, a distribuição desta solução em molde e a evaporação do solvente e secagem (30 °C - 60 °C) do filme no molde (SUHAG et al., 2020). As coberturas comestíveis em geral, são aplicadas diretamente na superfície dos produtos, por imersão ou pulverização, geralmente aplicadas em frutas, vegetais e outros produtos alimentícios (AGUIRRE et al., 2018; CAZÓN et al., 2017; SUHAG et al., 2020).

Figura 1

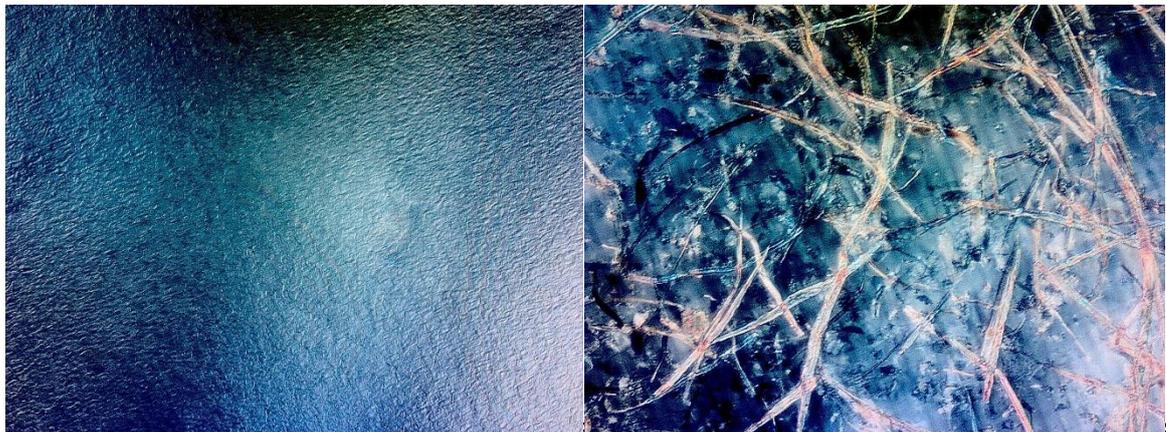


Figura 1: Filmes biodegradáveis de amido produzindo por casting sem e com adição de 5% fibras de celulose de resíduo da colheita de milho

De forma genérica, o material a ser extrusado é forçado através de um orifício em uma matriz aberta por uma força de compressão com controle de temperatura. Durante a extrusão termoplástica o amido, adiciona-se plastificante e mediante aquecido a 90 °C a 180 °C o material torna-se amorfo com características termoplásticas. Estas características são resultado do uso de energia termomecânica que promove a desestruturação dos grânulos de amido e a incorporação do plastificante (CORRADINI et al., 2005). Os filmes, comestíveis ou não, são flexíveis e empregados como embalagens de embrulho do tipo sacos, sacolas etc.

3 EXPUMAS TERMOEXPANDIDAS.

A termo expansão do amido é utilizada para a formação de espumas (Figuras 1 e 2) e ocorre em três etapas: a) uma suspensão de amido e a água é preparada com concentração específica, seguida de aquecimento até atingir a temperatura de gelatinização do amido; b) ao elevar a temperatura da suspensão, ocorre a formação de uma pasta viscosa que aprisiona o vapor de água não utilizada para gelatinizar o amido, promovendo a expansão da massa de amido; c) com a exaustão do vapor ocorre o ressecamento e secagem da massa expandida (CHEN et al., 2011; CRUZ et al., 2020; POLAT et al., 2013; SKO; RUDOLF, 2010; SOYKEABKAEW; THANOMSILP; SUWANTONG, 2015). Este processo é amplamente utilizado para a produção de biscoitos de polvilho e pão de queijo.



Figura 2: Embalagens tipo bandeja de amido termo expandidas reforçadas com bagaço de malte.

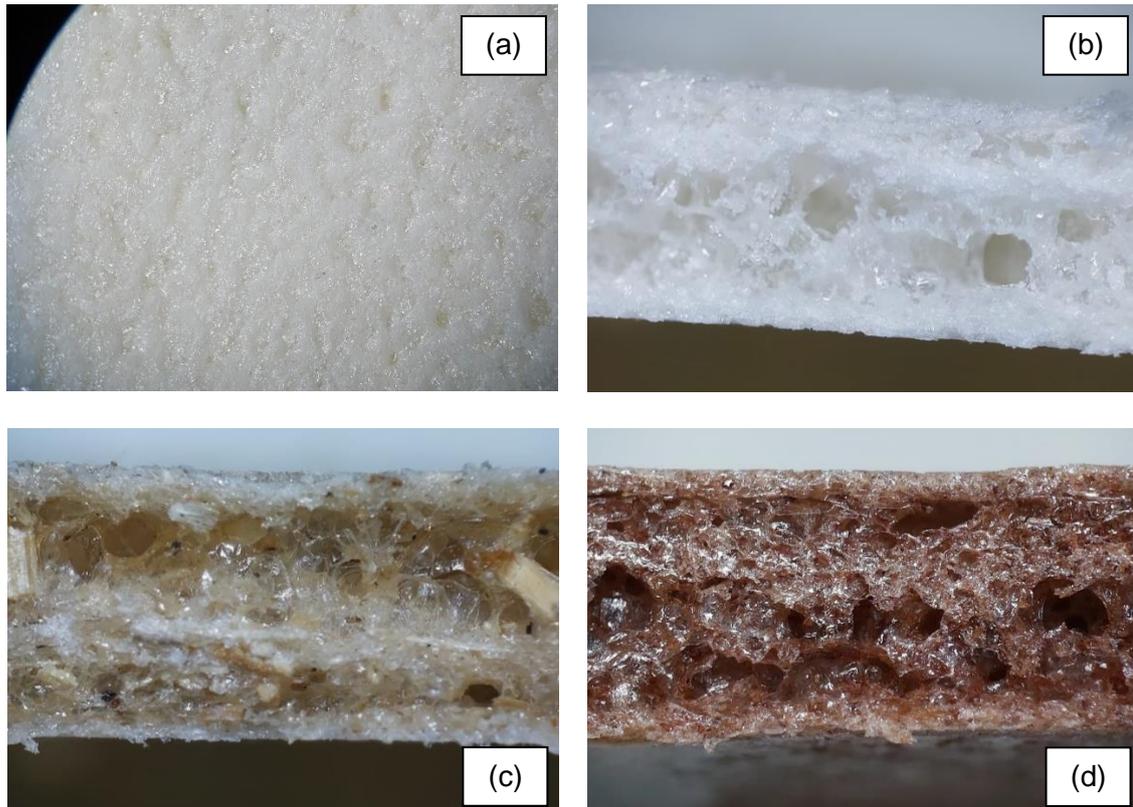


Figura 3: Superfície (a) e estrutura interna de embalagens termo expandidas de amido sem reforço (b) e reforçadas com palhada de soja (c) e casca de pinhão (d).

As espumas expandidas podem ser uma alternativa ao poliestireno expandido (EPS) na produção de embalagens de uso único, como bandejas, copos, recipientes de transporte e entrega de alimentos prontos. Estas embalagens de EPS possuem uso rápido, de horas ou no máximo dias, são de difícil reciclagem e elevada durabilidade, mesmo após o uso de descarte. Na Figura 2 estão exemplos de bandejas de amido termo expandidas produzidas com a inclusão de bagaço de malte, enquanto na Figura 3 estão mostradas a superfície e a estrutura interna das bandejas sem adição de reforço e com o emprego de com palhada de soja e casca de pinhão produzidas em molde fechado.

CONCLUSÃO

As embalagens devem cumprir as funções básicas de conter e preservar, de conveniência e comunicação e quando aplicável as funções avançadas, ativas e inteligentes, para garantir a segurança durante o processamento, distribuição e

armazenamento destes alimentos, além de contribuir para a produção sustentável e economia circular. No entanto, as embalagens biodegradáveis possuem limitações pela sua elevada afinidade com água e por empregar insumos alimentares, como os carboidratos e proteínas. Além, disso, há dificuldades de processamento em escala, para viabilizar a ampla utilização destas embalagens que ainda demandam de pesquisas para consolidar as tecnologias.

Desta forma, trabalhamos para desenvolver materiais e metodologias que possibilitem a produção de embalagens biodegradáveis. Assim, pretende-se contribuir para a redução de resíduos sólidos urbanos gerados da utilização de embalagens de uso único e outras aplicações que não são biodegradáveis. Além disso, pretendemos ampliar e fortalecer o desenvolvimento científico e tecnológico usando matérias-primas regionais de forma a agregar valor aos resíduos sem elevada importância comercial.

REFERÊNCIAS

ACKAR, D.; SUBARIC, D.; BABIC, J. **Wheat starch: Production, properties, modification and uses**. Third Edit ed. [S. l.]: Elsevier Inc., 2011. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-746275-2.00010-0>

AGARWAL, S. Biodegradable Polymers: Present Opportunities and Challenges in Providing a Microplastic-Free Environment. **Macromolecular Chemistry and Physics**, [S. l.], v. 221, n. 6, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/macp.202000017>

AGUIRRE, J. *et al.* Basic and Applied Concepts of Edible Packaging for Foods. In: ALEXANDRU MIHAI GRUMEZESCU; HOLBAN, A. M. (org.). **Food Packaging and Preservation**. Berlin Heidelberg: Elsevier Inc., 2018. p. 1–61. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811516-9/00001-4>

ASTM. D5338-15 Standard Test Method for Determining Aerobic Biodegradation of Plastic Materials Under Controlled Composting Conditions, Incorporating Thermophilic Temperatures. In: **ASTM International**. West Conshohocken: [s. n.], 2015. *E-book*. Disponível em: www.astm.org

CAZÓN, P. *et al.* Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 68, p. 136–148, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.009>

CHANDRA, J. C. S.; GEORGE, N.; NARAYANANKUTTY, S. K. Isolation and characterization of cellulose nanofibrils from arecanut husk fibre. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 142, p. 158–166, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.01.015>

CHEN, P. *et al.* Internal structures and phase-transitions of starch granules during gelatinization. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 83, n. 4, p. 1975–1983, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.11.001>

COLLAZO-BIGLIARDI, S.; ORTEGA-TORO, R.; CHIRALT BOIX, A. Isolation and characterisation of microcrystalline cellulose and cellulose nanocrystals from coffee husk and comparative study with rice husk. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 191, p. 205–215, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.03.022>

CORRADINI, E. *et al.* Estudo Comparativo de Amidos Termoplásticos Derivados do Milho com Diferentes Teores de Amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 268–273, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-14282005000400011>

CRUZ, J. C. da *et al.* Bandejas expandidas de amido de batata reforçadas com bagaço de malte. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e875997630, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7630>

EL HALAL, S. L. de M. *et al.* Films based on oxidized starch and cellulose from barley. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 133, p. 644–653, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.024>

ENGEL, J. B. *et al.* Reuse of Different Agroindustrial Wastes: Pinhão and Pecan Nutshells Incorporated into Biocomposites Using Thermocompression. **Journal of Polymers and the Environment**, [S. l.], v. 28, n. 5, p. 1431–1440, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01696-w>

FRONE, A. N. *et al.* Isolation of cellulose nanocrystals from plum seed shells, structural and morphological characterization. **Materials Letters**, [S. l.], v. 194, p. 160–163, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2017.02.051>

JIANG, F.; HSIEH, Y. Lo. Cellulose nanocrystal isolation from tomato peels and assembled nanofibers. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 122, p. 60–68, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.12.064>

JOHN, M. J.; THOMAS, S. Biofibres and biocomposites. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 71, n. 3, p. 343–364, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.05.040>

KESHK, S.; SAMESHIMA, K. The utilization of sugar cane molasses with/without the presence of lignosulfonate for the production of bacterial cellulose. **Applied Microbiology and Biotechnology**, [S. l.], v. 72, n. 2, p. 291–296, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00253-005-0265-6>

KHAWAS, P.; DEKA, S. C. Isolation and characterization of cellulose nanofibers from culinary banana peel using high-intensity ultrasonication combined with chemical treatment. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 151, p. 725–734, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.06.011>

KRZAN, A. *et al.* Standardization and certification in the area of environmentally degradable plastics. [S. l.], v. 91, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2006.04.034>

LENHANI, G. C. *et al.* Application of Corn Fibers from Harvest Residues in Biocomposite Films. **Journal of Polymers and the Environment**, [S. l.], n. 29, p. 2813–2824, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02078-6>

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

MALI, S. *et al.* Microstructural characterization of yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 50, n. 4, p. 379–386, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(02\)00058-9](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(02)00058-9)

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Effects of Yam Starch Films on Storability and Quality of Fresh Strawberries (*Fragaria ananassa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 51, n. 24, p. 7005–7011, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf034241c>

MARETT, J.; ANING, A.; FOSTER, E. J. The isolation of cellulose nanocrystals from pistachio shells via acid hydrolysis. **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 109, n. September, p. 869–874, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.039>

MEDRONHO, B.; LINDMAN, B. Brief overview on cellulose dissolution/regeneration interactions and mechanisms. **Advances in Colloid and Interface Science**, [S. l.], v. 222, p. 502–508, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2014.05.004>

MELLO, L. R. P. F.; MALI, S. Use of malt bagasse to produce biodegradable baked foams made from cassava starch. **Industrial Crops & Products**, [S. l.], v. 55, p. 187–193, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.02.015>

MIAO, C.; HAMAD, W. Y. Cellulose reinforced polymer composites and nanocomposites: A critical review. **Cellulose**, [S. l.], v. 20, n. 5, p. 2221–2262, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10570-013-0007-3>

MOSTAFA, N. A. *et al.* Production of biodegradable plastic from agricultural wastes. **Arabian Journal of Chemistry**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 546–553, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.04.008>

PARAGINSKI, R. T. *et al.* Characteristics of starch isolated from maize as a function of grain storage temperature. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 102, n. 1, p. 88–94, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.11.019>

PÉREZ, J. *et al.* Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: An overview. **International Microbiology**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 53–63, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10123-002-0062-3>

PÉREZ, S.; BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules : A comprehensive review. **Starch - Stärke**, [S. l.], v. 62, p. 389–420, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/star.201000013>

POLAT, S. *et al.* The effects of the addition of corn husk fibre , kaolin and beeswax on cross-linked corn starch foam. [S. l.], v. 116, p. 267–276, 2013. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.12.017>

RAHMANI, E. *et al.* On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles. **Construction and Building Materials**, [S. l.], v. 47, p. 1302–1308, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.041>

ROSA, D. S. *et al.* Avaliação da Biodegradação de Poli-beta-(Hidroxibutirato), Poli-beta-(Hidroxibutirato-co-valerato) e Poli-épsilon-(caprolactona) em Solo Compostado. **Polímeros**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 311–317, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0104-14282002000400015>

SATHAWONG, S.; SRIDACH, W.; TECHATO, K. Lignin: Isolation and preparing the lignin based hydrogel. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2018.05.008>

SILVA, R. *et al.* Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. **Química Nova**, [S. l.], v. 32, n. 3, p. 661–671, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300010>

SKO, J.; RUDOLF, Ž. Starch Foam Expansion in a Closed Mold. **Food and Bioprocess Technology**, [S. l.], v. 3, p. 615–619, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0348-y>

SOYKEABKAEW, N.; THANOMSILP, C.; SUWANTONG, O. A review: Starch-based composite foams. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, [S. l.], v. 78, p. 246–263, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.014>

SUHAG, R. *et al.* Film formation and deposition methods of edible coating on food products : A review. **Food Research International**, [S. l.], v. 136, n. March, p. 109582, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>

SUHAS *et al.* Cellulose: A review as natural, modified and activated carbon adsorbent. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 216, p. 1066–1076, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.05.106>

VILAPLANA, F.; HASJIM, J.; GILBERT, R. G. Amylose content in starches: Toward optimal definition and validating experimental methods. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 88, n. 1, p. 103–111, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.11.072>

XU, J. *et al.* Production and characterization of cellulose nanofibril (CNF) from agricultural waste corn stover. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 192, n. March, p. 202–207, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.03.017>