



Biopolímero de araruta (*Maranta arundinacea* L.) como matriz promissora para incorporação de compostos bioativos e outras aplicações

Arrowroot biopolymer (*Maranta arundinacea* L.) as a promising matrix for incorporating bioactive compounds and other applications

Biopolímero de arrurruz (*Maranta arundinacea* L.) como matriz prometedora para la incorporación de compuestos bioactivos y otras aplicaciones

Jéssica Cristina Pereira Borges¹, Elisiane de Bona Sartor¹, Maria Eduarda Matos Goulart Lecheta¹, Cintia dos Anjos¹, Deise Prehs Montrucchio¹, Josiane de Fátima Gaspari Dias¹, Obdulio Gomes Miguel¹, Marilis Dallarmi Miguel¹.

RESUMO

Objetivo: Elencar e analisar estudos que investigaram o uso do biopolímero araruta (*Maranta arundinacea* L.) como matriz inovadora no desenvolvimento de produtos tecnológicos para incorporação de bioativos, com foco em aplicações biomédicas, farmacêuticas e tecnológicas. **Métodos:** A seleção de artigos foi realizada nas bases PubMed, Scielo e Scopus, considerando publicações entre 2013 e 2023. Foram incluídos 12 estudos na revisão final a partir da aplicação critérios de inclusão e exclusão, garantindo a relevância e a qualidade dos estudos selecionados para análise. **Resultados:** Observou-se que a araruta é utilizada principalmente na incorporação de óleos essenciais, extratos vegetais e polissacarídeos para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis e bioativas, filmes comestíveis nutritivos e membranas poliméricas cicatrizantes. Esses estudos ressaltam o potencial da araruta para promover funcionalidade e sustentabilidade em produtos biomédicos e farmacêuticos. **Considerações finais:** Este estudo destaca a araruta como uma matriz promissora e de baixo custo para inovação em biomateriais, incentivando o avanço das pesquisas e aplicações práticas nessa área.

Palavras-chave: Biopolímero, Filmes, *Maranta arundinacea*, Amido.

ABSTRACT

Objective: To list and analyze studies that have investigated the use of the biopolymer arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) as an innovative matrix in the development of technological products for the incorporation of bioactives, with a focus on biomedical, pharmaceutical and technological applications. **Methods:** Articles were selected from the PubMed, Scielo and Scopus databases, considering publications between 2013 and 2023. Twelve studies were included in the final review based on the application of inclusion and exclusion criteria, ensuring the relevance and quality of the studies selected for analysis. **Results:** It was observed that arrowroot is mainly used in the incorporation of essential oils, plant extracts and polysaccharides for the development of biodegradable and bioactive packaging, nutritious edible films and healing polymer membranes. These studies highlight the potential of arrowroot to promote functionality and sustainability in

¹ Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba - PR.

biomedical and pharmaceutical products. **Final considerations:** This study highlights arrowroot as a promising, low-cost matrix for innovation in biomaterials, encouraging further research and practical applications in this area.

Keywords: Biopolymer, Films, *Maranta arundinacea*, Starch.

RESUMEN

Objetivo: Enumerar y analizar los estudios que han investigado el uso del biopolímero arrurruz (*Maranta arundinacea* L.) como matriz innovadora en el desarrollo de productos tecnológicos para la incorporación de bioactivos, con un enfoque en aplicaciones biomédicas, farmacéuticas y tecnológicas. **Métodos:** Se seleccionaron artículos de las bases de datos PubMed, Scielo y Scopus, teniendo en cuenta las publicaciones entre 2013 y 2023. Doce estudios fueron incluidos en la revisión final a partir de la aplicación de criterios de inclusión y exclusión, garantizando la pertinencia y calidad de los estudios seleccionados para el análisis. **Resultados:** Se observó que el arrurruz se utiliza principalmente para incorporar aceites esenciales, extractos de plantas y polisacáridos para el desarrollo de envases biodegradables y bioactivos, películas comestibles nutritivas y membranas poliméricas cicatrizantes. Estos estudios ponen de relieve el potencial del arrurruz para promover la funcionalidad y la sostenibilidad en productos biomédicos y farmacéuticos. **Consideraciones finales:** Este estudio pone de relieve que el arrurruz es una matriz prometedora y de bajo coste para la innovación en biomateriales, lo que anima a seguir investigando y a desarrollar aplicaciones prácticas en este ámbito.

Palabras clave: Biopolímero, Películas, *Maranta arundinacea*, Almidón.

INTRODUÇÃO

O crescente interesse pela utilização de biopolímeros, provenientes de fontes renováveis, está associado a fatores ambientais e socioeconômicos (PACHECO MS, et al., 2021). Seu emprego industrial é amplo e compreende embalagens, materiais médicos, cosméticos, aditivos para alimentos, tecidos, produtos para tratamento de água, plásticos de emprego industrial, absorventes, biossensores e dispositivos de armazenamento de dados (CHASSENIEUX C, et al., 2013; GEORGE A, et al., 2020).

Nos últimos anos, biopolímeros naturais, como polissacarídeos, proteínas, nucleotídeos, e lignina têm sido considerados recursos renováveis para o desenvolvimento de biomateriais funcionais usados nos campos biomédico e farmacêutico (SI C, et al., 2021). Entre eles, o amido, um dos biopolímeros mais abundantes na natureza, vem sendo explorado por ter baixo custo, ser considerado não tóxico, biocompatível e biodegradável como matéria-prima para a substituição de polímeros sintéticos em diversas aplicações (TARIQUE J, et al., 2021). Ainda assim, exceto pelo amido de milho, batata e trigo, outras fontes de amido são relativamente pouco exploradas apesar de apresentarem potencial promissor para o desenvolvimento de produtos nas indústrias alimentícia e farmacêutica.

A *Maranta arundinacea* L., comumente conhecida como araruta, é uma espécie arbustiva rizomatosa, nativa da América Central e América do Sul, com tubérculos fusiformes ricos em amido (NEVES MCP, et al., 2005; NOGUEIRA GF, et al., 2018). Apesar de não ser endêmica do Brasil, sua ocorrência está associada ao predomínio fitogeográfico do bioma Pantanal (LUNA NKM e SAKA MN, 2020). É uma fonte promissora de amido devido ao seu alto teor de amilose, em torno de 35% (SANDOVAL GORDILLO CA, et al., 2014), competindo com o amido de milho (28-33%), amido de trigo (30-32%), amido de batata (18-20%) e amido de mandioca (16-19%) (AMANTE PR, et al., 2021; MALKI MKS, et al., 2023). Amidos ricos em amilose produzem filmes com melhores propriedades de tração e barreira, devido à estrutura mais compacta da amilose linear, quando comparada à amilopectina ramificada (HOOVER R, et al., 2001; CHARLES AL, et al., 2016). Apresenta potencial para substituição do amido convencional por sua funcionalidade como hidrocoloide, agente espessante e pela propriedade gelificante, otimizando sua utilização na indústria farmacêutica e alimentícia (NOGUEIRA GF, et al., 2018; TARIQUE J, et al., 2021).

A incorporação de compostos bioativos na matriz polimérica de araruta permite ampliar as perspectivas para novas soluções nas áreas de desenvolvimento de embalagens biodegradáveis, medicina e tecnologia, expandindo suas aplicações práticas e sua relevância no campo científico e industrial. Assim, essa pesquisa buscou sintetizar os resultados de estudos que utilizaram o biopolímero araruta no desenvolvimento de produtos naturais a partir da incorporação de bioativos.

MÉTODOS

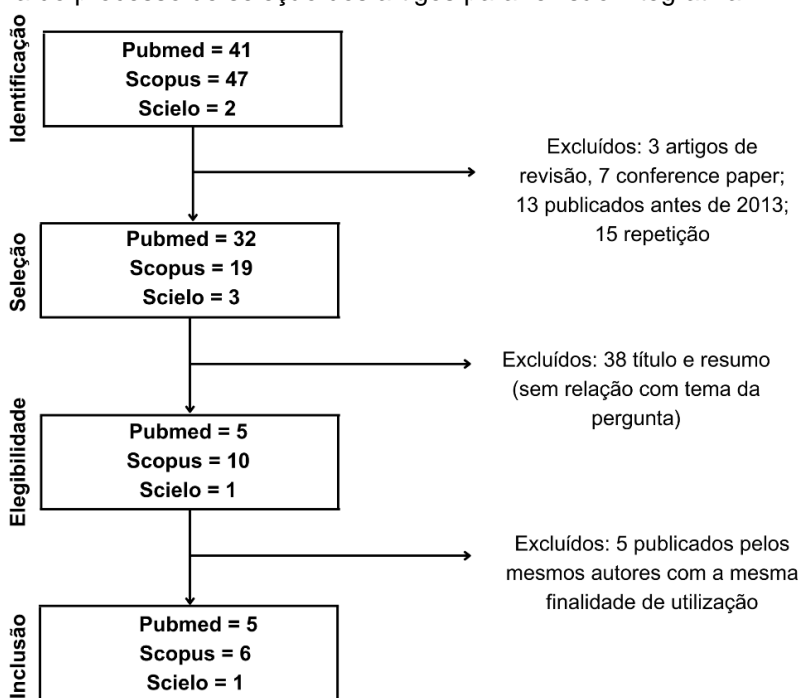
O presente trabalho consistiu em uma revisão integrativa de pesquisas científicas em bases de dados, com o objetivo de responder a seguinte pergunta: “Quais são as principais utilizações do biopolímero araruta no desenvolvimento de produtos naturais obtidos a partir da incorporação de bioativos?”. Para a pesquisa foram selecionados artigos nas bases de dados PubMed, Scielo e Scopus. As estratégias de busca utilizadas compreenderam as palavras-chave “arrowroot”, “*maranta*”, “*Maranta arundinacea* L.”, “biopolymer” e “film” da seguinte forma: (film OR biopolymer) AND (arrowroot OR *maranta* OR “*Maranta arundinacea* L.”).

Os critérios de inclusão adotados foram: artigos publicados entre 2013 e 2023, disponíveis em texto completo, escritos em português, inglês ou espanhol, e que abordassem aplicações do biopolímero araruta no desenvolvimento de produtos tecnológicos. Como critérios de exclusão, foram considerados artigos de revisão, trabalhos apresentados apenas em conferências, publicações fora do período especificado, estudos duplicados e aqueles que não apresentassem relação direta com a questão norteadora.

RESULTADOS

Após a busca nas bases de dados foram localizados 143 artigos, sendo 59 no PubMed, 82 no Scopus e 2 no SciELO. Após a aplicação dos critérios de exclusão, resultaram 54 estudos elegíveis. Desses, 38 foram excluídos após a análise de título e resumo por não se adequarem à temática proposta. Na etapa final, 5 artigos foram eliminados por serem publicados pelos mesmos autores com finalidades semelhantes, resultando em uma amostra final de 12 artigos: 5 do PubMed, 6 do Scopus e 1 da SciELO. Esse processo está detalhado no fluxograma apresentado na **Figura 1**.

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos artigos para revisão integrativa.



Fonte: Borges JCP, et al., 2025.

O **Quadro 1** sintetiza os principais achados das pesquisas incluídas, destacando a aplicação do biopolímero de araruta no desenvolvimento de produtos tecnológicos. Ele reúne informações como o título dos artigos, autores, ano de publicação, tipo de estudo, objetivos e conclusões, oferecendo uma visão consolidada dos resultados mais relevantes apresentados pelos estudos analisados.

Quadro 1 - Apresentação dos artigos selecionados na revisão integrativa.

N	Autor e ano	Objetivo	Principais resultados
1	ABDILLAH AA e CHARLES AL (2021)	Desenvolvimento de filmes comestíveis biodegradáveis	Características físico-químicas adequadas e vantagens adicionais para preservação dos alimentos
2	MENEZES FILHO ACP, et al (2022a)	Desenvolvimento de embalagem bioativa	Aumento de espessura e transmissão de luz; redução da solubilidade, transmissão de vapor e potencial atividade antibacteriana
3	MENEZES FILHO ACP, et al (2022b)	Desenvolvimento de embalagem biodegradável ativa	Aumento de espessura, diminuição de umidade, solubilidade, transparência e atividade antioxidante e antifúngica
4	FAKHOURI FM, et al. (2019)	Desenvolvimento de embalagem biodegradável ativa	Transferência de ácido ascórbico, cor e sabor aos filmes comestíveis
5	MIRANDA ÍKSPB, et al. (2021)	Desenvolvimento de filme terapêutico	Controle do edema, capacidade de absorção do exsudato aumentada e bioadesão diminuída
6	NOGUEIRA GF, et al. (2019)	Desenvolvimento de embalagem bioativa	Transferência de cor, antocianinas e capacidade antioxidante
7	NOGUEIRA GF, et al. (2022)	Desenvolvimento de filmes comestíveis e "fruit strips"	Alta acidez, alto teor de umidade e maior teor de sólidos solúveis e fonte de antocianinas
8	OLIVEIRA FILHO JG, et al. (2021)	Desenvolvimento de embalagem bioativa	Formação de barreira contra permeabilidade de vapor de água, luz UV e crescimento de fungos.
9	ROCHA AA, et al. (2022)	Desenvolvimento de embalagem biodegradável alimentícia	Alteração da permeabilidade ao vapor de água, redução da solubilidade, resistência à tração e rigidez
10	SANTOS LS, et al. (2021)	Desenvolvimento de embalagem bioativa	Atividade oxidante de compostos fenólicos e formação de filmes biodegradáveis
11	SHEIKH MA, et al. (2023)	Desenvolvimento de filmes comestíveis para aplicações alimentícias	Taxa reduzida de transmissão de vapor de água; melhoria das propriedades mecânicas, térmicas e de barreira
12	VALADARES ACF, et al. (2023)	Desenvolvimento de embalagem biodegradável ativa de alimentos	Alta atividade antifúngica contra <i>Rhizopus microsporus</i> e <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>

Fonte: Borges JCP, et al., 2025.

A incorporação de diferentes compostos bioativos em filmes de amido de araruta tem sido amplamente estudada devido ao seu potencial para melhorar propriedades estruturais, de barreira e bioativas. Os estudos analisados demonstram que a modificação da composição dos filmes influencia diretamente suas propriedades mecânicas, térmicas e antimicrobianas, dependendo do tipo e concentração do bioativo incorporado.

No contexto em que as tecnologias atuais buscam não apenas conservar os alimentos, mas também desenvolver processos mais sustentáveis e seguros para a saúde (DÍAZ-MONTES e CASTRO-MUÑOZ R, 2021), o estudo de Abdillah AA e Charles AL (2021) demonstrou que a combinação de amido de araruta e iota-carragenina resultou em filmes com desempenho superior. Esses filmes apresentaram maior resistência à tração, solubilidade em água e propriedades de inchaço, além de uma biodegradabilidade aprimorada tanto em solo quanto em água do mar, contribuindo para o aumento da vida útil dos alimentos.

Em relação à influência da incorporação de extratos vegetais, Nogueira GF, et al. (2022) e Fakhouri FM, et al. (2019) observaram que a adição de extratos de bagaço de uva e cranberry, respectivamente, conferiu coloração distinta e melhorou a bioatividade dos filmes. No entanto, enquanto no primeiro estudo destacou-

se a contribuição das antocianinas para a coloração e acidez do filme, no segundo o cranberry adicionou sabor e ácido ascórbico, proporcionando maior aceitação sensorial e potencial nutricional. Ambos os filmes apresentaram um grande potencial para uso em alimentos como embalagens ativas, substitutos parciais das embalagens plásticas não biodegradáveis ou filmes como “fruit strips”.

A modificação das propriedades mecânicas também foi um aspecto central nos estudos analisados. Sheikh MA, et al. (2023) demonstraram que filmes compostos por polímeros do caroço de ameixa e araruta apresentaram melhorias significativas em resistência e estabilidade térmica devido à maior reticulação estrutural. De forma semelhante, Oliveira Filho JG, et al. (2021) constataram que a incorporação de nanoemulsão de cera de carnaúba e nanocristais de celulose aumentou a resistência mecânica e reduziu a permeabilidade ao vapor d'água. Contrariamente, nos filmes estudados por Rocha AA, et al. (2022), a adição de óleo de licuri reduziu a resistência à tração, resultando em maior alongamento. Esses achados indicam que a escolha do aditivo influencia diretamente as propriedades mecânicas, sendo necessário um equilíbrio entre flexibilidade e resistência para aplicações específicas.

A atividade antimicrobiana dos filmes biopoliméricos também foi amplamente explorada. Valadares ACF, et al. (2020) observaram que a incorporação de óleos essenciais de *Piper aduncum* em filmes de araruta apresentou atividade antifúngica contra *Rhizopus microsporus* e *Colletotrichum gloeosporioides*, mas apenas dentro de um intervalo de concentração específico (até 1,0%), pois concentrações mais altas não formaram halos de inibição. Esse resultado corrobora com o estudo de Menezes Filho ACP, et al. (2022b), que enfatizou a importância da escolha das concentrações ideais de compostos bioativos para garantir a funcionalidade antimicrobiana sem comprometer outras propriedades do filme. Já Oliveira Filho JG, et al. (2021) destacaram a eficácia antifúngica dos óleos essenciais de *Mentha spicata* e *Cymbopogon martini* contra *Rhizopus stolonifere* *Botrytis cinerea*, sendo esses compostos vantajosos na conservação de frutas pós-colheita.

A estabilidade térmica e a transparência dos filmes foram impactadas pela adição de bioativos. Enquanto Oliveira Filho JG, et al. (2021) relataram que a nanoemulsão de cera de carnaúba reduziu a transparência dos filmes, Rocha AA, et al. (2022) demonstraram que a adição de óleo de licuri alterou a cor dos filmes de maneira proporcional à concentração de Tween 80. Por outro lado, Menezes Filho ACP, et al. (2022a) mostraram que o uso de sulfato de cobre aumentou a transmissão de luz nos filmes, o que pode ser benéfico ou indesejável dependendo da aplicação desejada.

A avaliação das propriedades funcionais dos filmes poliméricos foi abordada nos estudos de Santos LS, et al. (2021) e Nogueira GF, et al. (2019), que destacam a incorporação de compostos naturais em filmes biopoliméricos à base de araruta, com foco na atividade antioxidante. Santos LS, et al. observaram que o extrato etanólico de *C. chinense* conferiu aos filmes uma atividade antioxidante promissora devido à elevada concentração de compostos fenólicos, além de uma estrutura uniforme e rugosa, sugerindo potencial para aplicações bioativas. Por sua vez, Nogueira GF, et al. demonstraram que a incorporação de pós de polpa de amora e polpa microencapsulada transferiu cor, antocianinas e capacidade antioxidante aos filmes, com maior solubilidade em água e indicando uma possível aplicação como veículo de liberação controlada de compostos bioativos.

No contexto da influência da concentração dos bioativos, Nogueira GF, et al. (2019) avaliaram a adição de pó de polpa de amora e observaram que, em concentrações de até 20%, os filmes apresentavam melhor barreira ao vapor d'água, enquanto concentrações superiores a 30% resultavam em maior permeabilidade devido à aglomeração das partículas. Esse achado se alinha com as conclusões de ambos os estudos de Menezes Filho ACP, et al. (2022a e 2022b), que enfatiza a alteração das propriedades dos filmes em função das concentrações dos compostos incorporados.

O primeiro estudo menciona a alteração na espessura, transmissão de luz e solubilidade com diferentes doses de sulfato de cobre, enquanto o segundo destaca a alteração da espessura, transparência e a formação de bolhas com concentrações de óleos fixos extraídos de *Hymenaea stigonocarpa* e *Hymenaea courbaril* acima de 0,75%.

A utilização de membranas poliméricas para a cicatrização de feridas tem se destacado como uma abordagem inovadora, principalmente pela capacidade de administrar agentes terapêuticos que influenciam diferentes fases do processo de cicatrização. O estudo de Miranda ÍKSPB et al. (2021) analisou curativos poliméricos com bromelaína para otimizar a cicatrização de feridas cutâneas. Testes *in vivo* mostraram que membranas com bromelaína nanocarreada reduziram a contração da ferida em 13,28% após sete dias, além de apresentarem ausência de edema na análise histológica, em comparação às membranas com bromelaína livre. Os resultados indicam um potencial cicatrizante promissor e, embora a concentração do ativo ainda precise ser otimizada, reforçam sua viabilidade para aplicações biomédicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O amido de *M. arundinaceae* representa um biopolímero de grande versatilidade para indústria alimentícia e farmacêutica. Os estudos elencados nessa revisão investigaram a utilização do biopolímero em membranas poliméricas. A maioria dos estudos destacou a possibilidade do biopolímero representar um carreador de compostos bioativos, como óleos essenciais, extratos vegetais ou polissacarídeos, para a aplicação em embalagens biodegradáveis e/ou bioativas, visando a conservação de alimentos, assim como na produção de filmes comestíveis nutritivos e funcionais. Por fim, um estudo demonstrou a aplicação do biopolímero como membrana terapêutica para tratamento de lesões cutâneas, *in vivo*, indicando um potencial promissor para o uso na área médica, como curativos bioativos que podem acelerar a cicatrização e a regeneração cutânea. Essas combinações são promissoras e sustentáveis para a indústria, promovendo a redução de materiais sintéticos e plásticos convencionais e valorizando o cultivo de espécies tradicionais como a *M. arundinacea*. No entanto, ainda há muito a ser explorado sobre o biopolímero de araruta e estudos adicionais são necessários para compreender melhor suas propriedades, aplicações potenciais e viabilidade comercial.

REFERÊNCIAS

1. ABDILLAH AA, CHARLES AL. Characterization of a natural biodegradable edible film obtained from arrowroot starch and iota-carrageenan and application in food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021; 191: 618-626.
2. AMANTEPR, et al. Benefits and possible food applications of arrowroot (*Maranta arundinacea* L.). *Journal of Culinary Science & Technology*, v. 19, n. 6, p. 513-521, 2021.
3. CHARLESAL, et al. Functional properties of arrowroot starch in cassava and sweet potato composite starches. *Food Hydrocolloids*, v. 53, p. 187-191, 2016.
4. CHASSENIEUX C, et al. Biopolymers: State of the art, new challenges, and opportunities. In: THOMAS S, et al. (Eds.). *Handbook of Biopolymer-Based Materials: From Blends and Composites to Gels and Complex Networks*. Weinheim: Wiley-VCH, 2013; 988p.
5. DÍAZ-MONTES EeCASTRO-MUÑOZR. Edible films and coatings as food-quality preservers: An overview. *Foods*, 2021; 10(2): e249.
6. FAKHOURI FM, et al. Bioactive edible films based on arrowroot starch incorporated with cranberry powder: Microstructure, thermal properties, ascorbic acid content and sensory analysis. *Polymers*, 2019; 11(10): e1650.
7. GEORGE A, et al. A comprehensive review on chemical properties and applications of biopolymers and their composites. *International journal of biological macromolecules*, 2020; 154: 329-338.
8. HOOVERR. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers*, v. 45, n. 3, p. 253-267, 2001.
9. LUNANKM, SAKAMN. *Maranta* in Flora do Brasil, 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB599505>.
10. MALKIMKS, et al. Characterization of arrowroot (*Maranta arundinacea*) starch as a potential starch source for the food industry. *Heliyon*, v. 9, n. 9, 2023.

11. MENEZES FILHO ACP, et al. Biodegradable films of arrowroot starch (*Maranta arundinacea*) incorporated with floral extract of *Tabebuia impetiginosa* and copper sulfate: physical and physicochemical properties, and biodegradability and antibacterial activities. *Brazilian Journal of Science*, 2022a; 1(2): 46-58.
12. MENEZES FILHO ACP, et al. Incorporation of Oil From *Hymenaea stigonocarpa* and *Hymenaea courbaril* Into Biofilms Made From Arrowroot Starch: Physicochemical, Biodegradability and Antifungal Activity. *Journal of Agricultural Science*, 2022b; 14(4): 156-169.
13. MIRANDA ÍKSPB, et al. Development of membranes based on carboxymethyl cellulose/acetylated arrowroot starch containing bromelain extract carried on nanoparticles and liposomes. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2021; 110(6): 2372-2378.
14. NEVES MCP, et al. Araruta: Resgate de um cultivo tradicional. Embrapa, 2005.
15. NOGUEIRA GF, et al. Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) starch and its application in edible films. *Carbohydrate Polymers*, v. 186, p. 64-72, 2018.
16. NOGUEIRA GF, et al. Development and characterization of arrowroot starch films incorporated with grape pomace extract. *Polysaccharides*, 2022; 3(1): 250-263.
17. NOGUEIRA GF, et al. Active edible films based on arrowroot starch with microparticles of blackberry pulp obtained by freeze-drying for food packaging. *Polymers*, 2019; 11(9): e1382.
18. OLIVEIRA FILHO JG, et al. Arrowroot starch-based films incorporated with a carnauba wax nanoemulsion, cellulose nanocrystals, and essential oils: A new functional material for food packaging applications. *Cellulose*, 2021; 28 (10): 6499-6511.
19. PACHECOMS, et al. A review on orally disintegrating films (ODFs) made from natural polymers such as pullulan, maltodextrin, starch, and others. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021; 178: 504-513.
20. ROCHA AA, et al. Edible Films Based on Arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) Starch Incorporated with Licuri Oil (*Syagrus coronata*) and Tween 80. *Journal of Polymers and the Environment*, 2022; 30(11): 4821-4834.
21. SANDOVAL GORDILLO CA, et al. Physicochemical characterization of arrowroot starch (*Maranta arundinacea*) and glycerol/arrowroot starch membranes. *International Journal of Food Engineering*, v. 10, n. 4, p. 727-735, 2014.
22. SANTOS LS, et al. Ethanolic extract from *Capsicum chinense* Jacq. ripe fruits: phenolic compounds, antioxidant activity and development of biodegradable films. *Food Science and Technology*, 2020; 41(2): 497-504.
23. SHEIKH MA, et al. Harnessing plum (*Prunus domestica* L.) processing wastes for the fabrication of bio-composite edible films: An attempt towards a food circular bioeconomy. *Food Hydrocolloids*, 2023; 142: e108790.
24. SI, C et al. Natural Biopolymers: Property, Modifications and Applications in Pharmaceutical Fields. *Current Medicinal Chemistry*, 2021; 28(40): 8239-8242.
25. TARIQUE J, et al. Recent developments in sustainable arrowroot (*Maranta arundinacea* Linn) starch biopolymers, fibres, biopolymer composites and their potential industrial applications: A review. *Journal of Materials Research and Technology*, 2021; 13: 1191-1219.
26. VALADARES ACF, et al. Incorporation of essential oils from *Piper aduncum* into films made from arrowroot starch: effects on their physicochemical properties and antifungal activity. *Química Nova*, 2020; 43(6): 729-737.