

Caracterização da farinha da semente de abacate (*Persea americana* Mill) para potencial produção de filmes biodegradáveis

Renata Cardoso Pospichil¹ e Ruth Marlene Campomanes Santana²

^{1,2}Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, Brasil.
(renatapospichil@hotmail.com)

Resumo: Este trabalho caracterizou a farinha de semente de abacate (FSA) para produção de plásticos biodegradáveis, visando reduzir a poluição por plásticos convencionais. Técnicas como FRX, DRX, FTIR, TGA e DSC revelaram composição orgânica (amido), cristalinidade moderada (23,8%) e estabilidade térmica até 160°C. A FSA, resíduo agroindustrial, mostrou potencial para filmes sustentáveis, alinhando-se à bioeconomia.

Palavras-chave: farinha de semente de abacate; biomassa; amido; filme biodegradável; subproduto

INTRODUÇÃO

Desde o início da produção em larga escala na década de 1950, o consumo de polímeros cresceu de forma extraordinária, impulsionado principalmente por sua versatilidade e baixo custo. E com o avanço da tecnologia possibilitou o desenvolvimento de aplicações mais leves, inteligentes e eficientes em diversos setores, como transporte, embalagens e agricultura. Segundo a *Plastics Europe*, em 2023 foram produzidas 413,8 milhões de toneladas de plásticos no mundo. No entanto, apenas 36,2 milhões de toneladas de plásticos pós-consumo foram recicladas, correspondendo a apenas 8,7% de toda a cadeia produtiva mundial.

Com o aumento do consumo de plástico e sua baixa taxa de reciclagem, a poluição plástica tornou-se uma preocupação global, uma vez que o plástico de fonte fóssil leva muitos anos para se decompor naturalmente e também ocupam muito espaço nos aterros devido sua baixa densidade. Além disso, os plásticos podem se fragmentar em milhares de pequenas partículas, o que resulta na crescente atenção aos impactos dos microplástico, e reforça a necessidade de iniciativas para minimizar os danos causados por esses resíduos, que são prejudiciais tanto ao meio ambiente quanto aos seres vivos (PRASETYO et al, 2025).

Uma possível solução para esse problema é a utilização de plásticos biodegradáveis. De acordo com a norma ASTM D-883-22, um plástico é considerado biodegradável quando sua degradação ocorre pela ação de microrganismos naturalmente presentes no ambiente, como fungos, bactérias e algas. Isso significa que a biodegradação não depende apenas da composição química do polímero, mas também da presença e atividade desses microrganismos. Em condições anaeróbicas, a degradação do material

resulta na formação de dióxido de carbono e metano. Já em condições aeróbicas, o plástico é decomposto em dióxido de carbono, água e biomassa (YANG et al., 2024).

A busca por alternativas para reduzir os impactos causados pelos resíduos tem sido amplamente destacada em pesquisas recentes. Entre as soluções para a diminuição da poluição gerada por plásticos de origem fóssil e o reaproveitamento de resíduos agroindustriais, destaca-se a produção de polímeros biodegradáveis à base de amido (AKHTER et al., 2024). O amido é um polissacarídeo extraído de plantas e, por ser uma fonte renovável, tem grande relevância e é alvo de diversos estudos. FIGUEIRÓ (2021) investigou a produção e caracterização de espumas à base de fécula de mandioca como alternativa ao poliestireno expandido (EPS). Já FONSECA (2015) analisou a produção e as propriedades mecânicas e de barreira de filmes biodegradáveis de amido de batata-doce.

O amido é a principal fonte de carboidratos de origem vegetal, atuando como reserva energética para as plantas. Por isso, pode ser encontrado em diversos alimentos, como batata, mandioca, milho e arroz, entre outros. Além disso, o amido também está presente nas sementes de frutas, que atualmente são consideradas resíduos pela indústria (MARTINS et al., 2022). As sementes de abacate (*Persea americana* Mill), por exemplo, representam uma possível fonte de extração de amido, uma vez que a casca e a semente correspondem a aproximadamente 30% da fruta e, na maioria das vezes, são descartadas.

O abacate, é um fruto nativo da América Central, cultivado principalmente no México, embora seja produzido em outros países de clima tropical e subtropical. De acordo com a Food and Agriculture

Organization (FAO), em 2022, a produção global de abacate atingiu 8,98 milhões de toneladas, demonstrando um crescimento constante nos últimos 15 anos (ALMEIDA, 2022). O abacate possui alta qualidade nutricional, destacando-se pela presença de vitaminas, minerais, proteínas e fibras. Seu alto teor de lipídios, especialmente ácidos graxos monoinsaturados, contribui para a prevenção de doenças cardiovasculares (SALAZAR-IRRAZABAL, et al. 2023; TESFAYE, et al. 2022). Além disso, contém elevados níveis de compostos fitoquímicos bioativos, incluindo vitamina E, carotenoides, esteróis e compostos fenólicos, entre outros. Por isso, este fruto apresenta um grande potencial para o desenvolvimento de plásticos biodegradáveis à base de amido, especialmente para a preservação de alimentos (GONÇALVES, B.; SAMPAIO, A., 2022).

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo caracterizar a farinha da semente de abacate (FSA) para potencial desenvolvimentos futuros de filmes biodegradáveis, para aplicação em embalagens sustentáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de abacate (figura 1) utilizadas para este trabalho foram gentilmente doadas por um restaurante da região metropolitana de Porto Alegre/RS.



Figura 1. Sementes de abacate recebidas

Para obtenção da farinha de semente de abacate (FSA), as sementes foram lavadas em água corrente e tiveram o endocarpo removido. Em seguida, foram

cortadas em pedaços menores com o auxílio de uma faca de aço inoxidável sobre uma tábua de corte. Posteriormente, os pedaços foram congelados e submetidos à liofilização em um liofilizador de bancada, marca E-C MODYLYO, por 120 horas. Após esse processo, as sementes liofilizadas foram trituradas em um liquidificador doméstico (Philips Walita, modelo PowerChop 750W). Por fim, a farinha foi passada em uma peneira de 24 mesh com abertura de 0,71mm, a fim de padronizar o tamanho das partículas. As etapas de processamento da farinha são possíveis visualizar na figura 2.



Figura 2. (a) Sementes no liofilizador; (b) moagem das sementes; (c) farinha das sementes peneirada.

Fluorescência de raios-X (FRX)

A composição química elementar da FSA foi determinada por meio da técnica de espectrometria por fluorescência de raios X (FRX), utilizando um equipamento portátil Niton XI3t GOLDD+ da marca Thermo Scientific. O FRX possui capacidade de medição de concentrações que variam de 10 ppm a 100% em massa (m/m) do analito. Com essa técnica, foi possível identificar os elementos químicos com números atômicos maiores que 10 ($Z > 10$) presentes na amostra, bem como quantificar a concentração de cada elemento detectado.

Difração de raios-X (DRX)

A cristalinidade da farinha foi avaliada utilizando a técnica de difração de raios-X. A análise foi realizada utilizando um difratômetro de raios X (Modelo D-5000, Siemens/Bruker) sob as seguintes condições: tensão de 40kVm corrente de 30 mA e usando como fonte de radiação monocromática Cu-K α (λ) = 1,5406 Å. Os dados foram detectados em uma faixa angular (2θ) de 5 a 50° a uma taxa de varredura de 0,05°/1 s. A faixa angular foi definida de acordo com os picos já conhecidos para materiais amiláceos. A cristalinidade relativa (CR) foi calculada utilizando a equação 1:



$$CR(\%) = \frac{\text{área cristalina}}{\text{área total de difração}} \quad (1)$$

Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

A análise de infravermelho foi realizada utilizando um sensor de refletância total atenuada (ATR) acoplado a um espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) da marca PerkinElmer, modelo Spectrum 1000. Foram realizadas múltiplas varreduras no intervalo de transmitância de 4000 a 400 cm^{-1} , conforme orienta a norma ASTM E1252.

Análise Termogravimétrica (TGA)

A análise termogravimétrica da farinha foi realizada utilizando uma balança termogravimétrica modelo Q50 da marca TA Instrument. O ensaio foi conduzido em atmosfera de nitrogênio. A amostra de aproximadamente 10 mg foi submetida a uma faixa de temperatura de 25 °C até 800 °C, com uma taxa de aquecimento de 20 °C/min conforme a norma ASTM E1131.

Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

A variação da entalpia e da temperatura de fusão da farinha foi estudada por meio da técnica de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC). Para isso, foi utilizado o equipamento da marca TA Instrument, modelo Q20. A amostra, em quantidade de aproximadamente 5 mg foi preparada e pré-condicionadas em uma faixa de temperatura de 25°C a 200 °C, utilizando uma taxa de aquecimento de 10 C/min. A análise foi conduzida em atmosfera inerte de nitrogênio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fluorescência de raios-X (FRX)

A concentração dos principais elementos químicos identificados na composição da FSA é apresentada na tabela 1. O desvio padrão está relacionado ao erro associado às medidas instrumentais.

Tabela 1. Principais elementos químicos na composição da FSA por FRX

Elemento Químico	Símbolo	Concentração (ppm $\pm$ error)
Potássio	K	26480,7 $\pm$ 424,9
Silício	Si	3285,3 $\pm$ 281,8
Cálcio	Ca	2500,2 $\pm$ 315,5
Enxofre	S	1861,4 $\pm$ 99,2
Fósforo	P	1695,3 $\pm$ 139,7
Alumínio	Al	1130,9 $\pm$ 319,7
Cromo	Cr	45,9 $\pm$ 22,2
Cobre	Cu	40,3 $\pm$ 7,2
Tungstênio	W	67,9 $\pm$ 23,9
Cádmio	Cd	16,6 $\pm$ 3,9
Elementos não identificados*		962777,1 $\pm$ 166,7

*Representa elementos químicos não identificados pelo equipamento, ou seja, aqueles com número atômico (Z) menores que 12, como carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se inferir que existem sais inorgânicos de K, Si, Ca, S, P, Al na FSA sendo que o sal predominante é o potássio (K). Outras farinhas já estudadas, como babassu (Silva et al., 2023) e a de cânhamo (Rusu et al., 2021) possuem o potássio como elemento primário. Essa variação ocorre devido a fisiologia da planta, da composição da fonte hídrica e dos pesticidas utilizados nas plantações (Silva et al., 2023). Embora o potássio seja o elemento identificado com a maior concentração, há cerca de 96% em peso de elementos que não foram identificados devido a limitação do equipamento em medir e identificar elementos com número atômico inferior a 12. Essa quantidade de elementos não identificados pode ser um forte indicativo que a farinha possui característica predominantemente orgânica (Zourif et al., 2024).

Difração de raios-X (DRX)

Na figura 3 é apresentado o difratograma de raio X da FSA, onde é possível identificar os picos a 2 θ em aproximadamente 17,22°, 19,19° e 21,80°, correspondente a um padrão de cristalinidade do tipo B para amido de semente de abacate. Além disso, a

partir da equação 1, foi calculado a cristalinidade relativa que apresentou um resultado de 23,8%. Os resultados obtidos estão alinhados com outros exemplos (AGUILAR E TAPIA-BLÁCIDO, 2023, DIOS-AVILA et al., 2022, MERINO et al., 2021).

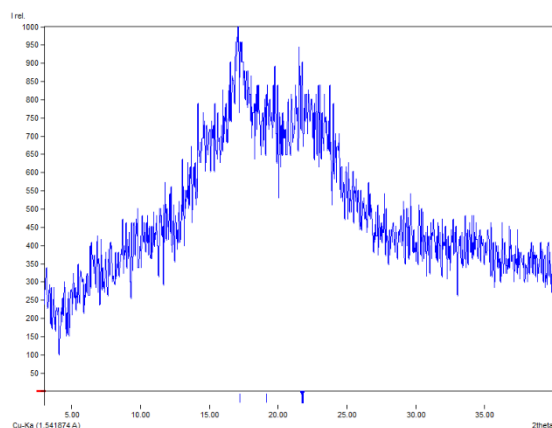


Figura 3. Difratograma da amostra da FSA.

O resultado do difratograma indica que a FSA apresenta uma estrutura típica de materiais semicristalinos, porém com predominância amorfa. Materiais cristalinos, geralmente exibem picos intensos, estreitos e bem definidos, enquanto os amorfos possuem picos mais largos e de baixa intensidade. Essa característica pode ser justificada pela presença de amido, um polissacarídeo semicristalino, na composição da FSA. O amido apresenta certo grau de organização molecular, devido as cadeias da amilopectina, que correspondem à região cristalina do polissacarídeo. No entanto, essa característica é mais evidente quando o amido está isolado. No caso da FSA, além do amido, há outros componentes, como proteínas, lipídeos e fibras, que podem formar aglomerados e encapsular os grânulos de amido. Consequentemente, a estrutura do amido aprisionado não pode ser facilmente detectada pelo DRX, dificultando a observação de um padrão menos amorfo e tornando a FSA mais amorfa do que o amido isolado (AGUILAR E TAPIA-BLÁCIDO, 2023).

Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Figura 4 apresenta o espectro de absorção na região do infravermelho da FSA, mostrando uma estrutura química característica de farinhas amiláceas, com diversos grupos funcionais identificáveis. Observa-se uma banda larga em 3428 cm^{-1} , atribuível ao

estiramento da ligação O-H dos grupos hidroxila do amido. A banda em 2921 cm^{-1} corresponde ao estiramento das ligações C-H, com possíveis contribuições de grupos CH_2 e lipídios, enquanto a banda em 1631 cm^{-1} está associada à deformação angular da água adsorvida na região amorfa. Adicionalmente, foram identificadas vibrações de deformação C-H dos polissacarídeos em 1445 e 1384 cm^{-1} . Outras bandas características do amido incluem as em 1249 e 1047 cm^{-1} (estiramento C-O, C-C e C-O-H), 861 cm^{-1} (deformação C-O-H), e 766 e 574 cm^{-1} (estiramento C-C-H e C-O-H), confirmando a natureza polissacarídica da amostra (SILVA et al., 2023).

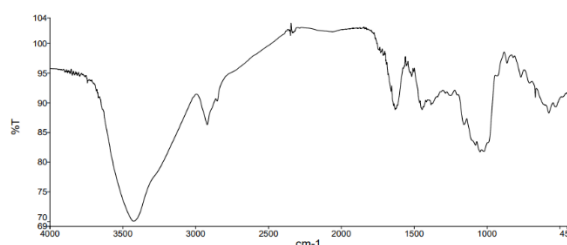


Figura 4. Espectro de infravermelho da FSA.

Análise Termogravimétrica (TGA)

O termograma obtido para a FSA apresentou três etapas de perda de massa, sendo o experimento conduzido entre 0 e 700°C com uma taxa de aquecimento de 20°C por minuto. O primeiro evento térmico, na faixa de 25°C a 150°C, está associado à perda de umidade da amostra, correspondendo a aproximadamente 6% da redução de peso. Vale destacar que a FSA foi previamente liofilizada, indicando que essa umidade é proveniente da absorção de água do ar e não da umidade original das sementes. O segundo evento térmico, entre 150°C e 250°C, refere-se à degradação parcial do amido e à quebra de celulose e hemicelulose, responsável por uma perda de massa de 29,88% (COSTA et al., 2023; KHAN et al., 2025). Por fim, o terceiro evento, na faixa de 250°C a 400°C, representa a continuação da degradação térmica do polissacarídeo, resultando em uma perda de 66% da massa. Após esse processo, restaram cerca de 18% de resíduos, os quais podem ser atribuídos ao teor de cinzas presentes na amostra e aos sais inorgânicos presentes na FSA como mostrado na análise de FRX (tabela 1).

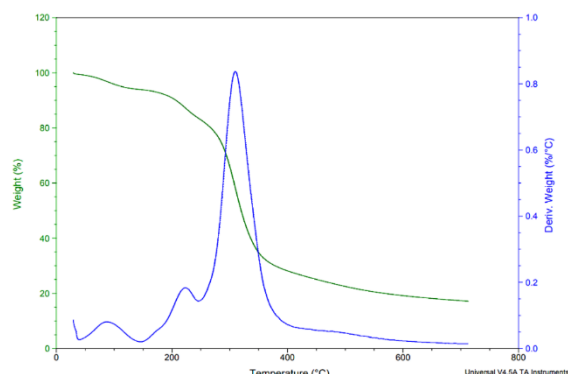


Figura 5. Curva de TGA da FSA.

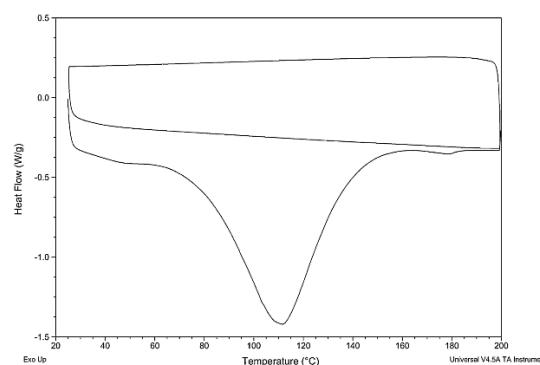


Figura 6. Termograma do DSC da FSA.

Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

A análise de DSC foi conduzida entre uma 20 a 200°C com uma taxa de aquecimento de 10°C por minuto (figura 6). O termograma evidenciou um único evento endotérmico largo entre aproximadamente 50 e 150°C, com pico máximo em 115 °C. Este evento pode ser atribuído à perda de umidade residual adsorvida pela amostra. Este comportamento corrobora com os resultados do TGA, que indicam uma redução de cerca de 6% de massa na mesma região térmica, confirmando a presença de umidade, mesmo após o processo de liofilização. Vale destacar que, caso o pico endotérmico estivesse relacionado ao processo de gelatinização do amido - característico de farinhas - este deveria ocorrer tipicamente entre 60 e 80°C, faixa de temperatura não observada neste estudo (Omura e Kawai, 2025; Frasson, et al. 2024). Além disso, observou-se uma leve inflexão na curva entre 165 e 190°C, sem a formação de um pico definido, sugerindo processos iniciais de desnaturação de componentes termossensíveis, como proteínas ou carboidratos de baixa massa molecular. A ausência de transições vítreas ou eventos exotérmicos significativos nessa faixa de temperatura indica que os principais componentes estruturais da farinha, como polissacarídeos (amido, celulose) e lignina, mantêm sua estabilidade térmica abaixo de 200°C.

CONCLUSÃO

A Farinha de Semente de Abacate (FSA) foi caracterizada por meio de diversas técnicas analíticas para compreender sua composição química e propriedades intrínsecas, visando explorar, em trabalhos futuros, seu potencial como polímero biodegradável. A técnica de fluorescência de raios X (FRX) revelou a presença de elementos químicos inorgânicos associados às fibras das sementes, além de uma fração significativa de elementos não identificados. Esses elementos não foram identificados devido à incapacidade do equipamento de quantificar elementos com número atômico inferior a 12, o que sugeriu uma predominância de compostos orgânicos na amostra — hipótese que foi reforçada pela composição do amido, que contém elementos leves em sua estrutura molecular. As análises estruturais por difração de raios X (DRX) e espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) corroboraram com o caráter orgânico e amiláceo da FSA, além de evidenciarem sua similaridade com amidos de diversas fontes botânicas. Nas análises térmicas foi possível identificar que a FSA possuía em torno de 6% de umidade presente em sua estrutura, a qual se deve pela absorção da umidade do ar, uma vez que a farinha havia sido liofilizada previamente. Também é possível identificar que até aproximadamente 160°C a FSA apresenta boa estabilidade térmica, o que pode indicar boa faixa de trabalho para um potencial aplicação com outros polímeros, ou com o próprio amido para produção de filmes biodegradáveis. A natureza renovável e biodegradável da FSA, associada ao seu status como resíduo agroindustrial, destaca seu potencial para aplicação em biopolímeros, alinhando-se aos princípios da bioeconomia e à demanda por materiais sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais/UFRGS, ao Núcleo de Sustentabilidade-NS, LAPOL e LACOR/UFRGS.



REFERÊNCIAS

ASTM D-883, 2022. American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Terminology Relating to Plastics

AGUILAR, G.; Tapia-Blácido, D. Evaluating how avocado residue addition affects the properties of cassava starch-based foam trays. *International Journal of Biological Macromolecules*. V. 240, 2023.

ALMEIDA, G. Abacaticultura Sustentável. (Oliveira, A., Oliveira, N.) Ed. Atena, Ponta Grossa/PR, 2022.

AKHTER, M. J. et al. Characterization of mango seed kernel starch: Extraction and Analysis. *Food Chemistry Advances*, Bangladesh, v. 5, 2024.

COSTA, R. et al. Development and properties of biodegradable film from peach palm (*Bactris gasipaes*). *Food Research International*. V. 173. 2023.

DIOS-AVILA, N. et al. Physicochemical, Structural, Thermal and Rheological Properties of Flour and Starch Isolated from Avocado Seeds of Landrace and Hass Cultivars. *Molecules*. V. 27. 2022.

FIGUEIRÓ, C. S. ESPUMAS PRODUZIDAS A PARTIR DE FÉCULA DE MANDIOCA. 2021. Tese (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

FONSECA, L. PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.) PARA APLICAÇÃO EM EMBALAGENS DE ALIMENTOS. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - UNIPAMPA, Bagé, 2015. p.127

FRASSON, S. et al. Rice starch modification by thermal treatments with avocado oil: Autoclave versus microwave methods. *International Journal of Biological Macromolecules*. V. 267. 2024.

GONÇALVES, B.; SAMPAIO, A. Fenologia das variedades de abacate e avocado "Hass". 1. ed. Ponta Grossa - PR: Atena, 2022. cap. 5, p. 50-64.

GRISALES-MEJÍA, J. et al. Biodegradable and antioxidant films with barrier properties to visible and ultraviolet light using Hass avocado (*Persea americana* Mill.) by-products. *Food and Bioprocess Technology*, v. 148, p. 154-164, 2024.

KHAN, N. et al. Biodegradable plastics from marine biomass: A solution to marine plastic pollution. *Journal of Hazardous Materials Advances*. V. 17. 2025.

MARTINS, S. H. F. et al. Extraction and characterization of the starch present in the avocado seed (*Persea americana* mill) for future applications.

Journal of Agriculture and Food Research, Bahia, v. 8, 2022.

MERINO, D. et al. Avocado Peels and Seeds: Processing Strategies for the Development of Highly Antioxidant Bioplastic Films. *ACS Applied Materials Interfaces*. V. 13. 2021

OMURA, R.; KAWAI, K. Effects of starch gelatinization, rheological properties, and a top cover on the height of steamed cakes made with rice flour and wheat flour. *Journal of Cereal Science*. V. 123. 2025.

PLASTIC EUROPE, Plastics – the fast Facts 2024. Disponível em: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2024/11/PE_TheFacts_24_digital-1pager.pdf> Acesso em: 25 mai. 25

PRASETYO, S. et al. Utilization of chitosan as a natural coagulant for polyethylene microplastic removal. *Sustainable Chemistry for the Environment*, v. 9, 2025.

RUSU, I.-E., et al. Advanced Characterization of Hemp Flour (*Cannabis sativa* L.) from Dalia Secuieni and Zenit Varieties, compared to Wheat Flour. *Plants*, 10(6). 2021.

SALAZAR-IRRAZABAL, M. et al. Avocado seed starch: Effect of the variety on molecular, physicochemical, and digestibility characteristics. *International Journal of Biological Macromolecules*. V. 247, 2023.

SILVA, L. et al. Characterization of Babassu Mesocarp Flour as Potential Bio-Reinforcement for Poly (lactic Acid). *Macrothink Institute*. V. 7, 2023.

TESFAYE, T. et al. Beneficiation of avocado processing industry by-product: A review on future prospect. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*. V. 5, 2022.

YANG, C. et al. Effects of PLA/PBAT-based biodegradable film mulch on water and nitrogen dynamics in soil-potato system. *Agricultural Water Management*. V. 297. 2024.

ZOURIF, A. et al. Avocado seed as a natural coagulant for removing dyes and turbidity from wastewater: Behnken Box design, sustainable reuse, and economic evaluation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. V. 39. 2024.