



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



BEATRIZ ELIAS G. NETO

CARACTERÍSTICAS DO ABACATE E SUA POTENCIAL APLICAÇÃO
COMO PRODUTO SECO

Patos de Minas

2026

BEATRIZ ELIAS G. NETO

CARACTERÍSTICAS DO ABACATE E SUA POTENCIAL APLICAÇÃO
COMO PRODUTO SECO

Projeto Final de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador(a): Prof. Dr. Ricardo Corrêa de Santana

Coorientador(a): Prof^ª. Dr^a. Marta Fernanda Zotarelli

Patos de Minas

2026



HOMOLOGAÇÃO Nº 135

BEATRIZ ELIAS GONÇALVES NETO

Características do abacate e sua potencial aplicação como produto seco

Projeto Final de Curso aprovado nesta data para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - *campus* Patos de Minas (MG) pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. Ricardo Corrêa de Santana
Orientador - FEQUI/UFU

Prof.^a Dr.^a Marta Fernanda Zotarelli
Coorientadora - FEQUI/UFU

Prof.^a Dr.^a Marieli de Lima
FEQUI/UFU

Prof.^a Dr.^a Michelle Andriati Sentanin
FEQUI/UFU

Patos de Minas, 31 de julho de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Correa de Santana, Presidente**, em 31/07/2026, às 09:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marta Fernanda Zotarelli, Membro de Comissão**, em 31/07/2026, às 09:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Michelle Andriati Sentanin, Membro de Comissão**, em 31/07/2026, às 09:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marieli de Lima, Membro de Comissão**, em 31/07/2026, às 09:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7427422** e o código CRC **7462E9E9**.

Dedico este trabalho aos meus pais, que não mediram esforços para que eu chegasse até aqui e cujo apoio e amor foram sustento para não desistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder sabedoria, força e por me guiar em todos os caminhos.

Aos meus pais, Vaguimar e Isabel, por todo incentivo, cuidado, esforço, amor e dedicação para que eu concluísse meus estudos e realizasse meus sonhos.

À minha irmã, Livia, que sempre esteve ao meu lado em todas as situações, não me deixando desistir um dia sequer e enxugando minhas lágrimas quando necessário.

Aos meus avós, Vivaldo e Emerenciana, que me apoiaram e foram essenciais na minha criação e vida acadêmica.

Aos meus orientadores, Ricardo e Marta, por toda orientação, cuidado e tempo dedicados à realização deste trabalho.

A todos os meus professores e técnicos de laboratório que tornaram essa trajetória mais leve e carregada de conhecimento.

Aos meus amigos que estiveram comigo durante toda essa jornada, tornando os dias mais alegres.

Ao PET Engenharia de Alimentos, em especial à tutora Michelle e aos petianos, que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional durante toda a minha graduação.

A todos os meus familiares que sonharam junto comigo.

“Põe tua confiança em Deus e ele te salvará;
orienta bem teu caminho e espera nele.”

Eclesiástico 2:6

RESUMO

O abacate (*Persea americana* Mill) é uma fruta tropical amplamente cultivada e valorizada por seu elevado valor nutricional, atribuído à por uma matriz lipídica rica em ácidos graxos monoinsaturados e compostos bioativos. Sua natureza climatérica, no entanto, confere alta perecibilidade ao fruto, resultando em expressivas perdas pós-colheita e curta vida útil comercial. Nesse sentido, a secagem surge como alternativa tecnológica para conter essas perdas e agregar valor ao fruto, consistindo na transferência simultânea de calor e massa para remover a umidade e obter uma matriz estável em pó. Este trabalho teve como objetivo foi realizar uma revisão bibliográfica e uma análise bibliométrica sobre as tecnologias de secagem aplicadas ao abacate, avaliando seus impactos nas propriedades físico-químicas e na qualidade do produto em pó. A análise bibliométrica revelou que a literatura recuperada sobre o tema é predominantemente voltada a aspectos agrônômicos, de maturação e composição química do fruto, sendo a secagem apenas um dos diversos enfoques investigados. Quanto aos métodos, a secagem convectiva por ar quente e a atomização (*spray drying*) exigem, respectivamente, tempos de processo mais longos e o uso obrigatório de agentes carreadores para contornar problemas de higroscopicidade e pegajosidade. Por outro lado, a liofilização consolidou-se como padrão-ouro em preservação estrutural e nutricional, embora com elevado custo energético e tempos de processamento superiores a 20 horas. Tecnologias emergentes, como a secagem por infravermelho e o método Refractance Window (RW), apresentaram-se como alternativas eficientes, reduzindo o tempo de secagem e preservando compostos bioativos e a coloração do produto em intervalos de processo significativamente menores. Conclui-se que a escolha da tecnologia de secagem para a polpa de abacate deve equilibrar eficiência operacional, custo e preservação da qualidade funcional, sendo os métodos emergentes promissores para a obtenção de ingredientes em pó de alto valor agregado.

Palavras-chave: Desidratação. Composição nutricional. Compostos bioativos. *Persea americana*. Tecnologias de secagem.

ABSTRACT

Avocado (*Persea americana* Mill.) is a tropical fruit widely cultivated and valued for its high nutritional value, characterized by a lipid matrix rich in monounsaturated fatty acids and bioactive compounds. Its climacteric nature, however, makes the fruit highly perishable, leading to significant postharvest losses and a short commercial shelf life. In this context, drying emerges as a technological alternative to reduce these losses and add value to the fruit; it involves the simultaneous transfer of heat and mass to remove moisture and produce a stable powdered matrix.

The objective of this study was to carry out a literature review and bibliometric analysis of drying technologies applied to avocados, evaluating their impacts on the physicochemical properties and quality of the powdered product. The bibliometric analysis revealed that existing literature on the topic focuses primarily on agronomic aspects, ripening characteristics, and chemical composition of the fruit, with drying representing only one of several areas of investigation.

Regarding methods, convective hot-air drying requires longer processing times, while spray drying necessitates the use of carrier agents to address issues of hygroscopicity and stickiness. Freeze drying has become the gold standard for preserving structural and nutritional quality, though it involves high energy costs and processing times exceeding 20 hours. Emerging technologies, such as infrared drying and the Refractance Window (RW) method, have proven to be efficient alternatives, reducing drying time and preserving bioactive compounds and color over significantly shorter processing periods.

It is concluded that the choice of drying technology for avocado pulp must balance operational efficiency, cost, and preservation of functional quality, with emerging methods showing promise for producing high-value powdered ingredients.

Keywords: Nutritional composition; Bioactive compounds *Persea americana*; Drying technologies; Dehydration;

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral.....	14
2.1.1	Objetivos específicos	14
3	METODOLOGIA	15
3.1	Análise bibliométrica	15
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
4.1	Abacate	22
4.1.1	Importância comercial do abacate.....	24
4.1.2	Composição química e nutricional do abacate.....	24
4.2	Secagem	25
4.2.1	Secagem por atomização (<i>Spray drying</i>)	27
4.2.2	Liofilização	28
4.2.3	Secagem convectiva por ar quente.....	29
4.2.4	Secagem por radiação infravermelha	30
4.2.5	<i>Refractance window drying</i>	31
4.3	Análise comparativa dos métodos de secagem aplicados ao abacate	33
5	CONCLUSÃO	36
6	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Conhecido mundialmente, o abacate (*Persea americana* Mill) é uma fruta popularmente cultivada e consumida. Do ponto de vista botânico, ele é classificado como uma planta dicotiledônea com flor, pertencente à família Lauraceae e ao gênero *Persea*. A espécie é nativa do México, na América Central, e é caracterizada como uma fruta climatérica de regiões tropicais e subtropicais (Cruz-López et al., 2022; Degenhardt; Hofmann, 2010). O fruto é constituído em sua maior fração por polpa, macia e comestível e revestido por uma pele externa resistente (Farley et al., 2020).

Do ponto de vista nutricional, o abacate é composto por gorduras monoinsaturadas, quantidades pequenas de carboidratos, fibras solúveis e insolúveis. Além disso, é rico em vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e minerais (Al-Ghamdi et al., 2022). De acordo com Gil e Osorio (2018) a alta perecibilidade do fruto está relacionada com a sua natureza climatérica, isto é, após a colheita o abacate apresenta um aumento em sua taxa respiratória e produção de etileno. Devido à sua alta perecibilidade, torna-se importante a utilização de técnicas de processamento com finalidade de prolongar a vida útil (Xu et al., 2019). Nesse contexto, a secagem destaca-se como uma importante tecnologia de conservação, pois reduz a atividade de água, aumenta a estabilidade do produto durante o armazenamento e possibilita a obtenção de ingredientes em pó com maior vida útil. Além de contribuir para o aproveitamento de frutos excedentes ou fora do padrão de comercialização *in natura*, o pó de abacate pode ser empregado como ingrediente em diferentes formulações alimentícias, incluindo produtos de panificação, confeitaria, bebidas e suplementos, agregando valor à cadeia produtiva e ampliando as possibilidades de aproveitamento tecnológico do fruto. Dessa forma, a secagem representa não apenas uma alternativa de conservação, mas principalmente uma estratégia de transformação do abacate em um ingrediente com maior estabilidade, versatilidade e potencial de aplicação na indústria de alimentos (Coutinho et al., 2022).

A secagem é uma das técnicas de conservação de alimentos mais antigas e continua sendo amplamente empregada pela indústria devido à sua capacidade de reduzir a atividade de água, aumentar a estabilidade dos produtos e facilitar seu armazenamento e transporte (Kamble et al., 2022). Os avanços tecnológicos nessa área possibilitaram o desenvolvimento de métodos mais eficientes, capazes de reduzir o tempo de processamento, otimizar o consumo energético

e preservar, em maior extensão, as características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais dos alimentos (Tyagi et al., 2024; Bhattacharjee et al., 2024).

Diversas tecnologias têm sido empregadas na secagem do abacate e de outras frutas, incluindo secagem convectiva em bandejas, *spray drying*, liofilização, secagem em tambor (*drum drying*), secador rotativo (*rotary drum dryer*), leitos fixo, fluidizado e de jorro, secagem por micro-ondas, *refractance window* e sistemas híbridos (Dantas et al., 2018; Stępień; Witczak; Witczak, 2020; Kaur; Dhurve; Arora, 2022; Raghavi; Moses; Anandharamakrishnan, 2018a). A escolha da tecnologia influencia diretamente o tempo de processamento, o consumo energético e a qualidade do produto seco. Nesse sentido, tempos prolongados de secagem podem favorecer a degradação de pigmentos, compostos bioativos e substâncias voláteis responsáveis pelo aroma, enquanto tecnologias mais eficientes tendem a preservar melhor essas características (Nguyen; Nguyen; Tran, 2024).

Em razão das particularidades da composição do abacate, especialmente seu elevado teor de lipídios e de compostos bioativos, a escolha do método de secagem torna-se determinante para a obtenção de ingredientes com qualidade física, química, nutricional e funcional. Além disso, a crescente demanda por ingredientes alimentícios estáveis e de maior valor agregado reforça a necessidade de compreender como as diferentes tecnologias de secagem influenciam as propriedades do produto final. Nesse contexto, torna-se pertinente reunir e analisar criticamente o conhecimento científico disponível sobre as principais tecnologias de secagem aplicadas ao abacate, discutindo seus efeitos sobre as propriedades e a qualidade do produto seco, bem como seus avanços, limitações e perspectivas de aplicação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral analisar, por meio de uma revisão da literatura dos últimos 20 anos, as diferentes tecnologias de secagem aplicadas à polpa de abacate, avaliando os parâmetros tecnológicos do processo e seus impactos na qualidade do produto final.

2.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Levantar trabalhos científicos relacionados aos métodos convencionais de secagem e avaliar o potencial de novas tecnologias de secagem aplicadas ao fruto nas plataformas de buscas e realizar a análise bibliométrica dos dados por mapa de coocorrência de palavras-chave e de citações;
- Contextualizar as propriedades físico-químicas e a composição nutricional da polpa de abacate, evidenciando os principais desafios tecnológicos associados à sua conservação pós-colheita
- Analisar e evidenciar os efeitos dos diferentes métodos de secagem nas propriedades do abacate em pó, visando a preservação de compostos bioativos, características físicas e aplicação industrial.
- Contrapor os resultados reportados na literatura, estabelecendo um comparativo crítico entre as vantagens, limitações operacionais e desafios tecnológicos de cada método de secagem avaliado.

3 METODOLOGIA

A busca dos artigos foi realizada na base de dados *Web of Science*. As palavras-chave selecionadas para o trabalho foram *avocado*, *Persea americana*, *dry**, *dehydration*, *powder*, englobando essa matriz de interesse (abacate) e os principais termos relacionados à secagem, desidratação e obtenção de produtos em pó. A pesquisa foi efetuada utilizando o recurso de truncamento no termo "*dry**" para abranger variações como *drying* e *dryer*, referentes ao processo de secagem.

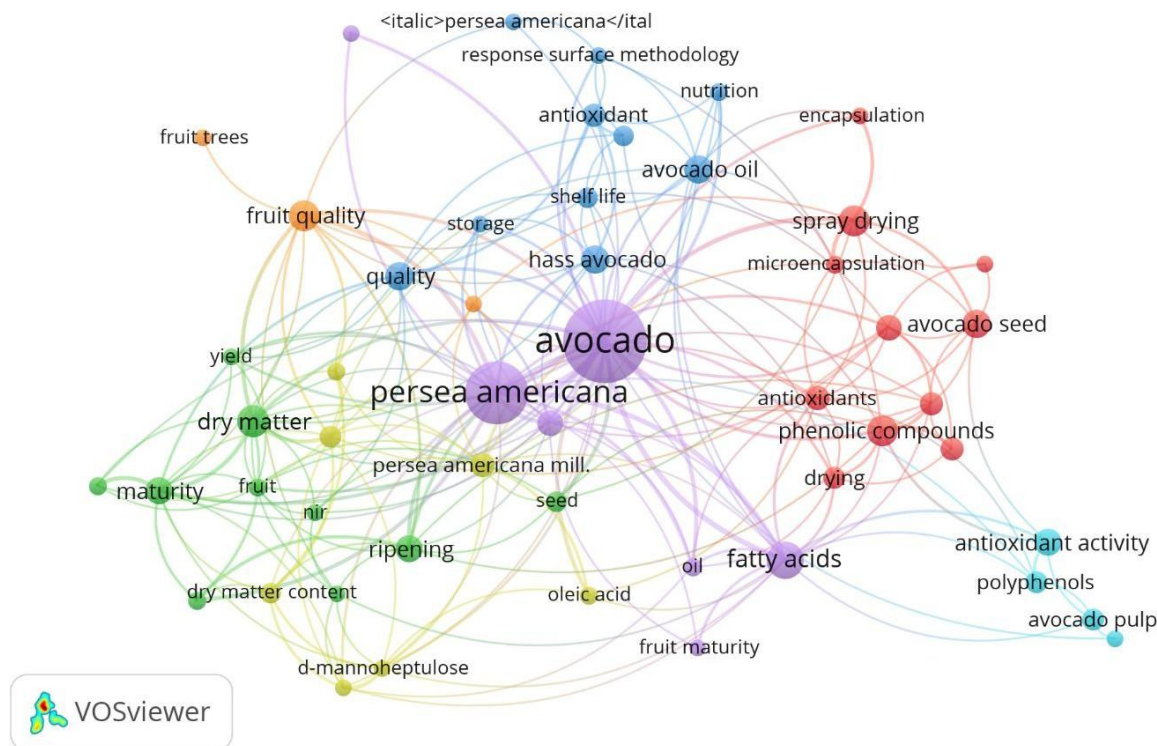
Os resultados foram inicialmente filtrados por tempo, aplicando-se o filtro para mostrar somente os artigos dos últimos 20 anos, disponível na própria plataforma. Esse intervalo temporal foi adotado devido ao caráter específico do tema, buscando reunir um conjunto representativo de estudos que possibilitasse compreender a evolução das tecnologias de secagem aplicadas ao abacate, desde os trabalhos pioneiros até as pesquisas mais recentes, permitindo uma análise mais abrangente do desenvolvimento dessa área e de suas aplicações.

3.1 Análise bibliométrica

A pesquisa para a análise bibliométrica foi realizada na base de dados do *Web of Science Collection* (WOS), usando as seguintes palavras-chave em operadores booleanos: ("*avocado*" OR "*Persea americana*") AND ("*dry**" OR "*dehydration*" OR "*powder*"); "*dry**" foi usado com truncamento para englobar outros termos como *drying* e *dryer* referente ao processo de secagem. Essa pesquisa resultou em um total de 759 artigos. Em seguida foi aplicado um filtro de tempo para mostrar somente os artigos dos últimos 20 anos, resultando em 639 artigos que foram usados como a base de dados para a análise bibliométrica. A análise teve como objetivo mapear o panorama da produção científica recuperada pela estratégia de busca adotada, identificando os principais temas, periódicos, artigos e tendências relacionados ao objeto de estudo.

A base de dados foi inserida no *software VOSviewer* para a geração de uma rede de coocorrência. Essa rede foi obtida por meio da utilização das palavras-chave do autor, identificadas pelo *software*, sendo utilizadas aquelas que tiveram pelos menos 5 coocorrências, resultando na rede apresentada na Figura 1. O *VOSviewer* identificou um total de 7 agrupamentos a partir das palavras-chave.

Figura 1 – Rede de coocorrências.



Fonte: A autora.

A análise das palavras-chave revelou que a literatura recuperada não se restringe às tecnologias de secagem, abrangendo também estudos relacionados à caracterização físico-química, maturação, qualidade pós-colheita, composição química, óleo de abacate e aplicações tecnológicas. Essa distribuição reflete o caráter multidisciplinar da pesquisa envolvendo o fruto e evidencia que as tecnologias de secagem constituem um dos diversos enfoques investigados na literatura, que será, portanto, a primeira seção desta revisão, para elucidar maiores informações sobre a matéria-prima alvo deste estudo.

O primeiro agrupamento (em vermelho) englobou os termos capacidade antioxidante, antioxidantes, casca de abacate, semente de abacate, pó de semente de abacate, compostos bioativos, secagem, encapsulação, microencapsulação, compostos fenólicos e secagem por atomização (*spray drying*); parecendo tratar de processos utilizados e seu impacto na obtenção biocompostos que trazem benefícios para o corpo, como sua ação antioxidante. A pesquisa considerando palavras-chave presentes dentro desse agrupamento, como antioxidantes e compostos bioativos, combinadas com os termos de busca utilizados para gerar a base de dados utilizada na análise bibliométrica resultou em trabalhos como os de: Antunes et al. (2025), que estudaram diferentes métodos de secagem para obtenção de uma farinha de polpa de abacate

rica em peróxidos; Dal-Bó e Freire (2022), que avaliaram os efeitos da liofilização nos compostos fenólicos e atividade antioxidante na polpa de abacate. Os resultados desses trabalhos não serão aprofundados, já que o objetivo nesse momento é mapear a literatura.

O segundo agrupamento (em verde) contém termos como matéria seca, firmeza, fruto, espectroscopia no infravermelho próximo, amadurecimento; semente e rendimento, estando voltado mais para a discussão das características físico-químicas do abacate e o uso de técnicas de infravermelho que possam fazer análises para determinar tais características. Trabalhos como a revisão de Magwaza e Tesfay (2015) que aponta técnicas não-destrutivas como a espectroscopia no infravermelho próximo, para determinação da maturação do abacate, e os de Blakey, Bower e Bertling (2009) e Rodríguez et al. (2023) que utilizam espectroscopia no infravermelho próximo para determinar teor de água e de matéria seca no abacate, respectivamente; sustentam essa hipótese.

O terceiro agrupamento (em azul) contém palavras como óleo de abacate, nutrição, qualidade, vida útil e armazenamento, envolvendo trabalhos relacionados à qualidade do fruto e do óleo de abacate. Entre esses estudos têm-se Guillén-Sánchez e Paucar-Menacho (2020), Wang et al. (2023) e o de Nyakang'i et al. (2023).

O quarto agrupamento (em amarelo) contém palavras como matéria seca, teor de óleo, ácido oleico e perseitol e envolve artigos como os de Ramos-Aguilar et al. (2021) e de Landahl, Meyer e Terry (2009) que tratam de análise metabolômica e composição química do abacate no geral.

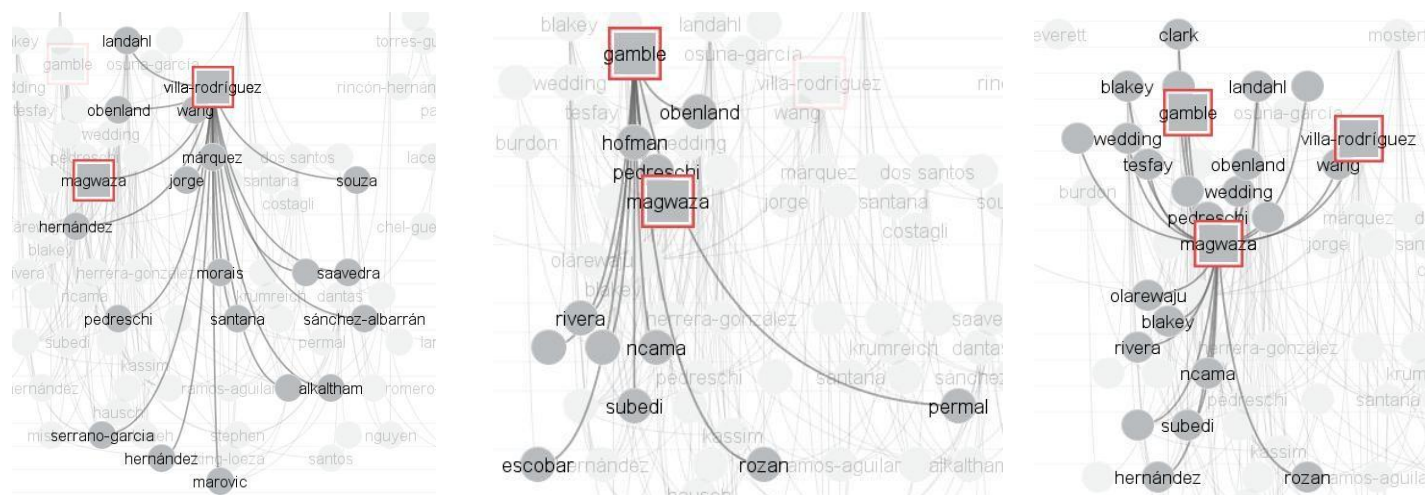
O quinto agrupamento (em roxo) é sobre o perfil bioquímico do abacate no pós-colheita e principalmente a relação do conteúdo de ácidos graxos no processo de morte celular (envolvendo termos como apoptose, ácidos graxos, maturação do fruto, óleo e pós-colheita), já que o abacate é um fruto rico em ácidos graxos insaturados, como evidenciado no trabalho de Lara-Márquez et al. (2020). Esse agrupamento também apresenta relação com as propriedades bioativas do abacate, como mostra o estudo de Ochoa-Zarzosa et al. (2021).

O sexto agrupamento (em ciano) contém termos como atividade antioxidante, polpa de abacate, cinética de secagem e polifenóis focando em atividade antioxidante de polifenóis, se relacionando com o primeiro agrupamento, porém sendo mais específico e tratando principalmente de polifenóis, como verificado nos trabalhos de Abd Elkader et al. (2022) e de Gião et al. (2007).

Por fim, o sétimo agrupamento (em laranja) envolve as palavras antracnose, qualidade do fruto e árvores frutíferas, relacionando trabalhos voltados mais para área agrônômica como os estudos de Glowacz, Roets and Sivakumar (2017) e de Ma et al. (2025).

mais antigos, mas àqueles que apresentaram maior relevância na estrutura da rede de citações identificada pelo software. Por esse critério, o artigo de Villa-Rodríguez et al. (2011) aparece com o maior índice de citações, 48 identificadas pelo software. Esse trabalho avaliou o efeito do estágio de maturação do abacate em compostos lipofílicos e hidrofílicos, relacionando-os à atividade antioxidante. Outros dois artigos apresentaram mais de 30 citações, o de Gamble et al. (2010), que avaliou o efeito do teor de matéria seca, do grau de maturação e dos danos internos sofridos, na percepção da qualidade do fruto, e o estudo de Magwaza e Tesfay (2015), que já foi citado no segundo agrupamento formado pelo VOSviewer. Esses artigos possuem índice de citações de 35 e 34, respectivamente. As correlações desses artigos podem ser vistas na Figura 3.

Figura 3 – Correlações dos principais artigos base.

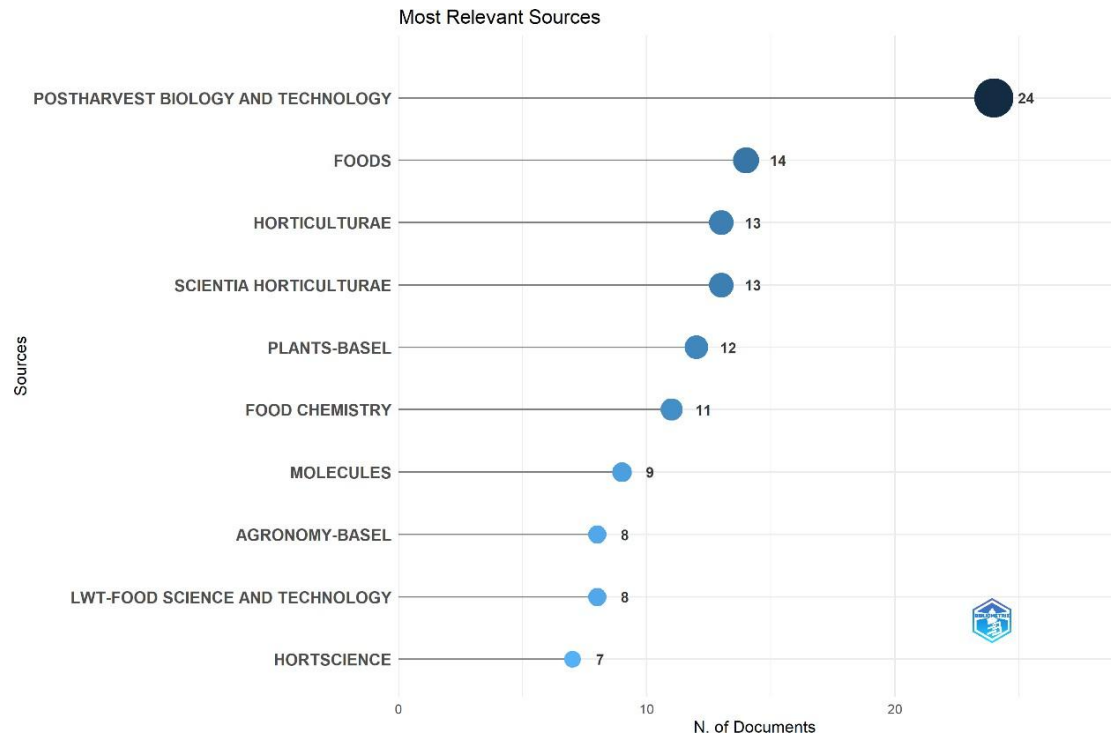


Fonte: A autora.

Os artigos de Villa-Rodríguez et al. (2011) e de Gamble et al. (2010) servem de base para diversos outros artigos, já o de Magwaza and Tesfay (2015) é um artigo intermediário, que utiliza diversos outros trabalhos presentes na base de dados, mas que também funciona de base para trabalhos posteriores, principalmente por unir informações dos outros dois trabalhos citados, servindo como uma base mais atualizada e que contempla informações de outros trabalhos de grande relevância para o tema.

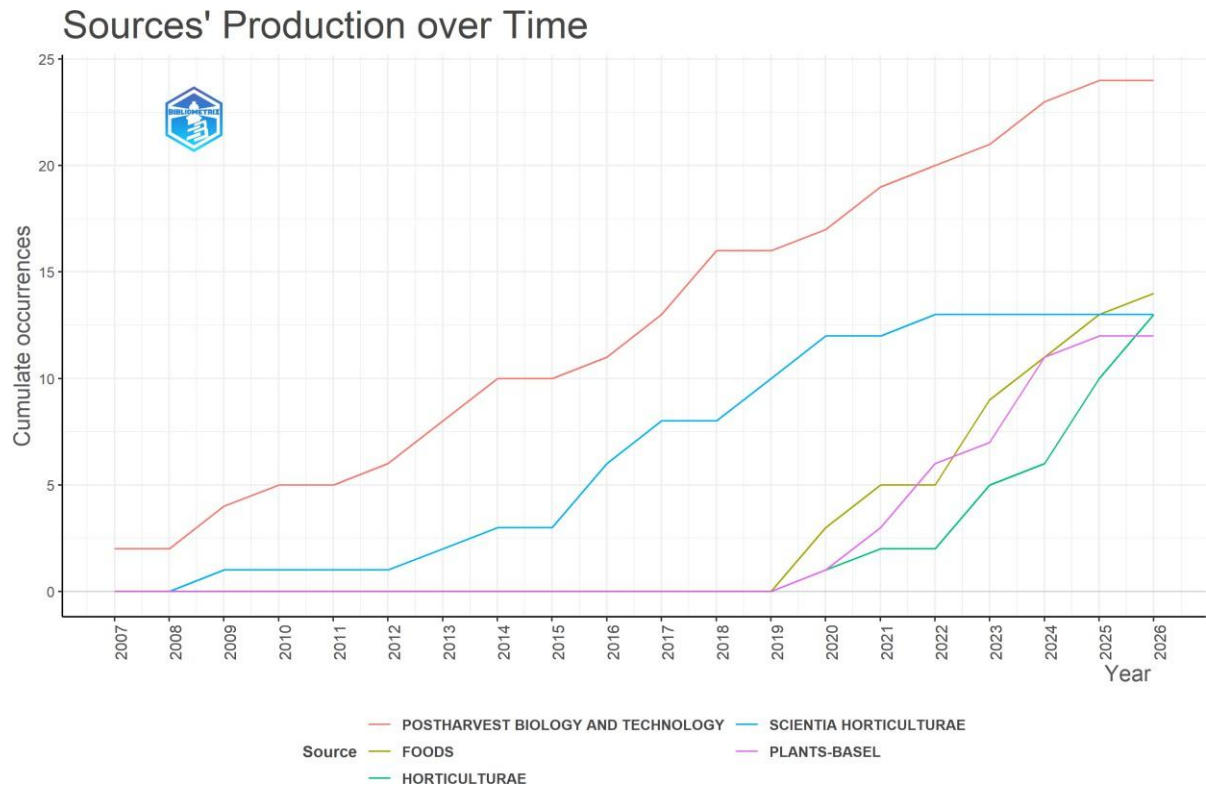
Foi utilizado também o *software Biblioshiny*, para fornecer análises complementares sobre a base de dados da pesquisa. As Figuras 4 e 5 mostram as revistas mais recorrentes, onde se pode encontrar artigos sobre secagem de abacate e o crescimento nas publicações ao longo dos anos.

Figura 4 – Revistas mais recorrentes sobre secagem de abacate.



Fonte: A autora.

Figura 5 – Evolução temporal das revistas que mais publicaram estudos sobre secagem de abacate.



Fonte: A autora.

A revista *Postharvest Biology and Technology* foi a que teve maior recorrência de publicações dos artigos avaliados, com grande diferença para as demais revistas, que ficaram próximas, como a *Foods*, *Horticulturae* e *Scientia Horticulturae*. Isso indica que podem ser periódicos relevantes para se aprofundar sobre o tema, sendo que um dos principais artigos citados, Gamble et al. (2010), foi publicado na revista *Postharvest Biology and Technology*, ressaltando-a como uma fonte interessante para pesquisas. Por meio da Figura 5, foi possível observar que desde o início do período de tempo avaliado nesse trabalho, essa foi a revista com o maior número de artigos publicados sobre o tema, sendo que outras revistas variaram bastante, como a *Foods*, que se tornou mais recorrente de 2019 e, desde então, vem crescendo o seu número de publicações no assunto.

Com essas análises foi possível identificar revistas e artigos relevantes para o assunto deste trabalho, bem como fazer um levantamento de palavras-chave relacionadas a esse tema através do *VOSviewer*, e ver correlações entre esses termos e relações de citação entre artigos através do *CitNetExplorer*.

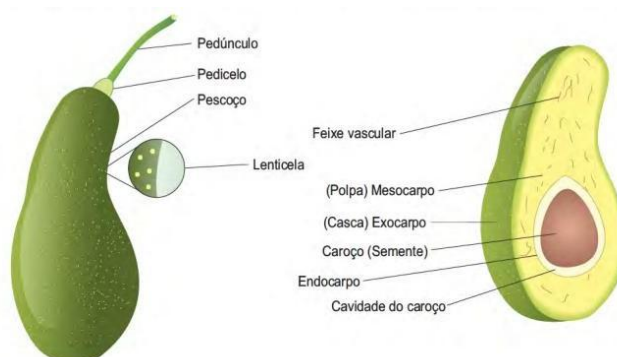
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Abacate

Originário de regiões da América Central, como México e Guatemala, o abacate (*Persea americana* Mill) é um fruto integrante da família Lauraceae e do gênero *Persea*, que se divide em três subgêneros (*Persea*, *Eriodaphne* e *Machilus*) (Falcão et al., 2001). Dentro do gênero *Persea*, a *P. americana* destaca-se por sua importância científica e econômica, sendo a espécie que dá origem ao abacate comercializado globalmente. No Brasil, seu cultivo é amplamente distribuído e apresenta alta produtividade. Devido ao seu elevado teor nutricional, o abacate destaca-se como uma das frutas tropicais de maior crescimento comercial (Araújo *et al.*, 2018a). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o país em 2023 ocupou a sétima posição mundial na produção do fruto, responsável por 4% da colheita global.

As características físicas do abacate como massa, forma e dimensões apresentam variações em função de fatores como a variedade, as condições de solo, o clima e as práticas de manejo adotadas durante o desenvolvimento da planta. O fruto é constituído pelo pedúnculo, semente, endocarpo, mesocarpo (polpa) e pelo epicarpo (casca), conforme ilustrado na Figura 6. De acordo com o estudo de Tango, Carvalho e Soares (2004), cerca de 69% da massa total do fruto é representada pelo mesocarpo (polpa), variando entre 52,9 a 81,3%, e caroços e cascas variam em média 31%, dependendo da variedade cultivada.

Figura 6 – Representação morfológica do abacate.



Fonte: CEAGESP, 2026.

Devido as suas propriedades nutricionais, o abacate é reconhecido por sua estrutura biológica intrincada, composto por uma diversidade de substâncias bioativas e rico em nutrientes

lipossolúveis e fitoquímicos benéficos à saúde. Um único abacate de tamanho médio, com cerca de 300 g, pode apresentar uma contribuição energética de quase 200 kJ. Além do valor calórico a fruta é fonte rica em micronutrientes, como vitaminas e minerais, e possui um perfil lipídico composto por ácidos graxos essenciais (Araújo et al., 2018).

De acordo com Dreher e Davenport (2013), o abacate destaca-se por ser um fruto com boa matriz lipídica, atuando como fonte de nutrientes e como um agente favorável na absorção de fitoquímicos oriundos de outros alimentos consumidos sincronicamente. Dentre os componentes da fruta, o conteúdo lipídico é considerado um dos fatores de importância no abacate, visto que possui elevada concentração de ácidos graxos monoinsaturados, com destaque para os ácidos oleico e palmitoleico, que auxiliam na manutenção de níveis lipídicos saudáveis no organismo (Duarte et al., 2016). O valor nutricional do abacate também está relacionado a sua capacidade de intensificar a absorção de nutrientes de outros alimentos, por ser uma fonte lipídica, o fruto favorece assimilação de carotenoides, contribuindo para melhores vantagens nutricionais (Unlu et al., 2005).

O abacate in natura apresenta vida útil relativamente curta devido, entre outros fatores, à atividade de enzimas oxidativas, como a polifenoloxidase (PPO) e a lipoxigenase (LOX). Essas enzimas promovem reações de escurecimento e oxidação que podem ser intensificadas ao longo da cadeia pós-colheita, especialmente quando o fruto sofre danos mecânicos durante as etapas de colheita, transporte, processamento e armazenamento (Elez Martínez et al., 2005). Desse modo, as perdas pós-colheita são consideráveis, cerca de 40 % das frutas colhidas são perdidas nas etapas de transporte, processamento, comercialização e/ou maturação (FAO, 2011). Portanto, a busca por métodos de conservação e processamento do abacate, torna-se interessante, do ponto de vista tecnológico e econômico visto que favorece o aproveitamento da produção excedente e reduz as perdas pós-colheita, além de favorecer um aumento do valor da safra. Outro aspecto relevante é que a secagem possibilita a obtenção de ingredientes derivados do abacate, como o pó de abacate, cuja maior estabilidade físico-química e microbiológica permite sua estocagem e utilização independentemente da sazonalidade da produção do fruto. Além de ampliar a vida útil da matéria-prima processada, o pó pode ser empregado como ingrediente em diferentes formulações alimentícias, incluindo produtos de panificação, bebidas, suplementos alimentares, sobremesas, misturas instantâneas e barras de cereais ou proteicas, contribuindo para a diversificação de produtos e para a agregação de valor ao abacate (BRASIL, 2023).

4.1.1 Importância comercial do abacate

O abacate tornou-se uma das frutas tropicais de relevância no mercado frutícola global, devido ao crescente consumo de alimentos com propriedade funcionais e saudáveis. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (Abrafrutas, 2024), o setor de exportação de abacate apresentou avanço significativo, posicionando o fruto como um dos pilares da fruticultura brasileira no mercado internacional. Essa tendência, frequentemente denominada “cultura do ouro verde” é liderado pelo México, mas o Brasil tem expandido significativamente sua participação nos últimos anos, tanto no mercado interno quanto nas exportações.

De acordo com dados do IBGE (2023), os estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná lideraram a produção do fruto no Brasil, sendo Minas Gerais um dos estados de destaque devido as condições climáticas favoráveis para variedade de alto teor lipídico. Devido à alta produção e perecibilidade do fruto, a cadeia produtiva enfrenta desafios devido a logística de distribuição. Por ser um fruto climatérico e altamente perecível, o abacate apresenta perdas pós-colheita elevadas, que comprometem a rentabilidade do produtor e a viabilidade de distribuição para mercados.

Neste contexto, a industrialização atua como alternativa de redução de desperdício e, consequentemente, na agregação de valor. Através de técnicas, como a desidratação, é possível transformar o abacate em um produto em pó, atribuindo maior estabilidade e comercialização em longos períodos e, principalmente, aplicação como ingrediente em diversos produtos. Tal avanço facilita a distribuição e o armazenamento, sendo que o desenvolvimento de ingredientes processados atende às indústrias de alimentos, cosméticos e farmacêutica, que buscam as propriedades dos ácidos graxos e antioxidantes do fruto em formatos de fácil manipulação técnica.

4.1.2 Composição química e nutricional do abacate

O abacate destaca-se entre as frutas por sua elevada densidade nutricional, decorrente principalmente do alto teor de lipídios, constituídos majoritariamente por ácidos graxos insaturados, que representam entre 13,5% e 24% de sua composição. Em contrapartida,

apresenta baixos teores de carboidratos (0,8% a 4,8%) e concentrações moderadas de proteínas (1,0% a 3,0%) e fibras (1,4% a 3,0%). Além dos macronutrientes, o fruto constitui importante fonte de minerais, com destaque para o potássio (339 mg/100 g), e de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), além de vitaminas do complexo B, incluindo o ácido fólico. Sua composição também inclui compostos bioativos, como a glutatona e fitoesteróis, especialmente o β -sitosterol, aos quais são atribuídos efeitos antioxidantes e potenciais benefícios à saúde cardiovascular, incluindo a redução dos níveis plasmáticos de colesterol (Duarte *et al.*, 2016b).

Esse perfil lipídico é detalhado por Flores *et al.* (2019), sendo que esses autores apontam que o óleo extraído da polpa é constituído por uma mistura de triglicerídeos rica em ácidos graxos monoinsaturados (cerca de 67,8%), com uma marcante predominância do ácido oleico (60,3%). Os ácidos graxos poli-insaturados representam aproximadamente 15,2% do total, destacando-se o ácido linoleico (13,7%), enquanto os saturados compõem a menor porção (16,4%), sendo o ácido palmítico (15,7%) o principal representante. Diante de uma matriz tão rica em insaturações, a conservação e o processamento industrial do abacate tornam-se desafios tecnológicos complexos. Devido ao elevado teor de umidade da polpa fresca associado a essas características químicas, o fruto apresenta alta suscetibilidade a reações de degradação, como a oxidação lipídica e o escurecimento enzimático. Nesse contexto, a aplicação de métodos de secagem surge como uma alternativa viável para reduzir a atividade de água, estender a vida útil da matéria-prima e obter um ingrediente funcional em pó; contudo, a seleção dos parâmetros operacionais de secagem é crítica para evitar que condições severas de temperatura e oxigênio, entre outras variáveis operacionais a depender de cada método, degradem esses compostos termossensíveis e alterem a qualidade nutricional do produto.

4.2 Secagem

A secagem consiste em uma operação unitária de transferência simultânea de calor e massa, cuja finalidade é promover a remoção parcial da água presente nos alimentos até níveis que garantam maior estabilidade microbiológica durante o armazenamento, isto é, compatíveis com sua conservação. Dependendo da natureza da matéria-prima e da tecnologia empregada, o processo pode ser aplicado a sólidos úmidos (frutas fatiadas, grãos, folhas), suspensões, emulsões, soluções, pastas ou polpas, resultando em produtos com baixa umidade e atividade de água, obtidos na forma de pós, flocos, lâminas ou outros materiais sólidos (fatias, cubos, pedaços), cujas características físicas (como forma, granulometria, porosidade) e tecnológicas variam em função da tecnologia empregada e da aplicação industrial pretendida. Como

resultado, pode ocorrer redução de custos de transporte e armazenamento, aumento da estabilidade química, microbiológica e física do produto, além da ampliação de sua vida útil (Zotarelli; Carciofi; Laurindo, 2015;). Apesar da elevada demanda energética de alguns processos de secagem, a operação pode reduzir a suscetibilidade dos alimentos ao desenvolvimento de fungos, leveduras e bactérias, favorecendo sua conservação durante o armazenamento (Raghavi; Moses; Anandharamakrishnan, 2018b).

Do ponto de vista dos fenômenos de transporte, a secagem consiste em uma operação unitária de transferência simultânea de calor e massa, governada pelas propriedades da matéria-prima e pelas condições operacionais do processo, como temperatura, pressão, tempo de residência e forma de fornecimento de energia, as quais variam conforme a tecnologia empregada. O fornecimento de energia ao alimento pode ocorrer por diferentes mecanismos de transferência de calor, principalmente convecção, condução e radiação, cuja predominância depende da tecnologia de secagem empregada. Entre esses mecanismos, a secagem convectiva utilizando ar aquecido constitui a forma mais tradicional e amplamente utilizada na indústria de alimentos, embora tecnologias baseadas em condução, radiação ou na combinação desses mecanismos tenham ganhado destaque por possibilitarem melhorias na eficiência do processo e na qualidade do produto seco. Independentemente do método utilizado, a energia fornecida promove a evaporação (ou, no caso da liofilização, a sublimação) da água presente no material, enquanto ocorre simultaneamente a transferência de massa para o meio externo. A taxa de remoção da água é um dos principais fatores responsáveis pela preservação dos compostos bioativos e das características físicas, nutricionais e sensoriais do produto, uma vez que condições inadequadas de processamento podem favorecer degradações térmicas e alterações estruturais indesejáveis. (Sagar; Suresh Kumar, 2010).

Desde o século XVIII encontram-se registros da evolução tecnológica dos processos de secagem aplicados à conservação de produtos alimentícios e ingredientes. Ao longo do tempo, diferentes tecnologias foram desenvolvidas para atender às características específicas das matérias-primas e às exigências de qualidade do produto final. Atualmente, as tecnologias de secagem abrangem desde métodos tradicionais, como a secagem solar e a secagem convectiva em bandejas, até processos mais avançados, como liofilização, spray drying, secagem por infravermelho, leite fluidizado, tambor rotativo e desidratação osmótica (Gonçalves, 2025). Dessa forma, a secagem pode ser realizada por métodos convencionais ou por tecnologias mais

recentes e emergentes, cuja escolha depende das características da matéria-prima, da qualidade desejada do produto e dos aspectos econômicos e operacionais do processo.

A secagem é considerada um dos métodos mais eficazes aplicados na conservação de frutas, ervas e vegetais, pois além da estabilidade química e microbiológica alcançadas pelo decréscimo da umidade e da atividade de água, reduz o peso e o volume dos alimentos, pode ocorrer diminuição nos custos com embalagem, armazenamento e transporte. Ao modificar as propriedades de textura e sabor, o processo permite a criação de novos produtos, como snacks e doces. Este setor tem conquistado cada vez mais espaço ao oferecer opções saudáveis e similares a produtos já consolidados no mercado (Sehrawat; Nema; Kaur, 2018).

4.2.1 Secagem por atomização (*Spray drying*)

Na secagem por atomização, a umidade é removida por meio do contato direto entre uma corrente de ar aquecido e a suspensão alimentada, que é previamente dispersa na forma de uma névoa atomizada (Pui; Saleena, 2022). A operação envolve quatro etapas principais: atomização da alimentação líquida, secagem da névoa em ar quente, constituição das partículas secas e a separação e coleta do pó do gás de secagem. Diante da dinâmica desse processo, estabelece-se que a temperatura do ar de entrada, a vazão de alimentação e do ar de secagem, além do tipo e da concentração do agente carreador (quando necessário e adicionado), atuam como os fatores determinantes para a qualidade físico-química final do pó obtido. Dessa forma, secagem por atomização consolidou-se como um dos métodos mais eficientes para a microencapsulação de óleos na indústria de alimentos, atuando diretamente na conversão de emulsões líquidas em matrizes em pó estáveis (Mohammed *et al.*, 2020).

Espinosa-Solis et al. (2022) avaliaram o efeito de partículas mistas na estabilização de emulsões Pickering de óleo de abacate submetidas a esse processo. Os autores observaram que a combinação de amido fosfatado com o amido modificado por anidrido n-octenilsuccínico proporcionou a maior eficiência de encapsulação entre as formulações testadas, atuando como uma barreira protetora eficaz para o núcleo lipídico. Esses resultados reforçam como as propriedades finais do pó são estritamente dependentes do agente carreador utilizado.

Karrar et al. (2021) observaram que a associação entre maltodextrina e goma arábica foi capaz de elevar a temperatura de transição vítrea (Tg) do pó de abacate microencapsulado em *spray dryer* para 58,20 °C. Esse aumento na Tg confere uma vantagem tecnológica crucial ao produto, reduzindo os desafios práticos de higroscopicidade e termoplasticidade durante o

armazenamento, além de evitar problemas comuns de colapso estrutural e pegajosidade (*stickiness*). Problemas com pegajosidade refletem-se diretamente na eficiência do processo, em que os principais desafios operacionais envolvem o entupimento dos bicos e a adesão de pó às paredes da câmara (Francia *et al.*, 2017). Essa deposição nas paredes reduz o rendimento e eleva os custos de limpeza, evidenciando que o controle das interações internas é vital tanto para a qualidade do produto quanto para a viabilidade econômica da operação.

4.2.2 Liofilização

A liofilização destaca-se como um dos principais métodos empregados na obtenção de alimentos desidratados de elevada qualidade. Nesse processo, a água é removida por sublimação, sob condições de vácuo e baixas temperaturas, o que minimiza danos térmicos, preserva compostos termossensíveis e mantém a estrutura porosa do material. Como consequência, reduz-se o encolhimento do produto e favorecem-se suas propriedades de reidratação (Nowak; Jakubczyk, 2020). A liofilização compreende três etapas sucessivas: congelamento da matéria-prima, secagem primária, na qual ocorre a sublimação da maior parte da água congelada, e secagem secundária, responsável pela remoção da água remanescente adsorvida ao material. Ao final do processo, o teor de umidade é reduzido para valores residuais, geralmente entre 1% e 5%, mantendo-se a integridade estrutural do alimento. Como consequência, obtém-se um produto altamente poroso, de fácil fragmentação e com elevada capacidade de reidratação, além de maior retenção de compostos termossensíveis, como vitaminas, pigmentos e compostos bioativos, quando comparado a métodos convencionais de secagem. Entretanto, apesar da elevada qualidade do produto obtido, a liofilização apresenta elevado custo operacional e longos tempos de processamento, fatores que restringem sua aplicação em larga escala na indústria de alimentos (Nowak; Jakubczyk, 2020; Oyinloye; Yoon, 2020).

Para a produção de pó de polpa de abacate, o método de secagem por liofilização apresenta grande potencial, pois mantém os atributos de qualidade do produto sem a necessidade de aditivos artificiais para a fixação da cor. Segundo os estudos de Mujaffar e Dipnarine (2020), o processo de liofilização permitiu obter pós de abacate com teor de umidade residual de 2,1% (base úmida) e atividade de água (a_w) média de 0,356. Em contrapartida, o método convencional de secagem em estufa a 60 °C resultou em valores significativamente superior de umidade (5,03% em base úmida) e de atividade de água ($a_w = 0,644$).

No que diz respeito à composição centesimal, as amostras liofilizadas apresentaram teores de gordura (47,22%) e de proteínas (6,87%) superiores aos observados no produto seco em estufa (40,66% e 1,06%, respectivamente). Essa disparidade acentuada, especialmente para a fração proteica, é atribuída pelos autores ao impacto do tratamento térmico prolongado a 60 °C. O calor induz severas reações de escurecimento não enzimático (reação de Maillard) e processos auto-oxidativos nos lipídios, o que degrada quimicamente esses macrocomponentes e compromete diretamente a sua posterior extração e quantificação laboratorial.

Quanto às propriedades físico-químicas e tecnológicas, o pó obtido por liofilização exibiu melhor desempenho, registrando um teor de sólidos solúveis de 11,4% e capacidade de absorção de água de 10,6%. Esses parâmetros asseguraram uma reconstituição rápida do material, originando um purê com características sensoriais muito próximas às da polpa *in natura*. Do ponto de vista físico, a liofilização produziu estruturas porosas e leves, facilmente convertidas em pó fino, ao passo que a secagem em estufa ocasionou retração volumétrica e escurecimento do material. A diferença observada no teor de gordura entre os métodos pode estar associada à maior preservação da fração lipídica durante a liofilização, uma vez que esse processo é conduzido sob baixas temperaturas e reduz a ocorrência de reações degradativas. Por outro lado, a expressiva diferença observada para o teor de proteína merece ser interpretada com cautela, visto que variações dessa magnitude não são normalmente atribuídas apenas à tecnologia de secagem. Assim, aspectos metodológicos, como a forma de expressão dos resultados ou os procedimentos analíticos adotados, também podem ter influenciado esses valores.

Apesar das vantagens qualitativas, a liofilização apresenta limitações práticas relevantes: o processo demanda períodos prolongados (superiores a 20 h) e elevado consumo energético. Esses fatores, somados ao alto custo de aquisição dos equipamentos, restringem sua aplicação predominantemente ao ambiente laboratorial, dificultando a viabilidade econômica em escala industrial.

4.2.3 Secagem convectiva por ar quente

A secagem por ar quente (convecção térmica) constitui-se uma técnica tradicional e amplamente consolidadas na desidratação de matrizes vegetais com elevado teor de água, destacando-se como uma operação unitária fundamental no processamento pós-colheita e no reaproveitamento de subprodutos agroindustriais (Alves, 2014; Marović et al., 2024).

Diferente dos tratamentos baseados em energia radiante direta, o sistema convectivo atua transferindo calor da corrente de ar aquecido para a superfície do material, governando a remoção de umidade por meio de mecanismos de difusão de massa do interior para a periferia do sólido (Alves, 2014). O processo opera de forma consistente em faixas de temperatura controladas, promovendo taxas de evaporação que variam de acordo com a geometria da amostra e as propriedades termodinâmicas do sistema (Alves, 2014).

No entanto, a eficiência da secagem por ar quente depende intrinsecamente da composição físico-química do alimento, visto que longos períodos de exposição térmica podem induzir a degradação de compostos insaturados termossensíveis, reduzindo significativamente teores de ácido oleico devido a fenômenos de oxidação lipídica (Marović *et al.*, 2024). Por outro lado, para uma polpa com alta tendência oxidativa e elevado teor lipídico, como o abacate (*Persea americana* Mill.), o entendimento rigoroso dessas curvas cinéticas e de suas isotermas de desorção viabiliza a obtenção de uma matéria-prima desidratada estável, ideal tanto para a extração de óleos quanto para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios, servindo como uma base comparativa essencial para o direcionamento tecnológico desta pesquisa.

4.2.4 Secagem por radiação infravermelha

A secagem por infravermelho (IV) tem se destacado como uma tecnologia eficiente na desidratação de frutas e vegetais com elevado teor de umidade, constituindo uma alternativa promissora para a produção de snacks e para a obtenção de produtos com maior retenção de compostos bioativos (Zartha Sossa *et al.*, 2021). Diferente dos tratamentos térmicos convencionais, a secagem por IV atua na estrutura do material úmido, ou seja, a energia radiante é absorvida pela umidade superficial, gerando calor por agitação molecular e acelerando o processo de secagem (Sakare *et al.*, 2020a). Nesse método, a energia é transferida ao produto por radiação infravermelha, proporcionando aquecimento rápido e eficiente, elevadas taxas de transferência de calor, redução do tempo de secagem e maior eficiência energética quando comparado a métodos convectivos convencionais, favorecendo a obtenção de produtos de melhor qualidade (Sakare *et al.*, 2020b).

Segundo Nguyen *et al.* (2021), a eficiência da secagem por IV depende da matriz alimentar, sendo menos favorável para insumos ricos em óleos essenciais devido à redução no rendimento e perda das atividades antioxidante e antibacteriana. Por outro lado, segundo os autores, na secagem de abacate, polpa com alta tendência oxidativa, a combinação de IV a 70 °C com 9% de maltodextrina viabilizou a obtenção de um produto em pó de elevada qualidade,

retendo cerca de 95,1% de polifenóis totais, 95,2% de clorofilas e 94,4% da atividade antioxidante em um intervalo de apenas 35 a 55 min, o que se mostra eficiente na mitigação da oxidação lipídica.

4.2.5 *Refractance window drying*

O método Refractance Window (RW), também denominado Cast-Tape Drying (CTD), foi patenteado por Magoon (1986) e passou a ser explorado comercialmente a partir dos anos 2000 pela empresa MCD Technologies. Essa tecnologia utiliza água quente como fonte térmica, que transfere calor, por convecção, para um filme polimérico transparente. Em seguida, a energia é transferida para o material predominantemente por condução térmica, havendo também contribuição da radiação proveniente da água aquecida, normalmente operando em temperaturas inferiores ou próximas ao ponto de ebulição da água (Nindo; Tang, 2007).

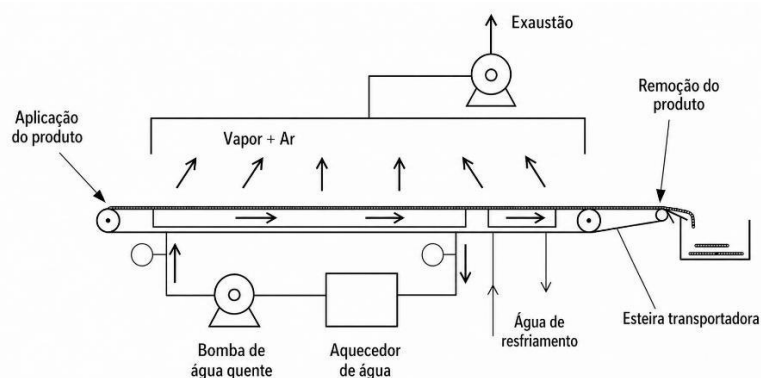
Parmar e Dhamsaniya (2023) relatam que, sob condições operacionais adequadas, o método RW apresenta desempenho comparável ao spray drying (secagem por atomização) e ao drum drying (secagem em tambor), com a vantagem de preservar, em maior extensão, características físicas, nutricionais e sensoriais do produto. Essa capacidade de conservar atributos de qualidade torna a tecnologia promissora para a produção de ingredientes alimentícios na forma de flocos ou pós.

Nesta metodologia, o material é distribuído em fina camada sobre um filme polimérico (geralmente de poliéster transparente (Mylar®), apoiado sobre um reservatório contendo água quente, vapor de água ou outro fluido aquecido.

Conforme discutido por Zotarelli, Carciofi e Laurindo (2015), embora o processo tenha sido originalmente explicado pelo fenômeno conhecido como "janela de refração", atualmente reconhece-se que as elevadas taxas de transferência de calor decorrem principalmente da condução térmica através do filme polimérico, seguida da contribuição da radiação proveniente da água aquecida, enquanto a convecção exerce participação secundária no processo. A atuação conjunta desses mecanismos resulta em elevado fluxo de calor para o produto, promovendo rápida evaporação da água, menores tempos de secagem e maior preservação de compostos termossensíveis. Em comparação com métodos convectivos tradicionais, o Refractance Window destaca-se por combinar elevadas taxas de secagem, menor

tempo de processamento e temperaturas relativamente brandas no produto, favorecendo a preservação da cor, dos compostos bioativos e das características sensoriais, além de apresentar menor consumo energético que processos como a liofilização. . A Figura 7 ilustra um esquema do processo de secagem por *refractance window*.

Figura 7: Esquema do processo de secagem por *refractance window*.



Fonte: Adaptado de Abonyi et al. (2002).

Segundo Gautam e Abdul (2020), o processo de secagem por RW em cascas de pitaiia apresentou resultados superiores aos métodos convencionais, consolidando a técnica como uma alternativa eficiente e de baixo custo para o processamento de subprodutos frutícolas. O estudo demonstrou que a aplicação de uma polpa com espessura de 3,5 mm, sob temperatura de 95 °C, permitiu uma redução significativa no tempo de secagem para apenas 42 min, preservando a coloração do material de forma mais eficaz do que a secagem em estufa.

Alinhado ao comportamento de polpas com alta sensibilidade térmica e características complexas, o estudo de Nguyen et al. (2022), avaliou a secagem de polpas de abacate e manga através do método RW em temperaturas de 80, 85, 90 e 95 °C. Os autores utilizaram camadas de polpa com 2 mm de espessura, avaliando a cinética de secagem, o conteúdo de fenólicos totais (TPC), a atividade antioxidante e os parâmetros de cor. Observou-se que a secagem ocorreu majoritariamente no período de taxa decrescente, com uma redução significativa no tempo de processo conforme o aumento da temperatura. Para o abacate, o tempo foi reduzido de 70 para 40 min ao elevar a temperatura de 80 para 95 °C. Os resultados indicaram uma satisfatória retenção de compostos bioativos, com níveis de TPC e capacidade antioxidante superiores a 80%. De forma geral, demonstrou-se que a secagem por *refractance window* é uma

alternativa eficiente para a produção de polpas de frutas em pó, preservando as características de cor e o valor nutricional de forma superior aos métodos térmicos convencionais.

4.3 Análise comparativa dos métodos de secagem aplicados ao abacate

A utilização de tecnologias de secagem já é amplamente empregada na indústria de alimentos, entretanto, novas tecnologias e combinações de métodos vêm proporcionando um melhor controle das condições de processamento e a otimização de custos, visando uma qualidade superior do produto (Siddiqui et al., 2024). A escolha do método de secagem ideal para a polpa de abacate exige o equilíbrio entre a eficiência operacional do processo e a preservação das propriedades nutricionais e sensoriais da fruta, que são afetadas pelo calor e pela oxidação. A Tabela 1 sintetiza os principais aspectos técnicos, o tipo de produto obtido, as vantagens operacionais e as limitações de cada tecnologia aplicada à secagem de abacate. Cabe destacar que a comparação apresentada na Tabela 1 foi elaborada com base nos estudos selecionados na etapa de revisão bibliográfica. Dessa forma, ela representa uma síntese do conjunto de trabalhos analisados neste estudo, permitindo identificar tendências observadas nos artigos revisados. Entretanto, essas comparações não devem ser interpretadas como uma generalização para toda a literatura sobre secagem de abacate, especialmente considerando as limitações metodológicas da estratégia de busca já discutidas na análise bibliométrica.

Tabela 1: Comparativo das tecnologias de secagem aplicadas ao abacate analisadas em trabalhos.

Método de secagem	Produto	Principais vantagens	Limitações operacionais	Referências
Ar quente	Polpa de abacate seca em pedaços e posteriormente material particulado obtido por moagem	• Simplicidade de operação em cabines de secagem convencionais. • Maior estabilidade e retenção de alguns ácidos graxos insaturados (oleico e linoleico) na polpa em comparação com	• Tempo de secagem longo (de 150 a 284 min). • Maior perda de compostos voláteis e degradação visual. • Encolhimento estrutural da matriz da polpa.	Mujaffar e Dipnarine (2020). Marović et al., (2024)

		processos a vácuo equivalentes.		
Liofilização	Material desidratado e poroso, triturado em pó higroscópico.	• Considerado o método padrão-ouro em qualidade nutricionais e sensoriais. • Retenção máxima da cor original, sabor natural, estrutura celular intacta, pH e baixíssima atividade de água ($a_w \approx 0,27$).	• Processo industrial descontínuo e excessivamente lento (tempo de secagem superior a 20 h). • Alto custo de capital inicial e elevado consumo de energia com vácuo e congelamento.	Mujaffar e Dipnarine (2020).
Atomização	Microcápsulas em pó obtidas de emulsões de óleo de abacate.	• Viabilidade técnica para encapsular o óleo usando matrizes poliméricas mistas (amido modificado e quitosana). • Excelente estabilidade física e proteção contra a coalescência (separação do óleo) durante o armazenamento.	• Exige a formulação prévia de uma emulsão fluida estável e o uso de agentes de parede estruturais. • Risco de entupimento dos bicos atomizadores.	Espinosa-Solis et al.,(2022)
Infravermelho	Pó de polpa de abacate estável	• Redução drástica no tempo de processo (35 a 55 min).	• Risco de superaquecimento e queima na superfície	Nguyen et al. (2021)

		• Quando combinado com 9% de maltodextrina a 70 °C, atingiu taxa zero de peróxidos e preservou até 95% de antioxidantes e clorofila.	da amostra se a potência não for rigidamente controlada. • Menor rendimento do pó se a espessura da camada da polpa for irregular.	
<i>Refractance Window</i>	Pó fino de polpa de abacate originado de escamas (<i>flakes</i>).	• Alta taxa de transferência de calor por condução e radiação a pressões atmosféricas. • Preserva compostos fenólicos totais e atividade antioxidante equivalentes a métodos sob vácuo. • Tempo de secagem reduzido.	• Exige a aplicação da polpa a ser seca em camadas finas (2 a 3 mm). • Necessita de controle preciso da temperatura da água circulante (80 a 95 °C) para evitar caramelização.	Nguyen; Nguyen; Tran (2024)

Fonte: A autora.

5 CONCLUSÃO

A análise bibliométrica e de redes de citações evidenciou maior volume de estudos focados no mapeamento das propriedades físico-químicas e na capacidade antioxidante da fruta ao longo dos últimos 20 anos. Além disso, os trabalhos de maior impacto e centralidade na rede científica concentram-se na elucidação dos perfis de ácidos graxos e nos efeitos do estágio de maturação pós-colheita, o que levanta a relevância de se consolidar dados comparativos voltados especificamente para a engenharia de processos dessas tecnologias emergentes. Cabe ressaltar, ainda, que os estudos identificados e selecionados nesta revisão foram relativamente limitados para algumas tecnologias de secagem, dificultando comparações mais abrangentes entre os métodos. A comparação entre as tecnologias de secagem apresentada neste trabalho baseou-se em um número limitado de estudos por método, ou seja, foi construída a partir do conjunto de estudos selecionados para esta revisão. Assim, as tendências discutidas refletem os resultados observados nesse conjunto de trabalhos (e não uma generalização ampla) e devem ser interpretadas dentro desse contexto. Em conjunto com as limitações já discutidas quanto à estratégia de busca bibliométrica, esse aspecto evidencia oportunidades para futuras revisões baseadas em estratégias de busca mais refinadas e em um conjunto documental mais abrangente.

A utilização dos processos de secagem na conservação e no aproveitamento do abacate tem crescido nos últimos anos, sendo estudada com objetivo de reduzir grandes perdas pós-colheita dessa fruta climatérica. As pesquisas visam o desenvolvimento dos parâmetros operacionais de secagem para garantir a estabilidade microbiana, redução do volume de armazenamento, a retenção dos atributos de qualidade e valor funcional do produto em pó final.

As tecnologias de secagem estão intrinsicamente relacionadas à manipulação dos mecanismos de transferência de calor e de massa, cuja aplicação na polpa de abacate ocorre por diferentes métodos operacionais.

A secagem convectiva por ar quente, por ser o método mais tradicional e de menor custo de implementação, ainda apresenta relevância prática, mas mostrou-se limitada por seus longos tempos de processo e pela maior perda de compostos voláteis e degradação visual da polpa, quando comparada a métodos mais recentes.

Do ponto de vista conceitual, as metodologias convencionais, como a secagem por atomização (*spray drying*), exigem a incorporação obrigatória de agentes carreadores, parâmetro fundamental por estar diretamente associado ao controle da higroscopicidade e da pegajosidade do pó na câmara. Além disso, esses adjuvantes influenciam as propriedades físicas

e a eficiência global de recuperação do produto. As abordagens clássicas de encapsulação, validadas na literatura atual, permanecem como a base para viabilizar a aspersão de matrizes complexas.

Por se tratar de uma matriz alimentar rica em lipídios insaturados, fitoquímicos e compostos termossensíveis, o conhecimento do comportamento e das limitações de cada método mostrou-se indispensável para prever a estabilidade oxidativa e nutricional do abacate durante o tratamento térmico.

Em relação à liofilização, observou-se maior predominância de estudos validando-a como o método padrão-ouro para a máxima preservação estrutural, manutenção da capacidade de reconstituição e integridade dos compostos bioativos. Os principais pontos abordados envolvem minimização de degradação térmica devido à sublimação da água congelada sob vácuo. Esse mecanismo reduz drasticamente as alterações na coloração e a degradação de nutrientes funcionais. Apesar de suas vantagens qualitativas, trata-se de uma técnica de custo operacional elevado e tempos de processamento excessivamente longos, apresentando limitações severas em relação à viabilidade de implementação em escala industrial contínua.

A secagem por radiação infravermelha, por sua vez, destacou-se pela redução expressiva do tempo de processo e pela elevada retenção de compostos bioativos quando associada a aditivos como a maltodextrina, configurando-se como alternativa intermediária entre a rapidez dos métodos convencionais e a qualidade obtida por técnicas mais brandas. Contudo, o método exige controle rigoroso da potência aplicada, já que o risco de superaquecimento e carbonização superficial da amostra pode comprometer o rendimento e a qualidade do pó obtido.

Na secagem por *refractance window*, a variação tecnológica é estrategicamente empregada, sobretudo como uma alternativa de alta precisão que possibilita processar polpas sensíveis em filmes finos e em menor tempo. Assim como na liofilização, ocorre satisfatória retenção do valor funcional e da cor original da polpa, o que favorece a obtenção de um pó de alta qualidade nutricional. O mecanismo de condução térmica e radiação em janelas de refração otimiza a taxa de evaporação da água, minimizando os danos oxidativos estruturais na fração lipídica em intervalos curtos de operação.

Diante do exposto, este trabalho cumpriu seus objetivos ao contextualizar as propriedades físico-químicas e os desafios de conservação pós-colheita do abacate, ao levantar e comparar criticamente os métodos convencionais e emergentes de secagem, e ao evidenciar seus efeitos sobre as propriedades do produto em pó. A desidratação da polpa de abacate configura-se, assim, como um campo tecnológico promissor e em consolidação, especialmente para a geração de derivados estáveis de alto valor agregado e redução do desperdício.

6 REFERÊNCIAS

ABD ELKADER, A. M.; LABIB, S.; TAHA, T. F.; ALTHOBAITI, F.; ALDHAHRANI, A.; SALEM, H. M.; SAAD, A.; IBRAHIM, F. M. Phytogetic compounds from avocado (*Persea americana* L.) extracts; antioxidant activity, amylase inhibitory activity, therapeutic potential of type 2 diabetes. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 3, p. 1428–1433, 1 mar. 2022.

AL-GHAMDI, S. *et al.* Pressure-assisted thermal sterilization of avocado puree in high barrier polymeric packaging. **LWT**, [s. l.], v. 155, p. 112960, 2022. ISSN: 00236438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112960>.

ALVES, J. A. **Secagem de abacate pelo método de ar quente: curvas cinéticas e isotermas de dessorção**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/>.

ARAÚJO, R. G. *et al.* Avocado by-products: Nutritional and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 80, p. 51–60, 2018 a. ISSN: 09242244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>.

BHATTACHARJEE, S. *et al.* **A critical review on drying of food materials: Recent progress and key challenges**. **International Communications in Heat and Mass Transfer** Elsevier Ltd, 2024. ISSN: 07351933. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.107863>.

BLAKEY, R. J.; BOWER, J. P.; BERTLING, I. Influence of water and ABA supply on the ripening pattern of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit and the prediction of water content using Near Infrared Spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 53, n. 1–2, p. 72–76, 1 jul. 2009.

CHEPTOO, A.; EBERE, R.; ARIMI, J. Avocado Pulp: A Review of Nutritional Profile, Functional Attributes, Drying Techniques, and Avocado Pulp Products. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s. l.], v. 2025, n. 1, 2025. ISSN: 0145-8892. DOI: <https://doi.org/10.1155/jfpp/4810929>.

COUTINHO, I. B. *et al.* Spray drying of avocado pulp using the seed as an adjuvant. **Powder Technology**, [s. l.], v. 408, p. 117738, 2022. ISSN: 00325910. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2022.117738>.

CRUZ-LÓPEZ, D. F. *et al.* Competitividad de las exportaciones de aguacate Hass de México en el mercado mundial. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 355–362, 2022. ISSN: 2007-9230. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2885>.

DANTAS, D. *et al.* Influence of spray drying conditions on the properties of avocado powder drink. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 266, p. 284–291, 2018. ISSN: 03088146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.016>.

DAL-BÓ, V.; FREIRE, J. T. Effects of lyophilization on colorimetric indices, phenolics content, and antioxidant activity of avocado (*Persea americana*) pulp. **Food Control**, v. 132, p. 108526, 1 fev. 2022.

DEGENHARDT, A. G.; HOFMANN, T. Bitter-Tasting and Kokumi-Enhancing Molecules in Thermally Processed Avocado (*Persea americana* Mill.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 58, n. 24, p. 12906–12915, 2010. ISSN: 0021-8561. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf103848p>.

DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 53, n. 7, p. 738–750, 2013. ISSN: 1040-8398. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>.

DUARTE, P. F. *et al.* Avocado: characteristics, health benefits and uses. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 46, n. 4, p. 747–754, 2016 a. ISSN: 0103-8478. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141516>.

DUARTE, P. F. *et al.* Avocado: characteristics, health benefits and uses. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 46, n. 4, p. 747–754, 2016 b. ISSN: 0103-8478. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141516>.

ESPINOSA-SOLIS, V. *et al.* Effect of Mixed Particulate Emulsifiers on Spray-Dried Avocado Oil-in-Water Pickering Emulsions. **Polymers**, [s. l.], v. 14, n. 15, 2022. ISSN: 20734360. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym14153064>.

FALCÃO, M. de A. *et al.* Fenologia e produtividade do Abacate (*Persea americana* Mill.) na Amazônia Central1. **Acta Amazonica**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 3–9, 2001. ISSN: 0044-5967. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43922001311009>.

FARLEY, K. X. *et al.* Avocado-related knife injuries: Describing an epidemic of hand injury. **The American Journal of Emergency Medicine**, [s. l.], v. 38, n. 5, p. 864–868, 2020. ISSN: 07356757. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.06.051>.

FONSECA ANTUNES, B. DA; SILVA BARBOZA, L. DA; LIMA COSTA, I. H. DE; OLIVEIRA, R. M.; JACQUES, A. C.; GULARTE, M. A.; MENDONÇA, C. R. B. Preparation of pasta with avocado flour (*Persea Americana* Mill): physicochemical, sensory, and multivariate analysis. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 19, n. 12, p. 10111–10124, 11 dez. 2025.

FLORES, M. *et al.* Avocado Oil: Characteristics, Properties, and Applications. **Molecules**, [s. l.], v. 24, n. 11, p. 2172, 2019. ISSN: 1420-3049. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24112172>.

FRANCIA, V. *et al.* Agglomeration during spray drying: Airborne clusters or breakage at the walls? **Chemical Engineering Science**, [s. l.], v. 162, p. 284–299, 2017. ISSN: 00092509. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2016.12.033>.

GAMBLE, J.; HARKER, F. R.; JAEGER, S. R.; WHITE, A.; BAVA, C.; BERESFORD, M.; STUBBINGS, B.; WOHLERS, M.; HOFMAN, P. J.; MARQUES, R.; WOOLF, A. The impact of dry matter, ripeness and internal defects on consumer perceptions of avocado quality and intentions to purchase. **Postharvest Biology and Technology**, v. 57, n. 1, p. 35–43, 1 jul. 2010.

GIÃO, M. S.; GONZÁLEZ-SANJOSÉ, M. L.; RIVERO-PÉREZ, M. D.; PEREIRA, C. I.; PINTADO, M. E.; MALCATA, F. X. Infusions of Portuguese medicinal plants: Dependence

of final antioxidant capacity and phenol content on extraction features. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 14, p. 2638–2647, 21 nov. 2007.

GONÇALVES, William Silva. **Métodos de secagem de alimentos**: uma revisão. 2025. 97 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2025. Disponível em: http://sip.prg.ufla.br/publico/trabalhos_conclusao_curso/acessar_tcc_por_curso/engenharia_de_alimentos/index.php?dados=20242202011126.

GLOWACZ, M.; ROETS, N.; SIVAKUMAR, D. Control of anthracnose disease via increased activity of defence related enzymes in ‘Hass’ avocado fruit treated with methyl jasmonate and methyl salicylate. **Food Chemistry**, v. 234, p. 163–167, 1 nov. 2017.

GUILLÉN-SÁNCHEZ, J.; PAUCAR-MENACHO, L. Oxidative stability and shelf life of avocado oil extracted cold and hot using discard avocado (*Persea americana*). **Scientia Agropecuaria**, v. 11, n. 1, p. 127–133, 31 mar. 2020.

GUADALUPE-MOYANO, V. *et al.* Impact of drying methods on banana flour in the gluten-free bread quality. **LWT**, [s. l.], v. 168, p. 113904, 2022. ISSN: 00236438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113904>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agropecuária: Abacate. Rio de Janeiro: IBGE, 2026.

KAUR, S.; DHURVE, P.; ARORA, V. K. Statistical approach to investigate the effect of vibro-fluidized bed drying on bioactive compounds of muskmelon (*Cucumis melo*) seeds. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s. l.], v. 46, n. 9, 2022. ISSN: 0145-8892. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.16331>.

LANDAHL, S.; MEYER, M. D.; TERRY, L. A. Spatial and Temporal Analysis of Textural and Biochemical Changes of Imported Avocado cv. Hass during Fruit Ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 15, p. 7039–7047, 12 ago. 2009.

LARA-MÁRQUEZ, M.; BÁEZ-MAGAÑA, M.; RAYMUNDO-RAMOS, C.; SPAGNUOLO, P. A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; SALGADO-GARCIGLIA, R.; OCHOA-ZARZOSA, A.;

LÓPEZ-MEZA, J. E. Lipid-rich extract from Mexican avocado (*Persea americana* var. *drymifolia*) induces apoptosis and modulates the inflammatory response in Caco-2 human colon cancer cells. **Journal of Functional Foods**, v. 64, p. 103658, 1 jan. 2020.

MAGALHÃES, M. G. Secagem por janela de refração aplicada à polpa de frutas. 2015. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

MA, A.; XU, Y.; FENG, H.; DU, Y.; LIU, H.; YANG, S.; CHEN, J.; HAO, X. Identification of Avocado Fruit Disease Caused by *Diaporthe phaseolorum* and *Colletotrichum fructicola* in China. **Journal of Fungi**, v. 11, n. 8, p. 547, 23 jul. 2025.

MAGOON, R. E. Apparatus and method for drying fruit juices. Inventor: Richard E. Magoon. US Patent 4,631,837, 30 dez. 1986.

MAGWAZA, L. S.; TESFAY, S. Z. A Review of Destructive and Non-destructive Methods for Determining Avocado Fruit Maturity. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 10, p. 1995–2011, 5 out. 2015.

MOHAMMED, N. K. *et al.* **Spray Drying for the Encapsulation of Oils—A Review.** **Molecules** MDPI AG, 2020. (17) ISSN: 14203049. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25173873>.

MAROVIĆ, R. *et al.* The Nutritional Potential of Avocado By-Products: A Focus on Fatty Acid Content and Drying Processes. **Foods**, [s. l.], v. 13, n. 13, p. 2003, 2024. ISSN: 2304-8158. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13132003>.

MUJAFFAR, S.; DIPNARINE, T.-A. The Production of a Dried Avocado (*Persea americana*) Powder. **The International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (IConETech-2020)**, [s. l.], p. 44–54, 2020. DOI: <https://doi.org/10.47412/DDSD1316>.

NGUYEN, T.-V.-L. *et al.* Effects of Infrared Drying Conditions and Maltodextrin Addition on Some Physicochemical Characteristics of Avocado (*Persea americana*) Pulp Powder. **Applied**

Sciences, [s. l.], v. 11, n. 24, p. 11803, 2021. ISSN: 2076-3417. DOI: <https://doi.org/10.3390/app112411803>.

NGUYEN, T.-V.-L.; NGUYEN, P.-B.-D.; TRAN, T. T. V. Kinetics of infrared drying of avocado (*Persea americana*) pulp with different formulations. **Cogent Food & Agriculture**, [s. l.], v. 10, n. 1, 2024. ISSN: 2331-1932. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2303835>.

NINDO, C. I.; TANG, J. Refractance Window Dehydration Technology: A Novel Contact Drying Method. **Drying Technology**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 37–48, 2007. ISSN: 0737-3937. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373930601152673>.

NOWAK, D.; JAKUBCZYK, E. The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. **Foods**, [s. l.], v. 9, n. 10, p. 1488, 2020. ISSN: 2304-8158. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9101488>.

NYAKANG'I, C. O.; MARETE, E.; EBERE, R.; ARIMI, J. M. Physicochemical Properties of Avocado Seed Extract Model Beverages and Baked Products Incorporated with Avocado Seed Powder. **International Journal of Food Science**, v. 2023, p. 1–9, 31 maio 2023.

OCHOA-ZARZOSA, A.; BÁEZ-MAGAÑA, M.; GUZMÁN-RODRÍGUEZ, J. J.; FLORES-ALVAREZ, L. J.; LARA-MÁRQUEZ, M.; ZAVALA-GUERRERO, B.; SALGADO-GARCIGLIA, R.; LÓPEZ-GÓMEZ, R.; LÓPEZ-MEZA, J. E. Bioactive Molecules From Native Mexican Avocado Fruit (*Persea americana* var. *drymifolia*): A Review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 76, n. 2, p. 133–142, 11 jun. 2021.

OYINLOYE, T. M.; YOON, W. B. Effect of Freeze-Drying on Quality and Grinding Process of Food Produce: A Review. **Processes**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 354, 2020. ISSN: 2227-9717. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8030354>.

PUI, L. P.; SALEENA, L. A. K. Effects of spray-drying parameters on physicochemical properties of powdered fruits. **Foods and Raw Materials**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 235–251, 2022. ISSN: 23109599. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-533>.

RAGHAVI, L. M.; MOSES, J. A.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Refractance window drying of foods: A review. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 222, p. 267–275, 2018 a. ISSN: 02608774. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.032>.

RAGHAVI, L. M.; MOSES, J. A.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Refractance window drying of foods: A review. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 222, p. 267–275, 2018 b. ISSN: 02608774. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.032>.

RAMOS-AGUILAR, A. L.; ORNELAS-PAZ, J.; TAPIA-VARGAS, L. M.; GARDEA-BEJAR, A. A.; YAHIA, E. M.; ORNELAS-PAZ, J. DE J.; PEREZ-MARTINEZ, J. D.; RIOS-VELASCO, C.; ESCALANTE-MINAKATA, P. Metabolomic analysis and physical attributes of ripe fruits from Mexican Creole (*Persea americana* var. *Drymifolia*) and “Hass” avocados. **Food Chemistry**, v. 354, p. 129571, 30 ago. 2021.

RODRÍGUEZ, P.; VILLAMIZAR, J.; LONDOÑO, L.; TRAN, T.; DAVRIEUX, F. Quantification of Dry Matter Content in Hass Avocado by Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) Scanning Different Fruit Zones. **Plants**, v. 12, n. 17, p. 3135, 31 ago. 2023.

SAGAR, V. R.; SURESH KUMAR, P. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 15–26, 2010. ISSN: 0022-1155. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0010-8>.

SAKARE, P. *et al.* Infrared Drying of Food Materials: Recent Advances. **Food Engineering Reviews**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 381–398, 2020 a. ISSN: 1866-7910. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09237-w>.

SAKARE, P. *et al.* Infrared Drying of Food Materials: Recent Advances. **Food Engineering Reviews**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 381–398, 2020 b. ISSN: 1866-7910. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09237-w>.

SEHRAWAT, R.; NEMA, P. K.; KAUR, B. P. Quality evaluation and drying characteristics of mango cubes dried using low-pressure superheated steam, vacuum and hot air drying methods.

LWT, [s. l.], v. 92, p. 548–555, 2018. ISSN: 00236438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.012>.

SIDDIQUI, S. A. *et al.* Impact of drying on techno-functional and nutritional properties of food proteins and carbohydrates - A comprehensive review. **Drying Technology**, [s. l.], v. 42, n. 4, p. 592–611, 2024. ISSN: 0737-3937. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373937.2024.2303580>.

STĘPIEŃ, A.; WITCZAK, M.; WITCZAK, T. Moisture sorption characteristics of food powders containing freeze dried avocado, maltodextrin and inulin. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 149, p. 256–261, 2020. ISSN: 01418130. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.154>.

TANGO, João Shojiro; CARVALHO, Cássia Regina Limonta; SOARES, Nilberto Bernardo. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 17-23, abr. 2004.

TYAGI, V. V. *et al.* Sustainable growth of solar drying technologies: Advancing the use of thermal energy storage for domestic and industrial applications. **Journal of Energy Storage**, [s. l.], v. 99, p. 113320, 2024. ISSN: 2352152X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.113320>.

UNLU, N. Z. *et al.* Carotenoid Absorption from Salad and Salsa by Humans Is Enhanced by the Addition of Avocado or Avocado Oil. **The Journal of Nutrition**, [s. l.], v. 135, n. 3, p. 431–436, 2005. ISSN: 00223166. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/135.3.431>.

VILLA-RODRÍGUEZ, J. A.; MOLINA-CORRAL, F. J.; AYALA-ZAVALA, J. F.; OLIVAS, G. I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of ‘Hass’ avocado. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1231–1237, 1 jun. 2011.

WANG, J.; YANG, H.; WU, P.; ZHANG, J.; MA, W.; LI, Y.; LIU, J. Effect of Predry-treatment on the bioactive constituents and quality of avocado (*Persea americana* Mill.) oil from three cultivars growing in China. **Frontiers in Nutrition**, v. 10, 17 jul. 2023.

XU, D. *et al.* Isolation of yeast strains from Chinese liquor Daqu and its use in the wheat sourdough bread making. **Food Bioscience**, [s. l.], v. 31, p. 100443, 2019. ISSN: 22124292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100443>.

ZARTHA SOSSA, J. W. *et al.* **Infrared Drying Trends Applied to Fruit. Frontiers in Sustainable Food Systems** Frontiers Media S.A., 2021. ISSN: 2571581X. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.650690>.

ZOTARELLI, M. F.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Effect of process variables on the drying rate of mango pulp by Refractance Window. **Food Research International**, [s. l.], v. 69, p. 410–417, 2015. ISSN: 09639969. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.013>.