



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**SECAGEM DE SEMENTES DE ABACATE PARA OBTENÇÃO DE FARINHA
ALIMENTÍCIA**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE
PRODUTOS AGRÍCOLAS**

Discente: Priscylla Palmeira Diniz

Orientadores: Dra. Ana Paula Trindade Rocha

Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva

CAMPINA GRANDE – PB

JULHO - 2023

PRISCYLLA PALMEIRA DINIZ

**SECAGEM DE SEMENTES DE ABACATE PARA OBTENÇÃO DE FARINHA
ALIMENTÍCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande como requisito obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola

CAMPINA GRANDE – PB

JULHO - 2023

D585s Diniz, Priscylla Palmeira.
 Secagem de sementes de abacate para obtenção de farinha alimentícia
 / Priscylla Palmeira Diniz – Campina Grande, 2023.
 90 f. : il. color.

 Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais,
2023.
 "Orientação: Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha, Prof. Dr. Flavio
Luiz Honorato da Silva."

 Referências.

 1. Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas. 2.
Cinética de Secagem. 3. Farinha Vegetal. 4. *Persea americana*. 5.
Resíduos Vegetais. I. Rocha, Ana Paula Trindade. II. Silva, Flavio Luiz
Honorato da. III. Título.

CDU 631.24(043)

**SECAGEM DE SEMENTES DE ABACATE PARA OBTENÇÃO DE FARINHA
ALIMENTÍCIA**

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Trindade Rocha – Orientadora
UAEAlii/CTRNUFCG

Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva – Orientador
DEQ/CT/UFPB

Prof. Dr. Bruno Adelino de Melo – Examinador Externo
UAEA/CTRNUFCG

Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz – Examinador Interno
UAEA/CTRNUFCG



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA, REALIZADA EM 17 DE JULHO DE 2023.

CANDIDATO(A): **PRISCYLLA PALMEIRA DINIZ**

TÍTULO: **"SECAGEM DE SEMENTES DE ABACATE PARA OBTENÇÃO DE FARINHA ALIMENTÍCIA"**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

LOCAL: Por Videoconferência (plataforma Google Meet)

HORÁRIO: 10h

Em sessão pública, após exposição de cerca de 50 minutos, o(a) candidato(a) foi arguido(a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Dissertação, sendo **APROVADO(A)**, com modificações no texto, de acordo com as exigências da Comissão Examinadora, que deverão ser cumpridas no prazo máximo de 30 (trinta) dias. Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, assinada pelo(a) coordenador(a) do PPGEA e demais membros da Comissão Examinadora presentes. Campina Grande/PB, 17 de julho de 2023.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dermeval Araújo Furtado - Coordenador do PPGEA

Ana Paula Trindade Rocha - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Flávio Luiz Honorato da Silva - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Alexandre José de Melo Queiroz - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Bruno Adelino de Melo - Examinador(a) Externo(a) - UFCG

Priscylla Palmeira Diniz - Discente

1. Segue a presente Ata de Defesa de Dissertação do(a) candidato(a) **PRISCYLLA PALMEIRA DINIZ**, assinada eletronicamente pela Comissão Examinadora acima identificada.

JULHO DE 2023



Documento assinado eletronicamente por **DERMEVAL ARAUJO FURTADO, COORDENADOR(A)**, em 21/07/2023, às 10:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Adelino de Melo, Usuário Externo**, em 21/07/2023, às 11:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **PRISCYLLA PALMEIRA DINIZ, Usuário Externo**, em 21/07/2023, às 19:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALEXANDRE JOSE DE MELO QUEIROZ, PROFESSOR 3 GRAU**, em 24/07/2023, às 00:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Luiz Honorato da Silva, Usuário Externo**, em 24/07/2023, às 10:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA TRINDADE ROCHA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 22/08/2023, às 10:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **3602866** e o código CRC **E572BDCF**.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES**PRISCYLLA PALMEIRA DINIZ**SECAGEM DE SEMENTES DE ÁBACATE PARA
OBTENÇÃO DE FARINHA ALIMENTÍCIA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
como pré-requisito para obtenção do título
de Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 17/07/2023

Ana Paula Trindade Rocha - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFMG

Flávio Luiz Honorato da Silva - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFMG

Alexandre José de Melo Queiroz - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFMG

Bruno Adelino de Melo - Examinador(a) Externo(a) - UFGG



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Adelino de Melo, Usuário Externo**, em
21/07/2023, às 11:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da
[Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018.](#)



Documento assinado eletronicamente por **ALEXANDRE JOSÉ DE MELO QUEIROZ, PROFESSOR 3
GRAU**, em 24/07/2023, às 00:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º,
caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018.](#)



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Luiz Honorato da Silva, Usuário Externo**, em
24/07/2023, às 10:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da
[Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018.](#)

https://sei.ufcg.edu.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=4002824&infra_siste... 1/2



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA TRINDADE ROCHA, PROFESSOR 3 GRAU**, em
22/08/2023, às 10:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da
[Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018.](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>,
informando o código verificador **3602926** e o código CRC **6C94C90D**.

EPÍGRAFE

‘...se tivésseis fé como um grão de mostarda, diríeis a este monte: Passa daqui para acolá; e haveria de passar; e nada vos seria impossível. ‘

Mateus 17:20

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, Josivanda e Rodolfo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me ajudar sempre e me guiar em mais um feito nesta terra.

A minha filha Alice que acompanhou toda a pesquisa e esteve em todo o trajeto, desde a gestação até o nascimento.

A meu esposo, Rodolfo Rozendo, que esteve sempre me apoiando, ajudando e me acompanhando para as universidades. Ele é meu companheiro eterno, especialmente quando o assunto é conhecimento e educação. Por ter gerenciado tudo em casa enquanto eu estava ausente realizando as pesquisas, cuidando da nossa filha e mantendo o cachorro tranquilo para que eu pudesse assistir às aulas online durante a pandemia. Seu valioso e incansável trabalho e apoio foi grandemente definitivo em todos os momentos deste trabalho.

Aos meus pais, Josinaldo Palmeira e Ivoneide Diniz, pela oportunidade da vida e pela educação no caminho certo, na crença e fé para ser uma boa cidadã e a amar os estudos.

Aos meus mestres, Prof^a. Dr^a. Ana Paula Trindade e Prof. Dr. Flávio Honorato, pela grande paciência, sabedoria e determinação com que me orientaram e auxiliaram durante a realização deste trabalho.

A UFCG (Universidade Federal de Campina Grande) e a UFPB (Universidade Federal da Paraíba) que me proporcionaram a oportunidade de realizar as análises, por terem oferecido um ambiente criativo e acolhedor, onde eu pude desfrutar das condições ideais para que esse trabalho fosse realizado.

A Sra. Severina Felix e Sra. Sonia, que cederam e cuidaram da árvore (abacateiro) e suas sementes os quais foram objeto de estudo.

Aos técnicos dos laboratórios, Diogenes, Rafael, Cleidiana e Francisco, pelo suporte na realização dos experimentos, demonstrando disponibilidade para ajudar e tiveram sempre muita paciência pra me auxiliar em todas as tarefas necessárias, inclusive mais paciência ainda para ouvir minhas explicações o dia inteiro.

A todos os professores do curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pela colaboração, amizade e por me receberem de braços abertos, me ensinando com afinco, mesmo eu sendo de uma área afim.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo auxílio financeiro durante o mestrado.

A Prof^a. Dr^a. Josivanda P. Gomes pelo seu apoio, por sempre ter acreditado e depositado sua confiança em mim ao longo de todos esses anos de trabalho, que se iniciaram ainda nos PIBIC Júnior da vida. E por sua contribuição para o meu crescimento no conhecimento na área agrícola e na vida.

Aos amigos Raniza Carvalho, Ana Carolina Nóbrega, Emerson Zambrano, Henrique Valentim, Samara Mendes e Diego Trajano pela parceria, presteza, apoio e disponibilidade em ajudar.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho, MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

1.	13	
1.1	14	
1.1.1	Objetivo geral	14
1.1.2	Objetivos específicos	14
2	16	
2.1	16	
2.2	20	
2.3	21	
2.4	22	
3	23	
4	25	
4.1	26	
4.2	26	
4.3	27	
4.4	28	
4.5	30	
4.5.1	30	
4.5.2	30	
4.5.3	30	
4.5.4	30	
4.5.5	31	
4.5.6	31	
4.5.7	31	
4.5.8	31	
4.5.9	31	
4.5.10	31	
4.6	32	
5	335.1	33INTRODUÇÃO 35
MATERIAL E MÉTODOS		37
RESULTADOS E DISCUSSÃO		40
CONCLUSÕES		44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		45
5.2	49	

INTRODUÇÃO	50
MATERIAL E MÉTODOS	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS	59
6	63

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1-	Abacateiro Fortuna (<i>Persea Americana</i>).....	1
		7
Figura 2-	Abacate Fortuna (<i>Persea Americana</i>).....	1
		9
Figura 3-	Fluxograma das etapas realizadas para a obtenção da semente do abacate.....	2
		7

ARTIGO I

Figura 1-	Representação dos ajustes do modelo de Page Modificado aos dados da secagem das sementes de abacate.....	4
		9

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Tabela nutricional do abacate.....	1
		8
Tabela 2-	Identificação do abacate	2
		0
Tabela 3-	Modelos matemáticos utilizados no ajuste das curvas de cinética de secagem da semente do abacate.....	3
		0

ARTIGO I

Tabela 1-	Tempo de secagem e teor de umidade das amostras de semente do abacate obtidas em diferentes temperaturas.....	4
		6
Tabela 2-	Parâmetros dos modelos matemáticos ajustados aos dados de secagem das sementes de abacate com coeficientes de determinação (R^2), desvios quadráticos médios (DQM) e qui-quadrado (χ^2).....	4
		7

ARTIGO II

Tabela 1 -	Caracterização da farinha das sementes de abacate.....	6
		1

RESUMO

Atualmente podemos perceber um aumento significativo do problema da fome. Diante dessa realidade, é importante considerar o valor nutricional completo dos alimentos, incluindo cascas, folhas e raízes, a fim de maximizar o seu aproveitamento. Um caso ilustrativo é o do abacate, que possui resíduos ricos em nutrientes, mas que são pouco aproveitados. Diante disto, objetivou-se com esta pesquisa, obter dados acerca da utilização das sementes de abacate para a utilização delas em forma de farinha nos mais diversos fins industriais. Foi realizado o estudo da cinética de secagem das sementes de abacate nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, com a avaliação de modelos matemáticos. As farinhas obtidas das secagens foram avaliadas quanto aos parâmetros físicos e físico-químicos (atividade de água, pH, cinzas, proteínas, lipídeos, acidez total titulável, sólidos solúveis e amido). Observou-se ajustes significativos aos modelos matemáticos aplicados aos dados da cinética de secagem das sementes de abacate, com tempo máximo de secagem de 690 min para o processo a 40 e 390 °C para secagem a 70 °C. A caracterização físico-química revelou farinhas com baixa atividade de água e teor lipídico, porém, ricas em amido. Assim, os dados reportados neste estudo servem de embasamento para utilização das sementes de abacate em forma de farinhas para substituição parcial ou integral de farinhas comumente utilizadas na indústria.

Palavras-chave: cinética de secagem, farinha vegetal, *Persea americana*, resíduos vegetais

ABSTRACT

Currently we can see a significant increase in the problem of hunger, where in the face of this reality, it is important to consider the complete nutritional value of foods, including peels, leaves and roots, in order to maximize their use, as an example of avocado, which has rich residues in nutrients more that are little benefited. In view of this, the objective was to obtain data about the use of avocado seeds for their use in the form of flour in the most diverse industrial purposes. A study was carried out on the drying kinetics of avocado seeds at temperatures of 40, 50, 60 and 70 °C, with the evaluation of mathematical models. The flours obtained from drying were evaluated for physical and physicochemical parameters (water activity, pH, ash, proteins, lipids, total titratable acidity, soluble solids and starch). Significant adjustments were observed to the mathematical models applied to data on the kinetics of drying of avocado seeds, with a maximum drying time of 690 min for the process at 40 and 390 °C for drying at 70 °C. The physical-chemical characterization revealed flours with low water activity and lipid content, however, rich in starch. Thus, the data reported in this study serve as a basis for the use of avocado seeds in the form of flours for partial or full replacement of flours commonly used in the industry.

Keywords: drying kinetics, vegetable flour, *Persea americana*, vegetable waste.

1. INTRODUÇÃO

O abacate é o fruto mais importante e único comestível da família *Lauraceae*, possuindo alto valor comercial e nutricional. Segundo Knight (2002), o abacate (*Persea americana*) é definido como uma grande drupa que tem o maior teor de óleo de todas as frutas, podendo variar seu status como alimento de acordo com a região onde é consumido. Nutricionalmente, o abacate contém elevadas quantidades de fibra, proteínas, carboidratos, pigmentos, taninos, vitaminas, minerais e polifenóis, tornando-se um alimento aceitável e essencial ao consumo, visto que é benéfico no apoio à saúde cardiovascular, controle de peso e envelhecimento saudável (Araújo et al., 2018).

Por se tratar de uma cultura irrigada, o abacate se tornou uma das frutas tropicais mais importadas e comercializadas em todo o mundo devido à sua alta concentração de vitaminas e utilização pelas indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética. O comércio de abacate experimentou um aumento significativo e constante em nível global, passando de cerca de 0,4 Mt em 2000 para cerca de 1,9 Mt em 2016, com um aumento geral de cerca de 435% (Caro et al., 2021).

O Brasil é considerado o terceiro maior produtor de frutas do mundo. No entanto, com volumes tão altos tem causado alguns problemas, uma vez que grande parte desse alimento é desperdiçado, seja devido a tratamento, processamento, armazenamento, entre outros, gerando resíduos orgânicos. O abacate, nesse contexto, possui um fruto médio que pesa aproximadamente 150 – 400 g, sendo composto por exocarpo (casca), mesocarpo (polpa), endocarpo e semente. A casca e a semente são pouco utilizadas na indústria alimentícia, gerando uma quantidade excessiva de resíduos. Esses subprodutos geralmente representam entre 21 a 30% da massa do abacate (Peixoto, 2018; Mora-Sandí et al., 2021).

A demanda por alimentos e o crescimento da população no mundo são desafios importantes que enfrentaremos nas próximas décadas. Constatou-se que 60% das pessoas com fome no mundo são mulheres e quase 5 milhões de crianças com menos de cinco anos morrem de causas relacionadas à desnutrição todos os anos. Dessa forma, a tarefa de alimentar o mundo de forma sustentável é um dos grandes desafios da nossa sociedade, uma vez que o crescimento exponencial da população resultou em um aumento na demanda por alimento. E estima-se que em 2050, haverá 9,7 bilhões de pessoas, e será necessário cerca de 70% mais alimentos disponíveis para consumo humano do que é consumido atualmente (Cole et al., 2018; Mc Carthy et al., 2018).

Devido ao aumento do consumo e processamento do abacate, subprodutos como casca e sementes são frequentemente descartados como resíduos. No entanto, esses materiais podem ser uma rica fonte de compostos bioativos, os quais podem ser desenvolvidos como ingredientes alimentares funcionais. A semente do abacate é uma boa fonte natural de ingredientes biologicamente ativos para os setores alimentícios, visto que não contém compostos nocivos ou perigosos, tornando sua exploração como fonte promissora capaz de desenvolver novos produtos com valor agregado e uma alternativa segura com elevada atividade anticancerígena, antidiabética, antioxidante, anti-neurogenerativa e anti-inflamatória (Bangar et al., 2022; Ong et al., 2022).

As aplicações alimentares atualizadas de sementes de abacate geralmente se apresentam em forma de farinha e extrato, e esses dois subprodutos aplicados em outros segmentos. A farinha de abacate é o objeto de estudo da presente pesquisa, algumas de suas aplicações incluem pigmento de cor amarelo-laranja, suplemento alimentar, fonte de fibras em pães, bolos e biscoitos, como também amido extraído da farinha, entre outros. Quando incluída nas dietas, a farinha em estudo apresenta efeitos parciais satisfatórios, como redução dos níveis de colesterol, extinção de glicemia elevada, estoque de glicogênio hepático, modulação do metabolismo de lipídios e carboidratos, além de garantir baixa toxicidade (ARAÚJO et al, 2018; Bangar et al., 2022).

Com base nas informações expostas, o objetivo do presente trabalho é obter a farinha da semente do abacate com o intuito de realizar o beneficiamento de um resíduo nutricionalmente rico, reduzindo assim seu desperdício.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Obter farinhas a partir das sementes do abacate (*Persea americana*).

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar a secagem das sementes de abacate para produção das farinhas nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C;
- Obter as curvas de secagem dessas sementes e verificar qual modelo cinético melhor se ajusta aos dados experimentais;

- Realizar obtenção da farinha para padronização das análises e para produção alimentícia; e
- Caracterizar as farinhas das sementes de abacate nas 4 temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C) quanto aos parâmetros físicos e físico-químicos (pH, cinzas, teor de umidade, atividade de água, acidez, teor de carboidratos, sólidos totais, teor de proteína e de lipídios) e amido.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Abacate

O abacateiro é uma árvore frutífera nativa do continente americano. A primeira menção a ela foi feita por navegadores, ainda nos primórdios do descobrimento da América, entre 1526 e 1554, em relatos que descrevem plantas encontradas na antiga cidade do México onde atualmente corresponde à Colômbia. Nesses relatos, os abacates receberam vários nomes, como nahuatl e ahuatl, possivelmente de origem indígena. Pesquisas arqueológicas mostram que os abacateiros são explorados na área há mais de 10.000 anos. (Koller, 1984).

Trata-se de uma fruta subtropical/tropical amplamente produzida e consumida em todo o mundo, com cerca de seis milhões de toneladas de abacate produzidas anualmente, sendo 62% colhidas em cinco países principais: México (33%), República Dominicana (10,5%), Peru (7,8%), Indonésia (5,7%) e Colômbia (5,1%). De acordo com o Instituto de Economia Agrícola publicado por Baptistella e Coelho (2019), no Brasil, as maiores áreas produtoras de abacate estão nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná os quais respondem por 85,7% da produção brasileira.

Abacates do Brasil (2019) menciona que existem mais de 500 espécies de abacates conhecidas. A sazonalidade de cada variedade de abacate depende das condições climáticas e de outros fatores que afetam a produção tardia ou precoce. No Brasil, os principais tipos são abacate (Hass), Breda, Fortuna, Geada, Margarida, Ouro Verde e Quintal.

As altas concentrações de MUFAs (Ácido Graxo Monoinsaturado, do inglês Monounsaturated Fatty Acid) em abacates, indicam que a dieta rica em abacate traz efeitos benéficos sobre os lipídios sanguíneos (Mahmassani et al., 2018).



Figura 1 - Abacateiro Fortuna (Persea Americana)

Fonte: Autor (2023)

No caso do abacate, do ponto de vista nutricional, essa fruta se destaca pela presença de grandes quantidades de ácidos graxos monoinsaturados em sua composição, principalmente o ácido oleico (Ômega 9). Embora seu valor calórico seja superior ao de outras frutas, sua polpa contém diversas vitaminas e minerais, principalmente potássio e vitamina E, o que torna interessante seu consumo na alimentação humana (Ferrari, 2015). Na Tabela 1 é apresentada a composição nutricional do abacate pelos dados da TACO (2011).

Tabela 1 - Tabela nutricional do abacate.

NUTRIENTE	QUANTIDADE	%VD*
Valor energético	96.2 kcal	5%
Carboidrato	6.0g	2%
Proteína	1.2g	2%
Gorduras saturadas	2.3g	10%
Gorduras monoinsaturadas	4.3g	-
Gorduras poliinsaturadas	1.4g	-
Fibras alimentares	6.3g	25%
Cálcio	7.9mg	1%
Vitamina C	8.7mg	19%
Fósforo	22.0mg	3%

Manganês	0.2mg	9%
Magnésio	14.7mg	6%
Lipídeos	8.4g	-
Ferro	0.2mg	1%
Potássio	206.3mg	-
Cobre	0.2ug	0%
Zinco	0.2mg	3%
Riboflavina B2	0.0mg	0%

Fonte: TACO (2011)

O abacate é uma fruta verde brilhante com uma grande semente. São conhecidos nos Estados Unidos como peras de jacaré ou frutas de manteiga. Abacates são as frutas favoritas da seção de produtos de muitas pessoas. Este fruto é o ingrediente principal para a preparação da guacamole (Booth, 2020). Na Figura 2 é retratado o fruto do abacate.



Figura 2 - Abacate Fortuna (*Persea Americana*)

Fonte: Autor (2023)

Para identificar as variedades de abacate, utiliza-se a tabela de identidade da Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP, 2015) descrita na Tabela 2 e o boletim publicado pela EMBRAPA descrito em Mouco e Lima (2014) para assegurar a identificação quanto ao período de maturação.

Tabela 2 - Identificação do abacate

Cultivar	Formato	Coloração da casca	Textura da casca	Espessura da casca	Coloração da polpa	Textura da polpa
Breda	elíptico	verde	lisa	fina	amarela	sem fibras
Fortuna	piriforme	verde	rugosida de média	média	amarela	sem fibras
Fucks	piriforme	verde	lisa	fina	amarela	com fibras
Geada	piriforme	verde	lisa	fina	amarela	poucas fibras
Hass	piriforme	verde	muito rugosa	grossa	amarela	sem fibras
Margarida	esferoide	verde	rugosa	grossa	verde clara	sem fibras
Ouro verde	elíptico	verde escura	levemente e rugosa	média	amarela	sem fibras
Quintal	piriforme	verde	rugosida de média	média	amarela	sem fibras

Fonte: Mouco e Lima (2014)

As sementes de abacate são ricas em compostos bioativos extraíveis, como taninos condensados, ácidos fenólicos e flavonoides. Estes extratos têm demonstrado ter grandes atividades biológicas relacionadas com a sua composição, nomeadamente propriedades antioxidantes, anticancerígenas, antibacterianas, anti-inflamatórias e anti-hipertensivas, com uma vasta gama de utilizações (Figuerola et al., 2018).

Embora existam alguns relatos sobre a composição química das sementes de abacate, poucos descrevem a composição química volátil ou lipofílica. Vieira e Moraes (2019) estudaram sobre a composição da farinha do abacate e afirmaram que o teor de umidade da farinha da semente de abacate foi de 7,14%, e os valores de cinzas, proteínas e lipídios foram de 2,63, 5,46 e 3,36%, respectivamente. O teor de fibra bruta foi de 3,37% e o teor de carboidratos foi de 79,19%. Quanto às concentrações de micronutrientes, obtiveram-se valores de 49,02 mg/100 g de cálcio e 165,96 mg/100 g de fósforo.

Nascimento et al. (2016) enfatizaram o uso do farelo da semente de abacate na alimentação humana por ser rico em fibras, proteínas e minerais que agregam valor nutricional às preparações. Além disso, foi possível verificar, com base na composição centesimal da farinha de semente de abacate desidratado, que esta contém 15,12% de fibra alimentar, sendo predominantemente fibra alimentar insolúvel com 11,55% do total de fibras, além de conter uma grande quantidade de oligoelementos, principalmente potássio 11,27 mg/100g, zinco 11,56

mg/100g e especialmente ferro 20,26 mg/100g, fornecendo assim a dieta mínima recomendada pela RDC nº 265 para adultos.

Entre os subprodutos do abacate, as sementes representam 13-18% do fruto inteiro e praticamente não são utilizadas na maioria dos países, são jogadas em aterros sanitários e causam alguns problemas ecológicos ou danos aos seres humanos (Ezeagu et al., 2018).

De acordo com pesquisa realizada por Daihan et al. (2016), as sementes de abacate são usadas na medicina tradicional para tratar várias doenças, possuem propriedades antibacterianas, antifúngicas, antivirais e curativas. Eles relataram que o potencial antioxidante dos extratos vegetais foi avaliado pelo conteúdo de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade de eliminação de radicais DPPH. As maiores concentrações de compostos fenólicos e flavonoides foram observadas no extrato metanólico, enquanto as menores concentrações foram obtidas no extrato aquoso. Na concentração de 500 µg/mL, a atividade sequestrante do radical DPPH foi maior no extrato à base de metanol (70%) e menor no extrato aquoso (51%). A atividade antibacteriana de diferentes extratos foi avaliada pelo método de difusão em disco. A maior atividade antibacteriana foi observada com o extrato metanólico contra *Streptococcus pyogenes*, enquanto atividade mínima foi verificada com o extrato aquoso contra *Etamoeba. coli*.

Óleo de abacate e guacamole são os principais produtos do abacate industrializado, a perda de suas sementes, casca e polpa resulta em resíduos gerados durante essa produção. Atualmente, esses resíduos não possuem valor de uso significativo em comparação com as grandes quantidades produzidas diariamente, o que indica um grave problema ambiental (Figueroa et al., 2018).

2.2 Secagem

A secagem dos alimentos é um processo importante e de grande valia, uma vez que permite a conservação e a obtenção de produtos com valores reduzidos de teor de água, tendo por vantagem o aumento da vida útil do produto e o baixo custo por necessitar apenas de uma bandeja e redes protetoras contra insetos (Leonardi; Azevedo, 2018).

A secagem é uma das formas mais antigas de conservação de alimentos. Este processo pode ser feito de diferentes maneiras, mas a escolha afeta diretamente a qualidade do produto, sendo influenciada pela temperatura, tempo e/ou grau da câmara de secagem a vácuo. A perda de qualidade, como encolhimento, cristalização, capacidade de reidratação reduzida, bem como

a perda de sabor, aroma, cor e valor nutricional são os principais problemas encontrados, os quais podem ser resolvidos por meio de processos de secagem. (Fijalkowska et al., 2016; Zhang et al., 2016).

A secagem, quando comparado com outros métodos de preservação de alimentos, como os tratamentos químicos, irradiação, dentre outros, apresenta-se como uma operação simples e de menor custo (Moura, 2016).

Embora existam muitos benefícios associados à secagem de alimentos, o processo resulta em algumas alterações no produto, principalmente observadas em relação à textura, sabor, aroma, cor e qualidade, nutrientes, pois algumas substâncias se decompõem quando submetidas a altas temperaturas. Portanto, é indispensável a realização de estudos sobre processos e sistemas de secagem para verificar quais as condições que permitem o desenvolvimento de um produto de melhor qualidade (Santos et al., 2019a).

A secagem é definida como a aplicação de calor sob condições controladas para remover, por evaporação, a maior quantidade de água presente em um material. A remoção de umidade sempre envolve a transferência de massa, que corresponde à água adquirida pela transferência de calor para o produto (Fellows, 2006).

2.3 Cinética de secagem

A cinética de secagem inclui a obtenção do teor de água inicial e final no material, aplicando teorias e fórmulas capazes de compreender os fenômenos e prever a taxa de secagem do alimento (Barbosa; Lobato, 2016; Defraeye, 2017). Silva et al. (2015), afirmaram que a cinética de secagem consiste na rapidez com que um material perde umidade, e este fator é dependente de suas propriedades específicas, temperatura, velocidade do ar de secagem e umidade relativa do ar.

Considerando a diversidade de estruturas biológicas e diferenças existentes no comportamento dos materiais durante o processamento, modelos matemáticos experimentais e semi empíricos são ajustados aos dados experimentais obtidos para observar a taxa de perda de água do produto ao longo do tempo até o equilíbrio ser alcançado. Os modelos semi empíricos se baseiam na analogia com a Lei de Newton para o resfriamento, aplicada à transferência de massa, enquanto que os modelos empíricos apresentam uma relação entre teor de água e o tempo de secagem, considerando a difusão como mecanismo principal, baseada na segunda Lei de Fick (Zanoelo et al., 2007).

O teor de água resultante, parâmetros essenciais para dimensionamento de equipamentos e otimização de processos, permite tempos de secagem reduzidos e, conseqüentemente, menores custos e melhor preservação de nutrientes do produto. (Santos et al., 2019b).

Com os dados da cinética de secagem é possível a obtenção de modelos preditivos que descrevam o processo de diversos produtos e resíduos agrícolas, haja vista a grande diversidade de estrutura e composição dos materiais biológicos e a influência que essas características exercem nos fenômenos de transferência de calor e massa (Mendonça et al., 2015).

Durante anos, os modelos desenvolvidos foram usados em cálculos que envolviam o projeto e construção de novos sistemas, otimização do processo e a descrição de todo o seu comportamento. Portanto, os modelos matemáticos são utilizados para representar a cinética de secagem referente a estas condições, sendo fundamentais para as simulações matemáticas do processo de secagem (Goneli et al., 2014; Onwude et al., 2016).

2.4 Farinha

Uma das alternativas que a indústria alimentícia vem avançando no tratamento do desperdício de alimentos desde meados da década de 1970, é a utilização desses resíduos como matéria-prima para a fabricação de outros produtos, que estão incluídos principalmente na alimentação humana e na alimentação animal. Um desses produtos é a farinha, considerada um produto de baixo custo que agrada a maior parte da população brasileira (Gomes et al. 2016).

As farinhas feitas a partir de resíduos de frutas e hortaliças têm sido amplamente utilizadas para substituir e/ou fortificar alimentos, como pães, biscoitos e bolos devido à sua melhor qualidade nutricional, além de melhorar a palatabilidade de alguns alimentos, sendo considerada uma forma em pó de grãos (Silva, 2019).

A aplicação de farinha no desenvolvimento de produtos e formulações de alimentos é guiada por suas propriedades de uso final, como composição, propriedades físico-químicas e funcionais. Além disso, para aumentar sua utilização comercial são bastante utilizadas a mistura de farinhas de alto teor proteico derivados de outras fontes botânicas, com o objetivo de intensificar a qualidade nutricional do produto final (Chisenga et al., 2019).

3 ESTADO DA ARTE

Estudo realizado por Nascimento et al. (2016) sobre a composição centesimal e mineral da farinha da semente do abacate, mostraram que a farinha de sementes de abacate pode ser utilizada na alimentação humana, acrescentando nutrição, graças às suas preparações ricas em fibras, proteínas e minerais, principalmente ferro. Esta pesquisa proporciona novas perspectivas de trabalhos voltados ao desenvolvimento de novos produtos alimentícios aos quais a farinha possa ser adicionada, aumentando o valor nutricional e reduzindo a poluição ambiental por resíduos industriais. Os autores comprovaram também que a farinha da semente do abacate possui 11,55% de fibras insolúveis, 3,57% de fibras solúveis e 4,57% de proteína bruta.

Pesquisas também indicam diferentes possibilidades de uso com a semente do abacate. Nascimento et al. (2017) estudando o perfil de ácidos graxos em óleo extraído dessa semente, apontaram que o óleo de semente de abacate apresentou maiores concentrações de ácidos graxos saturados do que os óleos produzidos a partir de sementes de jaca e seriguela. Também destacaram que o ácido linoleico está presente em grandes quantidades. As propriedades do óleo da semente podem ser utilizadas como ingredientes na fabricação de produtos, agregando valor a esse material normalmente descartado. A semente de abacate predominou os ácidos graxos saturados com 65%.

Amado et al. (2019) realizaram análise de atividades antioxidante e antibacteriana em diferentes variedades de abacates e comprovaram que a maior atividade antioxidante e microbiana foi observada no extrato etanólico da casca, seguido pelas sementes de abacate das variedades Quintal, Hass, Fortuna e Margarida. O extrato da casca de Quintal apresentou melhor desempenho em todos os testes e pode ser utilizado como antioxidante natural ou para auxiliar na prevenção da contaminação de alimentos durante a manipulação, principalmente contra o *Staphylococcus aureus* na pele humana. Os testes de toxicidade deste extrato também mostraram que ele não exibiu efeitos toxicológicos em sais de *Artemia* ou testes de atividade hemolítica. Portanto, esse ingrediente parece ser uma alternativa promissora em aplicações alimentares para evitar a deterioração e, assim, prolongar a vida útil de prateleira.

De acordo com os resultados obtidos por Tomé (2020), a farinha da semente do abacate torna-se eficiente com a combinação de outros ingredientes para composição de alimento vegano. Esse autor verificou em seu estudo sobre análise tecnológica da farinha da semente da *Persea americana*, que quanto maior a quantidade deste ingrediente, mais elevado a absorção

de água e menor a consistência do glúten, o que dificulta a homogeneização e crescimento da massa sem deixá-la pastosa.

Silva et al. (2019) realizaram uma análise sensorial de biscoito tipo cookie feito a partir da farinha da semente de abacate e observaram que as propriedades físico-químicas (umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos totais, valor energético) da farinha da semente de abacate favorecem sua aplicação em formulações alimentícias e facilitam o desenvolvimento de novos produtos. Observaram também que biscoitos elaborados com 5% de farelo da semente de abacate ao invés de farinha de trigo apresentam boa aceitação sensorial e intenção de compra acima da média, indicando que a adição de farelo da semente de abacate ajuda a desenvolver um potencial de mercado comercial e aumenta o valor nutricional de novos produtos.

Alissa et al. (2020) estudando o efeito da tecnologia de secagem por pulverização em pó de semente de abacate, concluíram que a tecnologia de spray dryer (secagem por pulverização) é um método viável para o desenvolvimento de pó de semente de abacate. Com base nos resultados, observou-se que a formulação com menor concentração de extrato de abacate (10g) foi a mais estável, pois estava livre de partículas de soluto e apresentou a menor alteração de cor após 24h de armazenamento em temperatura ambiente. Para experimentos futuros, é recomendado medir o pH da solução para explicar mais claramente a estabilidade da mistura. Além disso, recomenda-se a concentração de maltodextrina como variável independente, uma vez que a concentração do agente carreador também afeta as propriedades do pó seco por pulverização.

Lobato et al. (2021) fizeram uma revisão acerca do potencial da farinha da semente de abacate no desenvolvimento de produtos alimentícios e afirmaram que a farinha da semente de abacate apresentou potencial muito promissor devido à presença observada de nutrientes, como procianidinas do tipo A e B, compostos fenólicos, ácidos graxos, fibras, potássio, zinco e ferro, reconheceram também seu potencial de conservação, bem como o seu papel como antioxidante devido aos carotenóides em sua composição, além de suas desejáveis propriedades físicas e organolépticas, como a presença de amidos não convencionais, os quais permitem sua utilização em diversas formulações alimentícias.

Marques (2022) em seu estudo experimental com a farinha da semente de abacate na adição de dietas de camundongos com o objetivo de diminuição de gorduras, afirmou que foi possível notar efeitos positivos na prevenção ao ganho de peso, diminuição de adiposidade visceral. Estabeleceu também que apesar da rica composição de macronutrientes encontradas

na farinha da semente, bem como um excelente perfil de ácidos graxos e elevadas concentrações de fibras, mais estudos são necessários.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada foi adquirida em localidade particular, situado na cidade de Conde – PB (7° 15' 38" S 34° 54' 30" W). Os experimentos foram realizados no Laboratório de Armazenamento e Processamento de produtos Agrícolas (LAPPA) - Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba (UFCG) e no Laboratório de Termodinâmica e Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

4.1 Caracterização da matéria-prima in natura

Foi utilizado como matéria-prima a semente do abacate (*Persea americana*, variedade 'Fortuna') em estágio de maturação maduro conforme CEAGESP (2015), tendo sido cultivado na região metropolitana do estado da Paraíba e colhido em maio de 2022. Os frutos foram criteriosamente selecionados manualmente com base no grau de maturação, assegurando-se que estivessem em estágio maduro, livres de quaisquer danos mecânicos ou sinais de decomposição.

Os aspectos foram avaliados de acordo com o formato do fruto (piriforme), coloração da casca (verde), textura da casca (rugosidade média), espessura (média), coloração da polpa (amarelada) e textura da polpa (sem fibras).

4.2 Processamento do fruto

Após serem adquiridos, os frutos da espécie Fortuna foram acondicionados em sacos plásticos, os quais foram deixados em temperatura ambiente até serem transportados para o laboratório onde foram processados de acordo com o fluxograma da Figura 3.

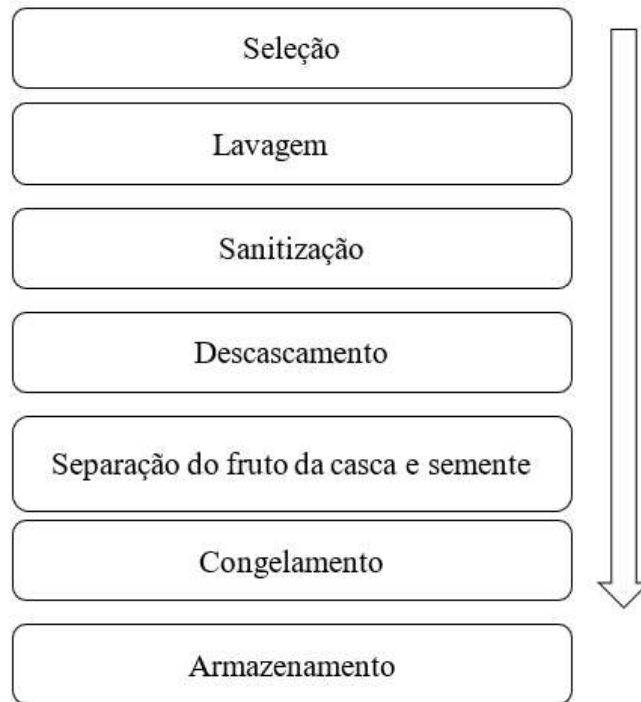


Figura 3 - Fluxograma das etapas realizadas para a obtenção da semente do abacate

Fonte: Autor (2023)

Os frutos no estágio de maturação maduro, de acordo com a CEAGESP (2015), foram selecionados manualmente para eliminar aqueles que apresentavam danos físicos ou em outro estágio de maturação.

Em seguida, foram lavados em água corrente, sanitizados em água clorada por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 min e novamente lavados em água corrente para retirada do excesso de cloro. Após sanitização, os frutos foram descascados, houve então uma separação do que foi utilizado (casca e semente), seguido pela etapa de congelamento (-18 ± 2 °C) (separadamente) até o momento das análises.

4.3 Secagem em estufa das sementes para obtenção das farinhas

A secagem das sementes foi realizada em estufa em 4 temperaturas distintas, sendo elas 40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente. Previamente, o material foi higienizado, cortado e moído em um processador para homogeneizar a amostra; posteriormente houve a pesagem ($51 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$) e distribuição do material nas bandejas de secagem, seguido pela secagem com velocidade do ar de de 1 m/s.

A operação de secagem teve como objetivo atingir as finalidades relacionadas à conservação de alimentos, prolongar a vida útil, reduzir peso e volume e garantir a praticidade de uso. Isso significa uma redução no custo de transporte, embalagem e conservação de alimentos. Outra vantagem econômica é que o processo de desenvolvimento do produto envolve menos mão de obra do que outros processos (Baruffaldi; Oliveira, 1998).

4.4 Estudo da cinética de secagem das sementes de abacate

As curvas da cinética de secagem foram obtidas, em triplicatas, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente.

Durante a secagem, foi feito o acompanhamento da perda de massa pesando-se o conjunto (amostra + cesta) em intervalos de tempo regulares: de 5 em 5 min, nos primeiros 30 min, de 10 em 10 min até 1 h e, logo depois, aumentando-se esta variação até atingir peso constante.

Em seguida, as amostras foram levadas à estufa a uma temperatura de 105 °C por 24 h para posterior determinação de matéria seca (IAL, 2008). Os dados experimentais foram expressos na forma de razão de umidade (RU) descrito pela Equação 1.

$$RU = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e}$$

Em que:

X - umidade absoluta, base seca;

X_e - umidade de equilíbrio, bs; e

X₀ - umidade inicial, bs.

Os dados experimentais obtidos com a secagem foram ajustados pelos modelos matemáticos descritos a seguir, utilizando-se o programa computacional Statistica versão 7.0. Foram utilizados vários modelos matemáticos encontrados na literatura como Page, Page Modificado, Midilli e Dois Termos.

Os modelos matemáticos descritos na Tabela 3 foram ajustados aos dados obtidos com a secagem, utilizando o programa computacional Statistica versão 7.0. No total, foram utilizados dez modelos matemáticos encontrados na literatura.

Tabela 3 - Modelos matemáticos utilizados no ajuste das curvas de cinética de secagem da semente do abacate

Modelo	Equação do modelo	Referências
Page	$RX = \exp(-k.t^n)$	Page (1949)
Page Modificado	$RX = a.\exp(-k.t^n)$	Overhults et al. (1973)
Aproximação por difusão	$RX = a.\exp(-kt) + (1 - a)\exp(-kbt)$	Sharaf-Eldeen (1980)
Lewis	$RX = \exp(-k . t)$	Lewis (1921)
Newton	$RX = \exp(-k.t)$	O’Callaghan et al. (1971)
Henderson e Pabis	$RX = a.\exp(-k.t)$	Henderson e Pabis (1961)
Wang & Singh	$RX = 1+(a.t)+(b.t^2)$	Wang & Singh (1978)
Peleg	$RX = 1-t/a(a+b*t)$	Peleg (1988)
Logarítmico	$RX = a.\exp(-k.t)+c$	Yagcioglu et al. (1999)
Exponencial de Dois Termos	$RX = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-kat)$	Sharaf-Eldeen (1980)

Em que:

RX – razão do teor de água do produto (adimensional);

k – coeficiente empírico do modelo – constante de secagem;

t – tempo de secagem em minutos; e

a, b, c, n – constantes empíricas dos modelos matemáticos.

Na avaliação da qualidade do ajuste dos modelos aos dados experimentais, foi utilizado como critério a análise do coeficiente de determinação R^2 e o desvio quadrático médio (DQM), de acordo com a Equação 2.

$$DQM = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RX_{pred,i} - RX_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

DQM – desvio quadrático médio;

RXpred – razão de água predito pelo modelo;
RXexp – razão de água experimental; e
n – número de observações.

4.5 Caracterização físico-química das farinhas das sementes de abacate

As farinhas foram caracterizadas quanto aos parâmetros físicos e físico-químicos abaixo.

4.5.1 Teor de água

O teor de água foi determinado pelo método de secagem das amostras em estufa a 105 °C até peso constante, segundo metodologia descrita por IAL (2008).

4.5.2 Sólidos solúveis

Foi determinada a quantidade de sólidos solúveis a partir da leitura do índice de refração em um refratômetro.

4.5.3 Atividade de água

A atividade de água das sementes foi determinada utilizando-se o equipamento AQUALAB devidamente calibrado com a temperatura de 30 °C sendo realizada em triplicata para cada amostra.

4.5.4 Cinzas

A quantidade de cinzas foi determinada através da incineração da amostra em mufla aquecida a 550 °C segundo metodologia descrita por IAL (2008).

Para isso, foram pesados aproximadamente 5 g do pó e, em seguida, transferidos para cadinhos de porcelana previamente pesados. Após a distribuição uniforme das amostras nos cadinhos, as mesmas foram incineradas na temperatura de 550 °C. Após esta etapa, foram

calculadas as porcentagens de cinzas em relação ao pó, sendo submetido ao processo de secagem. As medições foram realizadas em triplicada para cada amostra.

4.5.5 pH (potencial hidrogeniônico)

O pH foi determinado através de pHmetro de bancada conforme IAL (2008).

4.5.6 Acidez total

A acidez total foi determinada pelo método titulométrico conforme IAL (2008).

4.5.7 Proteínas

As proteínas foram calculados com base no teor de nitrogênio total das amostras determinadas pelo Método de Kjeldahl, utilizando-se o fator de conversão genérico 6,25 para transformação do teor quantificado em proteína, segundo o método descrito pelo IAL (2008).

4.5.8 Lipídios

Os lipídios foram quantificados pelo método Bligh e Dyer (1959).

4.5.9 Carboidratos

O teor de carboidratos totais foi calculado pela diferença entre 100 e a soma das porcentagens de umidade, proteína, lipídeos e cinzas.

4.5.10 Amido

O amido foi analisado de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz. IAL (2008).

4.6 Análise dos dados

A avaliação estatística dos resultados obtidos para as análises físico-químicas, foram realizadas por meio do delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de comparação de média e desvio padrão de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade (Silva; Azevedo, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ARTIGO I - CINÉTICA DE SECAGEM DA SEMENTE DO ABACATE (*Persea americana*)

RESUMO: Dado que as sementes de abacate são frequentemente descartadas e levando-se em consideração o fato de que muitos alimentos são rotineiramente descartados no lixo pela sociedade, existe a possibilidade da reutilização dessas sementes como matéria-prima, possibilitando o desenvolvimento de novos produtos, além de reduzir o desperdício de alimentos. Assim, este estudo teve como objetivo realizar a cinética de secagem das sementes de abacate nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C e ajustar modelos matemáticos aos dados obtidos. Foram ajustados 10 modelos matemáticos aos dados experimentais. Observou-se bom ajuste de todos os modelos com coeficientes de determinação R^2 superiores a 98% com baixos valores de desvio médio quadrático (DQM) e qui-quadrado (χ^2). O modelo de Page Modificado foi o que melhor se ajustou para descrever o processo de secagem das sementes de abacate. Os menores tempos de secagem foram observados à medida que a temperatura do processo foi acrescida. Neste sentido, este estudo apresenta dados que respaldam a utilização das sementes de abacate mediante secagem em diversas aplicações industriais. Além de disponibilizar equações que podem ser empregadas para o aprimoramento do processo de secagem dessa matéria-prima específica.

Palavras-chave: ajuste matemático, cinética de resíduos, Page, Page modificado.

ABSTRACT: Since avocado seeds are discarded and taking into account that society routinely discards a large part of the food in the trash, these seeds can be reused as raw material, enabling the development of new products, in addition to reducing food waste. Thus, this study aimed to perform the drying kinetics of avocado seeds at temperatures of 40, 50, 60 and 70 °C and adjust mathematical models to the data obtained. 10 mathematical models were fitted to the experimental data. A good fit was observed for all models with R² determination coefficients greater than 98% with low values of mean squared (DQM) and chi-square (χ^2) deviations. The modified Page model was the best fit to describe the avocado seed drying process. The lowest drying times were observed as the process temperature was increased. In this sense, this study provides data that support the use of avocado seeds through drying for the most diverse industrial uses, also providing equations that will serve to improve the drying process of the raw material in question.

Key words: mathematical fitting, residue kinetics, Page, modified Page.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo. No entanto, por ter grande produção, alguns problemas são apresentados por grande parte desses alimentos serem desperdiçados, por diversos motivos, gerando resíduos orgânicos (Peixoto, 2018).

A *Persea americana*, mais conhecida como abacate é um fruto de origem tropical, amplamente reconhecido e acessível, se apresenta de diferentes formas devido à grande variedade de espécies, mas em sua maioria, apresenta casca verde escura e de textura enrugada, uma polpa succulenta de cor verde-oliva e de sabor amanteigado. Possui uma semente comumente descartada pela indústria, uma vez que o maior interesse comercial é em sua polpa (Carvalho, 2015).

A aceitação do abacate como alimento varia de acordo com a região onde é consumido e o nível de familiaridade e importância cultural com que é considerado pela população local. Entre os subprodutos do abacate, as sementes representam cerca de 13-18% do fruto inteiro e praticamente não são utilizadas na maioria dos países, são desperdiçadas e jogadas em aterros sanitários, contribuindo assim para problemas ecológicos e poluição ambiental (Ezeagu et al., 2018).

Apesar dos avanços atuais nas pesquisas científicas, as atividades biológicas do abacate e de suas sementes são pouco exploradas. Segundo Freitas et al. (2021), a semente do abacate possui algumas propriedades nutricionais, como teor de água em torno de 6,75% e quantidades de macronutrientes ideais para ser utilizado como uma farinha. No entanto, ainda são escassos os estudos que exploram o potencial dessa semente ideal para produção alimentícia ou para seu uso como agente anti-inflamatório, antidiabético ou anti-hipertensivo.

Embora existam alguns relatos sobre a composição química das sementes de abacate, poucos descrevem a composição química volátil ou lipofílica. Segundo Vieira e Moraes (2019), a composição da farinha da semente do abacate apresentou o teor de umidade de 7,14%, e os valores de cinzas, proteínas e lipídios foram de 2,63%, 5,46% e 3,36%, respectivamente. O teor de fibra bruta foi de 3,37%, enquanto o teor de carboidratos atingiu 79,19%. Quanto às concentrações de micronutrientes, obtiveram-se valores de 49,02 mg/100 g de cálcio e 165,96 mg/100 g de fósforo.

Sabe-se que o método de secagem consiste na eliminação da água por meio da evaporação, o que concentra os nutrientes, melhora o valor nutricional e auxilia no controle do crescimento microbiano. Além disso, o baixo teor de umidade é um fator determinante para a

estabilidade da farinha, a qual deve estar em conformidade com os padrões instituídos por Brasil (2005) que estabelece um valor de no máximo 15%.

Com os dados da cinética de secagem, é possível a obtenção de modelos preditivos que descrevam o processo de diversos produtos e resíduos agrícolas, haja vista a grande diversidade de estrutura e composição dos materiais biológicos e a influência que essas características exercem nos fenômenos de transferência de calor e massa (Mendonça et al., 2015).

Para que as operações de secagem e armazenamento sejam realizadas adequadamente é necessário que seja conhecida a relação entre o produto e o ar que o circunda. O teor de água de equilíbrio de um produto agrícola é atingido quando a pressão parcial de vapor de água deste produto se iguala com a do ar que o envolve (DINCER; ZAMFIRESCU, 2016). Esta característica é prescrita por modelos matemáticas que correlacionam temperatura, umidade relativa e atividade de água da planta, sendo estudado por diversos autores na literatura (Ferreira Junior et al., 2018; Moussaoui et al., 2019; Silva et al., 2019).

Neste sentido torna-se necessária a obtenção de informações teóricas sobre o comportamento de cada produto durante a secagem. Essas informações podem ser obtidas através de simulações de secagem, utilizando os modelos matemáticos para descrever o processo de perda de água (GOMES et al., 2020).

Em virtude da escassez de dados da literatura e estudos que discorram sobre o uso da semente do abacate no âmbito acadêmico, referente ao processamento de secagem, este trabalho teve como objetivo estudar a cinética de secagem das sementes de abacate, bem como aplicar modelos matemáticos, observando assim o comportamento das mesmas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

- Aquisição da matéria-prima

A matéria-prima utilizada foi adquirida em localidade particular, situado na cidade de Conde – PB (7° 15' 38" S 34° 54' 30" W). Os experimentos foram realizados no Laboratório de Armazenamento e Processamento de produtos Agrícolas (LAPPA) - Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba (UFCG) e no Laboratório de Termodinâmica e Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

- Processamento do fruto

Após serem adquiridos, os frutos da espécie Fortuna foram acondicionados em sacos plásticos, onde foram deixados em temperatura ambiente até serem transportados para o laboratório onde foram processados de acordo com o fluxograma da Figura 3.

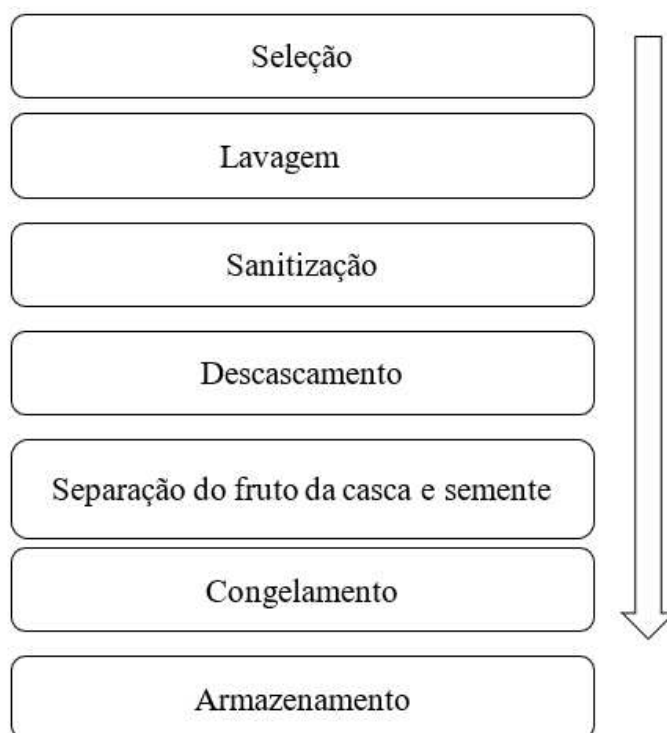


Figura 1 - Fluxograma das etapas realizadas para a obtenção da semente do abacate

Fonte: Autor (2023)

Os frutos no estágio de maturação maduro de acordo com a classificação CEAGESP (2015), foram selecionados manualmente para eliminar aqueles que apresentavam danos físicos ou em outro estágio de maturação. Em seguida, foram lavados em água corrente, sanitizados em água clorada por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 min, e novamente lavados em água corrente para retirada do excesso de cloro. Após sanitização, os frutos foram descascados e houve então uma separação do que foi utilizado (casca e semente), seguidas pela etapa de congelamento separado a uma temperatura de -18 ± 2 °C) até o momento das análises.

- Estudo da cinética de secagem das sementes de abacate

As curvas da cinética de secagem foram obtidas, em triplicatas, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

Durante o processo de secagem, foi feito o acompanhamento da perda de massa pesando-se o conjunto (amostra + cesta) em intervalos de tempo regulares: de 5 em 5 min, nos primeiros 30 min, 10 em 10 min até 1 hora, aumentando-se esta variação até atingir peso constante.

Em seguida, as amostras foram levadas à estufa a uma temperatura de 105 °C por 24 h para posterior determinação de matéria seca (IAL, 2008). Os dados experimentais foram expressos na forma de razão de umidade (RU), conforme descrito pela Equação 1.

$$RU = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e}$$

Em que:

X - umidade absoluta, base seca, bs;

X_e - umidade de equilíbrio, bs; e

X₀ - umidade inicial, bs.

Os dados experimentais obtidos com a secagem foram ajustados pelos modelos matemáticos descritos a seguir, utilizando-se o programa computacional Statistica versão 7.0. Foram utilizados vários modelos matemáticos encontrados na literatura como Page, Page Modificado, Midilli e Dois Termos.

Os modelos matemáticos descritos na Tabela 3 foram ajustados aos dados obtidos com a secagem, utilizando o programa computacional Statistica versão 7.0. No total, foram utilizados dez modelos matemáticos encontrados na literatura.

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados no ajuste das curvas de cinética de secagem da semente do abacate

Modelo	Equação do modelo	Referências
Page	$RX = \exp(-k.t^n)$	Page (1949)
Page Modificado	$RX = a.\exp(-k.t^n)$	Overhults <i>et al.</i> (1973)
Aproximação por difusão	$RX = a.\exp(-kt) + (1 - a)\exp(-kbt)$	Sharaf-Eldeen (1980)
Lewis	$RX = \exp(-k . t)$	Lewis (1921)
Newton	$RX = \exp(-k.t)$	O'Callaghan <i>et al.</i> (1971)
Henderson e Pabis	$RX = a.\exp(-k.t)$	Henderson e Pabis (1961)
Wang & Singh	$RX = 1+(a.t)+(b.t^2)$	Wang & Singh (1978)
Peleg	$RX = 1-t /a(a+b*t)$	Peleg (1988)
Logarítmico	$RX = a.\exp(-k.t)+c$	Yagcioglu <i>et al.</i> (1999)
Exponencial de Dois Termos	$RX = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-kat)$	Sharaf-Eldeen (1980)

Em que:

RX – razão do teor de água do produto (adimensional);

k – coeficiente empírico do modelo – constante de secagem;

t – tempo de secagem em minutos; e

a, b, c, n – constantes empíricas dos modelos matemáticos.

Na avaliação da qualidade do ajuste dos modelos aos dados experimentais, foram utilizados como critério a análise do coeficiente de determinação R^2 e o desvio quadrático médio (DQM), de acordo com a Equação 2.

$$DQM = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RX_{pred,i} - RX_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

DQM – desvio quadrático médio;

RXpred – razão de água predito pelo modelo;

RX_{exp} – razão de água experimental; e
n – número de observações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da Tabela 2 apresentam as médias dos tempos de secagem e teores de água finais. Verifica-se que o tempo de secagem foi menor à medida que houve o aumento de temperatura. Isso se deve ao fato de que temperaturas mais altas possuem uma maior capacidade de retirar a água presente no produto.

O mesmo comportamento foi observado por Nascimento et al. (2016) em sua análise da farinha da semente de abacate. Eles afirmaram que esta farinha pode ser aproveitada na alimentação humana, agregando valores nutricionais às preparações devido a sua riqueza nutricional e baixo teor de água. Após secagem realizada, afirmaram que os tempos de secagem das sementes de abacate foram menores conforme o aumento da temperatura do ar de secagem. Segundo esse estudo, o teor de umidade da farinha encontra-se dentro do limite, de acordo com a legislação que preconiza o valor máximo para farinhas, de até 15,0% de umidade.

Com o aumento da temperatura de secagem, observa-se que quanto maior o calor (em °C) empregada no processo, mais rapidamente se atingiu o peso constante da semente.

Tabela 2 - Tempos de secagem e teor de umidade das amostras de semente do abacate obtidas em diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Tempo de secagem (min)	Teor de umidade inicial (% b.u.)	Teor de umidade final (% b.s.)
40	690	58,42 ^a ± 0,34	10,87 ^a ± 0,10
50	570	60,21 ^a ± 0,25	10,38 ^a ± 0,07
60	450	61,28 ^a ± 0,31	10,25 ^a ± 0,06
70	390	61,06 ^a ± 1,87	10,40 ^a ± 0,26

As médias com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ($p \leq 0,05$). Média ± Desvio Padrão.

Após a obtenção dos dados experimentais encontrados através da secagem e calculado a razão de umidade no decorrer do tempo nas temperaturas utilizadas, esses dados foram ajustados aos modelos matemáticos. Observou-se que a temperatura do ar de secagem, utilizada no processo, teve bastante influência nas curvas de secagem, tendo em vista que quanto maior a temperatura, mais rápido se obtém a umidade de equilíbrio, uma vez que a estabilidade do produto é atingida de acordo com o teor de água de equilíbrio (Silva et al., 2014).

Os parâmetros obtidos a partir dos ajustes dos modelos matemáticos aos dados experimentais das cinéticas de secagem da semente do abacate, encontram-se descritos na Tabela 3, bem como o coeficiente de determinação (R^2), desvio médio quadrático (DQM) e qui-quadrado (χ^2), obtidos para as secagens nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

Segundo Moscon et al. (2017), o melhor modelo ajustado para a secagem tem um valor de R^2 variando de 0 a 1, indicando a proximidade entre os dados obtidos e estimados e um valor DQM mais próximo de zero. A utilização de modelos matemáticos é fundamental para representar o processo de secagem, uma vez que as informações geradas são valiosas para o desenvolvimento de equipamentos e a previsão de tempos de secagem (Silva et al., 2009). A aplicação de modelos matemáticos confiáveis permite prever com precisão o comportamento de diversos fenômenos que ocorrem durante o processo de secagem, o que significa redução nos custos operacionais (Dionello et al., 2009). Araújo et al. (2017) afirmaram que valores de R^2 superiores a 98,0% indicam que os modelos matemáticos representam de maneira satisfatória o comportamento de secagem.

Tabela 3 - Parâmetros dos modelos matemáticos ajustados aos dados de secagem das sementes de abacate com coeficientes de determinação (R^2), desvios quadráticos médios (DQM) e qui-quadrado (χ^2)

Modelo	T (°C)	Parâmetros			R^2	DQM	χ^2
		a	k	n			
Page Modificado	40	0.97691	0.00109	1.2688	0,9838	0,3620	0,0066
	50	0.99106	0.00645	1.1917	0,9975	0,0030	0,0006
	60	0.99173	0.00300	1.3012	0,9930	0,0054	0,0019
	70	0.97645	0.00226	1.4497	0,9965	0,0039	0,0009
Lewis	T (°C)	K			R^2	DQM	χ^2
	40	0.004650			0,9897	0,4781	0,0173
	50	0.014383			0,9952	0,0041	0,0012
	60	0.011185			0,9870	0,0073	0,0035
Aproximação da difusão	T (°C)	A	k	b	R^2	DQM	χ^2
	40	-6.72497	0.00863	0.91692	0,9837	0,4624	0,0167
	50	-8.71599	0.02532	0.93906	0,9975	0,0030	0,0006
	60	-7.31671	0.02266	0.91074	0,9929	0,0054	0,0019
Exponencial de Dois Termos	T (°C)	A	k		R^2	DQM	χ^2
	40	0.001437	3.219898		0,9896	0,4785	0,0176
	50	0.002085	6.857945		0,9951	0,0042	0,0012
	60	0.001470	7.588037		0,9740	0,0074	0,0036
Henderson e Pabis	T (°C)	A	k		R^2	DQM	χ^2
	40	1.033632	0.004898		0,9809	0,4738	0,0173
	50	1.040268	0.015189		0,9961	0,0037	0,0010

	60	1.061345	0.012174	0,9896	0,0066	0,0028	
	70	1.074539	0.016295	0,9903	0,0065	0,0026	
	T (°C)	K	n	R²	DQM	χ²	
Page	40	0.001636	1.200462	0,9835	0,0017	0,0165	
	50	0.007117	1.171065	0,9974	0,0030	0,0006	
	60	0.003367	1.278276	0,9929	0,0054	0,0019	
	70	0.003183	1.375906	0,9963	0,0040	0,0010	
	T (°C)	a	b	R²	DQM	χ²	
Peleg	40	220.8773	0.6190	0,9817	0,4702	0,0170	
	50	54.51228	0.83002	0,9857	0,0072	0,0036	
	60	80.27902	0.73246	0,9819	0,0873	0,0049	
	70	59.40866	0.74447	0,9792	0,0096	0,0057	
	T (°C)	a	b	R²	DQM	χ²	
Wang & Singh	40	-0.003508	0.00003	0,9834	0,4638	0,0165	
	50	-0.007048	0.000010	0,9109	0,5599	0,0222	
	60	-0.007431	0.000012	0,9787	0,0094	0,0058	
	70	-0.009244	0.000018	0,9712	0,0112	0,0079	
	T (°C)	K	a	c	R²	DQM	χ²
Logaritmo	40	0.003898	1.125016	-0.10995	0,9834	0,4636	0,0168
	50	0.014660	1.052338	-0.01596	0,9964	0,0036	0,0009
	60	0.011145	1.094593	-0.04237	0,9907	0,0062	0,0025
	70	0.014808	1.111927	-0.04724	0,9920	0,0059	0,0022
	T (°C)	k		R²	DQM	χ²	
Newton	40	0.004650		0,9897	0,4781	0,0173	
	50	0.014383		0,9952	0,0041	0,0012	
	60	0.011185		0,9870	0,0073	0,0035	
	70	0.014839		0,9869	0,0076	0,0035	

Na Tabela 3 é possível verificar um ajuste favorável ao ser comparado com os demais modelos ajustados, com valores de R^2 superiores a 98% e baixos valores do desvio médio quadrático (DQM) e qui-quadrado (χ^2). O maior destaque foi observado para o modelo de Page Modificado ($R^2 \geq 0,9838$, $DQM \leq 0,003620$ e $\chi^2 \leq 0,0066$).

Assim, considerando-se as condições experimentais deste estudo, os valores de R^2 foram muito próximos, sendo a diferença da média de apenas 0,000138, indicando o modelo de Page Modificado o melhor resultado. Quanto ao DQM, a diferença da média foi de 0,003568, e o Page modificado também a mais próxima de 0. Além disso, a diferença em χ^2 foi de 0,003839 sendo a média de Page Modificado o mais próximo de 0. Portanto, com base nesses critérios, a equação matemática foi selecionada, sendo como a mais adequada a de Page Modificado. De modo semelhante, Silva et al. (2021) também constataram ajustes satisfatórios em dois modelos matemáticos, sendo Page e Midilli os dados experimentais da secagem de sementes de avelã.

Na Figura 2 é apresentado o ajuste do modelo Page Modificado aos dados experimentais.

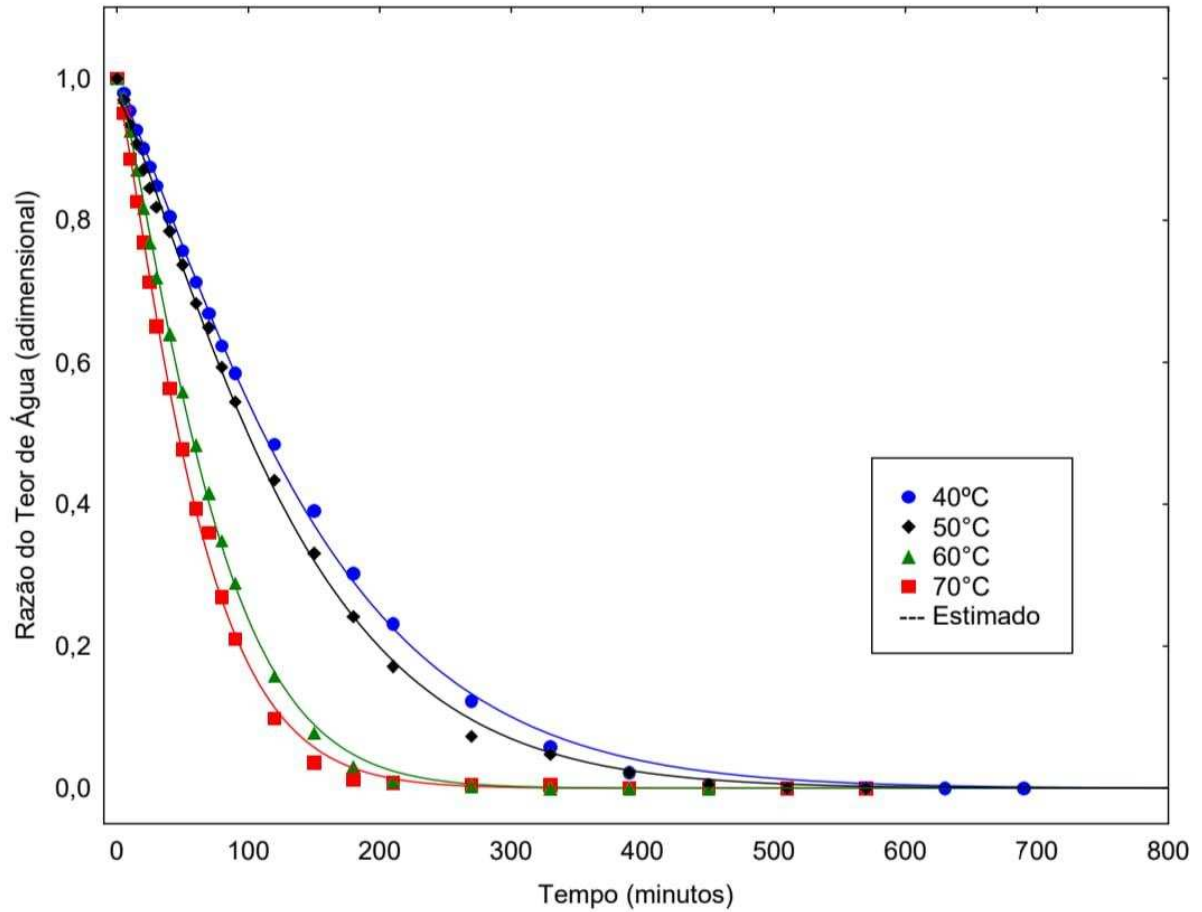


Figura 2 - Representação dos ajustes do modelo de Page Modificado aos dados da secagem das sementes de abacate

Essas curvas representam a relação entre a razão do teor de água (adimensional) e o tempo de secagem (minutos). Pode-se observar que a temperatura teve influência na secagem das amostras, com as curvas apresentando posições distantes umas das outras, havendo, no entanto, diferenças no tempo final de secagem, até que o equilíbrio fosse alcançado.

4. CONCLUSÕES

Foi verificado satisfatório ajuste matemático dos modelos aos dados experimentais da cinética de secagem das sementes de abacate, sendo o modelo de Page Modificado o mais indicado para representar o fenômeno, apresentando os melhores valores de R^2 , DQM e χ^2 , indicando que os dados possuem baixas dispersão e divergência.

O comportamento das curvas de secagem foi semelhante, com uma diminuição gradativa do teor de água com o tempo, até atingir um estado constante. Além disso, pode-se observar através das curvas de secagem que a temperatura e tempo ideais para esse processo são, respectivamente, 50 °C e 570 min. Ao utilizar essas condições, o tempo de processo foi reduzido em relação às demais temperaturas utilizadas, e a amostra final não teve sua estrutura comprometida.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; FILHO, C. P.H.; MARTINS, E. A. S. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 448-457, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº. 263, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. 2005. Disponível em: <http://www.abima.com.br/dload/13_46_resol_263_05_leg_alim_nac.pdf>.

DIONELLO, R. G.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; PEREIRA, R. C.; VIANA, A.P.; CARLESSO, V.O. Assessment of convective drying models for fresh and osmodehydrated pineapple rings. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, 2009.

CARVALHO, L. F. Mercado Internacional: Pesquisa Abrafrutas: o sabor brasileiro da fruta. **Simpósio Nacional de Abacate e Avocado**, realização Jaguacy; Sindicato Rural de Bauru; Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR. Faculdades Integradas de Bauru – SP, 2015.

EZEAGU, M. B.; EJIOFOR, N. C.; AYOOLA, I. E.; UMER, E. A. Determination of the chemical composition of avocado (*Persea americana*) seed Adv. **Journal of Food Technology & Nutrition Sciences**, p.51-55, 2018.

FERREIRA JÚNIOR, W. N., RESENDE, O., DE OLIVEIRA, D. E., COSTA, L. M. Isotherms and isosteric heat desorption of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. seeds. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n. 10, p.504-12, 2018.

FREITAS, L. S.; DUTRA, C. S. Y.; MEDEIROS, M. B. O.; RODRIGUES, A. R. P. LIMA, D. C. M. Obtenção e caracterização físico-química de farinha da semente de abacate para adição em bolos. **Cadernos UniFOA**, v. 16, n. 45, 2021.

GOMES, M. E. M.; ALBUQUERQUE, A. P.; RODRIGUES, T. J. A.; WANDERLEY, D. M. A.; ROCHA, A. P. T.; SILVA, O. S. Predição de modelos cinéticos de secagem defolhas daerva cidreira em secador convectivo. **Research, Society and Development**, v. 9, n.2, e86922052, 2020.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agriculture Engineering Research**, v. 6, n. 3, p. 169-174, 1961.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do instituto adolfo lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020p.

LEWIS, W. K. The rate of drying of solid materials. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 13, p. 427- 432, 1921. doi:10.1021/ie50137a021.

MENDONÇA, A. P.; SAMPAIO, P. D. T.; ALMEIDA, F. D. A.; FERREIRA, R. F.; NOVAIS, J. M. Determination of drying curves of crabwood in solar dryer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 382-387, 2015.

MOSCON, E. S., MARTIN, S., SPEHAR, C. R., DEVILLA, I. A., RODOLFO JUNIOR, R. Cinética de secagem de grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.). **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 4, p.318-325, 2017.

MOUCO, M. A. C.; LIMA, M. A. C. Reguladores vegetais no manejo da produção e qualidade de abacate no semiárido brasileiro. **Petrolina: Embrapa Semiárido - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 23 p., 2014.

MOUSSAOUI, H.; BAHAMMOU, Y.; IDLIMAM, A.; LAMHARRAR, A.; ABDENOURI, N. Investigation of hygroscopic equilibrium and modeling sorption isotherms of the argan products: A comparative study of leaves, pulps, and fruits. **Food and Bioproducts Processing**, v.114, n.1, p.12-22. 2019.

NASCIMENTO, M. R. F.; SOUZA, V. F. DE; MARINHO, A. F.; ASCHERI, J. L. R.; MELEIRO, C. H. A. Composição centesimal e minerais de farinha da semente de abacate (*Persea gratissima*, Gaertner f.). **In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, 2016.

O'CALLAGHAN, J. R.; MENZIES, D. J.; BAILEY, P. H. Digital simulation of agricultural dryer performance. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.16, n.3, p. 223-244. 1971.

OVERHULTS, D. D.; WHITE, G. M.; HAMILTON, M. E.; ROSS, I. J. Drying soybeans with heated air. **Transactions of the ASAE**, v. 16, n. 2, p. 195-200, 1973.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer**. 1λ4λ. (Thesis Master's) - Purdue University, EUA, 1949.

- PEIXOTO, M. Perdas e desperdício de alimentos: panorama internacional e proposições legislativas no Brasil. **Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios**, v. 134, 2018.
- PELEG, M. An empirical model for the description of moisture sorption curves. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 4, p. 1216-1217, 1988.
- SHARAF-ELDEEN, Y. I.; BLAISDELL, J. L.; HAMDY, M. Y. A model for ear corn drying. **Transactions of the ASAE**, v. 23, n. 5, p. 1261-1265, 1980
- SILVA, A. S.; MELO, K. S.; ALVES, N. M.; FERNANDES, T. K. S.; FARIAS, P. A. Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 2, p. 129136, 2009.
- SILVA, L. M. M.; SOUSA, F. C.; SOUSA, E. P.; MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M. Prediction models of kinetic drying of pigeon pea grains. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, p. 310-318, 2014.
- SILVA, M. A.; ALMEIDA, APHAEL L. J; SANTOS, N. C; RIBEIRO, V. H. A; FRANCISCO, P. R. M. Cinética de secagem aplicada a sementes de avelã sem casca. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. **Anais... CONTECC**, 2021.
- SILVA, N. C. B.; DOS SANTOS, S. G.; DA SILVA, D. P.; SILVA, I. L.; RODOVALHO, R. S. Drying kinetics and thermodynamic properties of boldo (*Plectranthus barbatus* Andrews) leaves. **Científica**, v. 47, n.1, p.1-7. 2019.
- VIEIRA, B. M.; MORAES, B. K. B. Determinação da composição centesimal de farinha da semente de abacate. **Estudo Científico**, 2019. V?, n.? páginas?
- WANG, C. Y.; SINGH, R. P. Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. **Transaction of ASAE**, v. 11, p. 668-672, 1978.
- YAGCIOGLU, A. D. A. C. F. Drying characteristic of laurel leaves under different conditions. In: International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, 7, 1999. **Proceedings...** Faculty of Agriculture, Cukurova University, 1999. p. 565-569.

5.2 ARTIGO II: CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA DA SEMENTE DO ABACATE *FORTUNA* (*Persea Americana*) EM DIFERENTES TEMPERATURAS

RESUMO: O abacate é um fruto altamente nutritivo, cuja polpa é amplamente utilizada para consumo in natura, bem como em sobremesas, saladas, molhos e produtos cosméticos, além de ser utilizada para extração de óleo. No entanto, os resíduos deste fruto, como as sementes, ainda são pouco explorados cientificamente em relação ao seu potencial nutricional e funcional. Neste contexto este estudo buscou obter as farinhas das sementes de abacate nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, caracterizando-as quanto aos parâmetros físicos e físico-químicos de atividade de água (A_w), pH, cinzas, proteínas, lipídeos, acidez total titulável, sólidos solúveis e amido, sendo calculado também o teor de carboidratos totais. As farinhas obtidas neste estudo apresentaram baixos valores de A_w ($\leq 0,4$) sendo seguras para o armazenamento sem proliferação de microrganismos. Foram observados também baixos teores de lipídeos e proteínas, porém apresentando-se ricas em amido. Assim, este estudo fornece dados importantes à comunidade acadêmica para o uso promissor das farinhas das sementes de abacate nos mais diferentes eixos da área industrial, agregando valor nutricional aos produtos.

Palavras-chave: farinha vegetal, propriedades físico-químicas, resíduos agrícolas.

ABSTRACT: Avocado is a highly nutritious fruit, whose pulp is widely used for fresh consumption, as well as in desserts, salads, sauces and cosmetic products, in addition to being used for oil extraction. However, the residues of this fruit, such as the seeds, are still little explored scientifically in relation to their nutritional and functional potential. In this context, this study sought to obtain flour from avocado seeds at temperatures of 40, 50, 60 and 70 °C, characterizing them in terms of physical and physical-chemical parameters of water activity (A_w), pH, ash, proteins, lipids, total titratable acidity, soluble solids and starch, also calculating the total carbohydrate content. The flours obtained in this study showed low A_w values (≤ 0.4) being safe for storage without proliferation of microorganisms. Low values of lipids and proteins were also observed, but they were rich in starch. Thus, this study provides data to the academic community for the promising use of flour from avocado seeds in the most different axes of the industrial area, adding nutritional value to products.

Keywords: vegetable flour, physicochemical properties, agricultural residues.

6. INTRODUÇÃO

O abacate é uma fruta nativa da América Central, cultivada em climas temperados e subtropicais quentes em todo o mundo. A polpa desse fruto contém cerca de 60% de óleo, 7% de casca e aproximadamente 2% de semente, sendo importante considerar que o abacate pode ser tão pequeno quanto 120 g e tão grande quanto 2,5 kg. Possui superfície lisa ou áspera; pele fina ou grossa; e baga piriforme, obovada ou globosa; o abacate pode ter uma única semente dependendo da variedade. Um fator importante para a comercialização do abacate é o fato do seu fruto estar disperso mundialmente em regiões tropicais e subtropicais (Araújo et al., 2018; Flores et al., 2019).

À medida que o setor industrial expande suas operações, a empregabilidade, a expectativa, a utilização da terra, o comércio global, etc., observou-se um aumento na geração de resíduos, sendo mundialmente os principais resíduos as agroindústrias todos os anos. É notável que, quase 2,0 bilhões de toneladas/ano de resíduos agrícolas estão sendo produzidos em todo o mundo, com uma taxa de aumento média estimada de 5 a 10% ao ano. No entanto, se esses resíduos forem lançados no meio ambiente sem protocolo de descarte adequado, podem causar grande poluição e efeitos nocivos à saúde animal e humana. Portanto, a gestão eficaz do tratamento desses resíduos é importante para promover os esforços em prol do desenvolvimento de uma sociedade sustentável (Zainudin et al., 2022; Yaashikaa et al., 2022).

Sem dúvida, a destinação desses resíduos é importante, uma vez que promove sua valorização, além de garantir a qualidade sanitária do meio ambiente como um todo. A minimização dos resíduos gerados e sua reutilização pela reciclagem são caracterizadas como estratégias de “redução de resíduos”. Na indústria de alimentos e nas agroindústrias, a reciclagem de resíduos pode ser realizada por meio da forma de ração animal ou pela produção de produtos de valor agregado a partir dos resíduos, por pertencer a produtos com boa base biológica. Uma das fontes com elevado potencial é gerada pelo abacate, como suas sementes, que apresentam água (~50%), amido (até 29%), fibra (3%), proteína (2,5%), açúcar (2,5%) e cinzas (1,4%), entre outros componentes (Tesfaye et al., 2021; Tesfaye et al., 2022).

Com o objetivo de reduzir os impactos causados ao meio ambiente pela deposição de resíduos e aproveitar ao máximo sua composição nutricional e bioativa, pesquisas têm buscado novas aplicações para esses subprodutos. Em geral, as sementes são usadas como pó para fortificar produtos de panificação, como bolos, pão, lanches e biscoitos com substituição parcial da farinha de trigo, além de ser um tipo de produto que facilita o transporte, manuseio e armazenamento (Larrosa; Otero, 2022).

Em geral, o processo de secagem funciona removendo o teor de umidade e, portanto, na atividade de água dos produtos alimentares, diminuindo assim a reação enzimática, inibindo o crescimento microbiano e reduzindo a deterioração. Contudo o método de secagem, a temperatura e os demais parâmetros do processo devem ser analisados e estudados a fim de evitar que alguns compostos sejam degradados e inativados, sendo fundamental avaliar a composição do resíduo para escolher o processo que preserve os compostos de interesse sem danos à saúde (Alissa et al., 2020; Nyakang'i et al., 2023).

Com base no exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a farinha obtida através da semente do abacate por meio da secagem em estufa, avaliando suas propriedades físico-químicas e conseqüentemente a ação da temperatura na estabilidade dos pós obtidos.

7. MATERIAL E MÉTODOS

- Aquisição e preparo da matéria-prima

Foram utilizados como matéria-prima a semente do abacate (*Persea americana*, variedade 'Fortuna') em estágio de maturação maduro, cultivado na região metropolitana do estado da Paraíba. Os frutos foram criteriosamente selecionados manualmente com base no grau de maturação, assegurando-se que estivessem em estágio maduro e livres de quaisquer danos mecânicos ou sinais de decomposição.

- Secagem em estufa das sementes de abacate

A secagem das sementes foi realizada em estufa em 4 temperaturas distintas, sendo elas 40, 50, 60 e 70 °C. Previamente, o material foi higienizado, cortado e moído em um processador, a fim de homogeneizar a amostra. Em seguida, houve a pesagem ($51 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$) e a distribuição do material nas bandejas de secagem, seguido pela secagem com velocidade do ar de 1 m/s.

O processo de secagem teve como objetivo atingir as finalidades relacionadas à conservação de alimentos, prolongar a vida útil, reduzir peso e volume e garantir a praticidade de uso. Isso significa uma redução nos custos de transporte, embalagem e conservação de alimentos. Outra vantagem econômica é a redução da mão de obra envolvida no processo de desenvolvimento do produto, comparada a outros processos (Baruffaldi; Oliveira, 1998).

- Caracterização físico-química das farinhas das sementes de abacate

As farinhas foram caracterizadas quanto aos parâmetros físicos e físico-químicos abaixo.

Teor de água: O teor de água foi determinado pelo método de secagem das amostras em estufa a 105 °C até peso constante, segundo metodologia descrita por IAL (2008).

Sólidos solúveis: Os sólidos solúveis foram obtidos a partir da leitura do índice de refração em um refratômetro.

Atividade de água: A atividade de água das sementes foi medida utilizando o equipamento Aqualab devidamente calibrado com a temperatura de 30 °C sendo realizada em triplicata para cada amostra.

Cinzas: A quantidade de cinzas foi determinada através da incineração da amostra em mufla aquecida a 550 °C segundo metodologia descrita por IAL (2008).

pH (potencial hidrogeniônico): O pH foi determinado através de pHmetro conforme IAL (2008).

Acidez total: A acidez total foi determinada pelo método titulométrico conforme IAL (2008).

Proteínas: As proteínas foram calculadas com base no teor de nitrogênio total das amostras determinado pelo Método de Kjeldahl, utilizando-se o fator de conversão genérico 6,25 para transformação do teor quantificado em proteína segundo o método descrito pelo IAL (2008).

Lipídios: Os lipídios foram quantificados pelo método Bligh e Dyer (1959).

Carboidratos: O teor de carboidratos totais foi calculado pela diferença entre 100 e a soma das porcentagens de umidade, proteína, lipídeos e cinzas.

Amido: O amido foi analisado de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz. IAL (2008).

- Análise dos dados

A avaliação estatística dos resultados obtidos para as análises físico-químicas, foram realizadas por meio do delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de comparação de média e desvio padrão de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade (Silva; Azevedo, 2016).

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da farinha das sementes de abacate

Os dados obtidos na caracterização das sementes de abacate estão expostos na Tabela 1, com seus valores médios, desvios padrões e estatística.

Tabela 1- Caracterização da farinha das sementes de abacate

Parâmetros	Temperatura de secagem das farinhas da semente do abacate			
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Atividade de água (a_w)	0,55 ^a ± 0,005	0,47 ^a ± 0,003	0,30 ^b ± 0,001	0,29 ^b ± 0,008
pH	5,18 ^a ± 0,005	5,14 ^a ± 0,01	5,19 ^a ± 0,005	5,17 ^a ± 0,01
Proteína bruta (%)	5,90 ^{ab} ± 0,71	6,85 ^a ± 0,04	5,55 ^b ± 0,21	6,99 ^a ± 0,28
Lipídeos (%)	1,32 ^d ± 1,69	2,19 ^c ± 0,52	2,58 ^b ± 0,39	3,05 ^a ± 0,11
Carboidrato (%)	86,30 ^a ± 2,15	86,34 ^a ± 0,66	87,95 ^a ± 0,75	85,68 ^a ± 1,07
Acidez (%)	5,95 ^c ± 0,89	7,15 ^b ± 0,89	5,92 ^c ± 0,89	8,29 ^a ± 0,89
Sólidos solúveis (°Brix)	2,2 ^a ± 0,00	2,23 ^a ± 0,11	2,2 ^a ± 0,00	2,5 ^a ± 0,00
Teor de água (%)	4,66 ^a ± 0,57	2,66 ^b ± 1,15	1,66 ^c ± 0,57	2,0 ^{bc} ± 1,0
Cinza (%)	0,098 ^b ± 0,01	0,112 ^{ab} ± 0,007	0,117 ^{ab} ± 0,009	0,126 ^a ± 0,008

As médias com letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ($p \leq 0,05$). Média ± Desvio Padrão.

Com base nos dados obtidos, observa-se que as farinhas apresentaram pH moderadamente ácido, com valores compreendidos entre 5,19 a 5,14, denotando amostra levemente ácidas. Contudo, farinhas com um pH mais alto que o habitual (6,0 - 6,8) são preferíveis para garantir um bom desempenho em processos de panificação e para preservar a vida útil do produto final. Melo et al. (2012) realizaram um estudo sobre a semente do abacate e constataram pH médio de aproximadamente 5,50, valor semelhante aos obtidos neste estudo, sendo essa ocorrência atribuída à presença de ácidos orgânicos, resultando em uma acidez média de 8,84%.

A atividade de água das amostras apresentou valores superiores a 0,29, indicando que as mesmas são favoráveis para a conservação da farinha, pois valores baixos de atividade de água inibem o desenvolvimento de microrganismos indesejados, sendo esse um objetivo ao produzir farinhas de determinados produtos.

É possível observar que à medida que ocorre a redução da temperatura durante o processo de secagem, a taxa de evaporação da água é progressivamente diminuída, o que promove uma remoção mais suave e gradual da água presente. Conseqüentemente, à medida que o teor de água diminui gradualmente, observa-se uma correspondente diminuição na atividade de água. Tal fenômeno ocorre devido à remoção mais lenta da água e à redução da energia cinética das moléculas de água, dificultando sua liberação da matriz do material. A partir desses resultados, é possível constatar que a disponibilidade de água livre é reduzida, resultando em uma menor atividade de água. A atividade de água é um fator de grande importância para a estabilidade e qualidade de alimentos e outros materiais, uma vez que influencia a atividade microbiana, as reações químicas e a textura dos produtos. A aplicação da secagem em baixas temperaturas, quando adequada para o material em questão, pode preservar a qualidade e as propriedades do produto, reduzindo a atividade de água para níveis desejáveis.

O conteúdo mineral das amostras encontra-se próximo aos valores obtidos por Freitas (2021), com o resultado de 2,33%. Coincidindo com a pesquisa de Nascimento (2016), que encontrou o teor de cinzas de 2,22% em seu estudo da farinha da semente de abacate, caracterizando uma amostra com presença de minerais em sua composição.

Verifica-se que o teor de proteína da farinha da semente de abacate é relativamente baixo quando comparado com a farinha de trigo, o que impede sua classificação como uma farinha proteica, sendo uma farinha considerada proteica ao apresentar teor de proteína superior a 12-14%. A composição proteica da semente do abacate apresenta uma concentração aproximada de 5,5 a 6,9%, enquanto a farinha de trigo exhibe uma variação de 10 a 14% de proteína. Esse resultado é válido para outras aplicações que não incluem a substituição da farinha de trigo ou de farinhas com elevados teores de proteína.

Constata-se que a semente do abacate possui uma quantificação inferior de proteína em comparação à farinha de trigo, cujos valores podem oscilar dentro dessa amplitude mais extensa, podendo esse parâmetro ser influenciado por fatores externos, como estágio de maturação do fruto, armazenamento da semente, exposição a luz e oxigênio, temperaturas de secagem utilizadas entre outros. No entanto, é importante ressaltar que a semente de abacate possui quantidades mais expressivas de outros parâmetros nutricionais avaliados, como minerais, carboidratos, gorduras e fibras.

A farinha demonstrou um teor de lipídeos médio de 2,29, indicando a presença de óleo que pode ser extraído e utilizado na produção de óleos vegetais comestíveis ou na fabricação

de cosméticos. Esse parâmetro traz valores semelhantes aos resultados obtidos por Oliveira et al. (2009) que encontraram de 2,55% de lipídios ao realizar estudo referente ao abacate Fortuna.

A farinha também demonstrou baixa umidade, o que contribui para sua conservação, transporte, qualidade do produto final, manipulação conveniente e eficácia nos processos de aplicação. Portanto, é desejável que a farinha apresente uma umidade baixa e controlada.

A análise dos carboidratos totais (por diferença) revela que a semente do abacate é uma importante fonte de energia. O valor encontrado neste estudo foi 86,57% em média, sendo esse valor superior a alguns valores de referência presentes na literatura, devido à inclusão do teor de amido. Por exemplo, Rodrigues et al. (2007) encontraram um valor de 53,04% para variedade Fortuna, enquanto Bora et al. (2001) identificaram um valor de 75,45% na variedade Fuerte. No entanto, Tango et al. (2004) concluíram que o teor de carboidratos nas sementes de 24 variedades de abacate variou de 14,87% a 45,05% para a variedade Fortuna. Em todos esses estudos, o teor de carboidratos na semente foi superior ao da polpa.

O teor de amido da semente de abacate foi quantificado com um valor médio de 58,18%, mostrando-se superior ao estudo conduzido por Silva (2021), que apresentou um valor de 74,47%. É relevante destacar que o método de determinação e o tipo de secagem utilizados para os amidos podem causar alterações em seus componentes e impactar sua aplicação na indústria de alimentos (Castro et al., 2018).

O valor de acidez encontrado foi de 6,83%, indicando um equilíbrio agradável de acidez para o paladar, tendo em vista que é próximo a neutralidade. Sousa e Costa (2012) realizaram um estudo sobre a semente do abacate e afirmaram que o teor de acidez foi de 8,84%. A acidez encontrada em farinhas está associada a diversos fatores, incluindo a presença de ácidos orgânicos, atividade microbiana e oxidação de lipídios. É importante ressaltar que uma alta acidez pode ter efeitos negativos na qualidade de produtos assados, como pães, bolos e biscoitos, afetando sua textura, sabor e vida útil. Na Figura 6 são apresentados os dados referentes ao teor de acidez das amostras.

Os dados referentes ao teor de sólidos solúveis, variaram de 2,1% a 2,5%. Esses sólidos solúveis podem incluir açúcares, ácidos, compostos fenólicos e outros componentes solúveis. No entanto, é importante destacar que a maior concentração de sólidos solúveis é normalmente encontrada na polpa do abacate, enquanto a semente é composta principalmente por fibras e outras substâncias insolúveis em água.

Comparando os resultados obtidos por Oliveira (2019) com outras sementes de abacate, como Margarida (10,21%), Geada (8,14%) e Breda (10,56%), é possível observar que a espécie Fortuna apresenta um teor inferior de sólidos solúveis.

Em termos gerais, é possível observar que a temperatura de secagem de 60 °C apresentou maior relevância em relação às outras temperaturas estudadas, por oferecer melhores características referente a composição nutricional e por possuir porcentagens de parâmetros ideais para utilização na produção alimentícia. A faixa de atividade de água de $0,29 \pm 0,008$ é a mais baixa, o que pode ser benéfico para a estabilidade e durabilidade do produto. Além disso, os valores de pH são semelhantes em todas as opções fornecidas; portanto, não fornecem um diferencial significativo na escolha. A farinha com teor de proteína bruta de $6,99 \pm 0,28\%$ apresenta o valor mais alto, o que pode ser relevante se a proteína for um fator importante para o produto final. Farinhas com teores de lipídeos mais elevados ($2,19 \pm 0,52\%$ e $2,58 \pm 0,39\%$) podem fornecer uma textura e sabor de maior aceitação. A farinha da semente de abacate seca a 60 °C apresenta a maior porcentagem de carboidratos ($87,95 \pm 0,75\%$), a menor acidez ($5,92 \pm 0,89\%$), os sólidos solúveis de $2,2 \pm 0,00$ brix° e um teor de água de $1,66 \pm 0,57\%$. Além disso, possui um teor de cinzas de $0,117 \pm 0,009\%$. Portanto, considerando essas características, a farinha obtida a 60 °C é a melhor opção para a produção alimentícia.

9. CONCLUSÕES

As farinhas analisadas neste estudo apresentam características físico-químicas que as tornam potencialmente adequadas para formulações alimentícias e o desenvolvimento de novos produtos. Outro aspecto relevante é a baixa umidade das farinhas, que contribui para a conservação, a qualidade do produto final, a manipulação conveniente e o sucesso dos processos de produção de diversas formulações.

Pode-se inferir que a farinha derivada da semente de abacate apresenta-se como uma promissora opção de suplementação alimentar, com potencial para ser utilizada no desenvolvimento de novos produtos alimentícios. Além disso, a farinha da semente de abacate apresenta um valor nutricional significativo e desempenha um papel fundamental na redução do desperdício de resíduos agroindustriais.

10. REFERÊNCIAS

ALISSA, K.; HUNG, Y. C.; HOU, C. Y.; LIM, G. C. W.; CIOU, J. Y. Developing new health material: The utilization of spray drying technology on avocado (*Persea americana* Mill.) seed powder. **Foods**, v. 9, n. 2, p. 139, 2020.

ALISSA, K.; HUNG, Y.; HOU, C. H.; LIM, G. C. W.; CIOU, J. Y. Developing new health material: The utilization of spray drying technology on avocado (*Persea americana* mill.) seed poder. **Foods**. v. 9, p.1-15, n. 139, p. 1-15, 2020.

ARAÚJO, R. G.; RODRIGUEZ-JASSO, R. M.; RUIZ, H. A.; PINTADO, M. M. E.; AGUILAR, C. N. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 80, p. 51-60, 2018.

BORA, P. S.; NARAIN, N.; ROCHA, R.V.M.; PAULO, M. Q. Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. **Grasas y Aceites**, v. 52, n. 3-4, p. 171-174, 2001.

CASTRO, D. S.; MOREIRA, I. S.; SILVA, L. M. M.; LIMA, J. P.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. Isolation and characterization of starch from pitomba endocarp. **Food Research International**, v. 124, p. 181-187, 2018.

FLORES, M.; SARAVIA, C.; VERGARA, C. E.; AVILA, F.; VALDÉS, H.; ORTIZ-VIEDMA, J. Avocado oil: Characteristics, properties, and applications. **Molecules**, v. 24, n. 11, 2019.

FREITAS, L. S.; DUTRA, C. S. Y.; MEDEIROS, M. B. O. de; RODRIGUES, A. R. P. LIMA, D. C. M. Obtenção e caracterização físico-química de farinha da semente de abacate para adição em bolos. **Cadernos UniFOA**, v. 16, n. 45, 2021.

GOMES, M. S.; FRAGA, S; MOURA, N. F; SILVA, R. S. Aproveitamento de cascas de banana para a produção de farinha e aplicação como ingrediente em bolos. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, **25, Anais**. SBCTA, 2016.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do instituto adolfo lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020p.

KOLLER, O.C. **Abacaticultura**. Porto Alegre. Ed. Da Universidade/UFGRS, 1984. 138p.

- LARROSA, A. P. Q.; OTERO, D. M. Flour made from fruit by-products: Characteristics, processing conditions, and applications. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 5, 2021.
- MACENA, J. F. F.; SOUZA, J.; ARRUDA, J. C.; CAMILLOTO, G. P.; CRUZ, S. R. Physico-chemical, morphological and technological properties of the avocado (*Persea americana* mill. Cv. Hass) seed starch: food science and technology. **Ciência e Agrotecnologia**, 2022.
- MARQUES, A. R. Efeitos da farinha liofilizada da semente de abacate (*Persea americana*) em camundongos alimentados com dieta hiperlipídica. **Trabalho científico**, 2022.
- MELO, M. L. N.; COSTA, T. S.; SOUSA, C. A. B.; MARSIGLIAL, W. I. M. L. Caracterização físico-química da semente de abacate (*Persea americana*, Mill). In: Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia, **Anais**. ENECT, 2012.
- NASCIMENTO, M. R. F.; SOUZA, V. F.; MARINHO, A. F.; ASCHER, J. L. R.; MELEIRO, C. H. A. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E MINERAIS DE FARINHA DA SEMENTE DE ABACATE (*Persea gratissima*, Gaertner f.). In: Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos, 25, **Anais**. SBCTA, 2016.
- NASCIMENTO, M. R. F.; SOUZA, V. F. DE; MARINHO, A. F.; ASCHERI, J. L. R.; MELEIRO, C. H. A. Composição centesimal e minerais de farinha da semente de abacate (*Persea gratissima*, Gaertner f.). **Embrapa agroindústria de alimentos - Congresso Brasileiro de ciências e tecnologia de alimentos**, 2016.
- NYAKANG'I, C. O.; EBERE, R.; MARETE, E.; ARIMI, J. M. Avocado production in Kenya in relation to the world, Avocado by-products (seeds and peels) functionality and Utilization in food products. **Applied Food Research**, V. 3, Issue 1, 2023, 100275, ISSN 2772-5022, <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100275>. 2023.
- OLIVEIRA, C. S. **Atividade antioxidante e caracterização do perfil metabolômico da casca, semente e polpa das variedades Margarida, Breda e Geada do abacate (*Persea americana*)**. 2019. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Mestrado, São Cristóvão / SE, 2019.
- OLIVEIRA, I. R.; CRIZEL, G. R.; RICHTER, W.; SILVA, D. T.; SANTOS, M. A. Z.; MENDONÇA, C. R. B. Análise de componentes energéticos da semente e polpa de abacates da variedade fortuna. **XI ENPOS 1 mostra científica**, 2009.

PEIXOTO, M. Perdas e desperdício de alimentos: panorama internacional e proposições legislativas no Brasil. **Desperdício de alimentos: Velhos hábitos, novos desafios**, v. 134, 2018.

RODRIGUES, J. S.; LOPES, D. B.; RAMIS-RAMOS, G.; MENDONÇA, C. R. B. Aguacate: características químico-físicas y rendimiento en aceite por extracción con distintos disolventes. **In: XI Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, 2007.

SILVA, T. B. P. **Aspectos morfológicos da folha e gemas vegetativas de duas cultivares de abacate durante período indutivo para floração**. 2021. 16 f. Trabalho científico – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2022.

SOUSA, C. A. B.; COSTA, T. S. Caracterização físico-química da semente de abacate (*Persea americana*, mill). **ENECT/UEPB Anais**, v. 1, 2012.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p.17-23, 2004.

TESFAYE, T.; AYELE, M.; FEREDÉ, E.; GIBRIL, M.; KONG, F.; SITHOLE, B. A techno-economic feasibility of a process for extraction of starch from waste avocado seeds. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 23, p. 581-595, 2021.

TESFAYE, T.; AYELE, M.; GIBRIL, M.; FEREDÉ, E.; LIMENEH, D. Y.; KONG, F. Beneficiation of avocado processing industry by-product: A review on future prospect. **Current Research in Green and Sustainable Chemistry**, v. 5, 2022.

YAASHIKAA, P. R.; KUMAR, P. S.; VARJANI, S. Valorization of agro-industrial wastes for biorefinery process and circular bioeconomy: A critical review. **Bioresource Technology**, v. 343, 2022.

ZAINUDIN, M. H. M.; ZULKARNAIN, A.; AZMI, A. S.; MUNIANDY, S.; SAKAI, K.; SHIRAI, Y.; HASSAN, M. A. Enhancement of agro-industrial waste composting process via the microbial inoculation: a brief review. **Agronomy**, v. 12, n. 1, p. 198, 2022.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABACATES DO BRASIL. **Diferentes tipos de abacate – Safras e receitas**. 2019 Disponível em: <https://abacatesdobrasil.org.br/>. Acesso em: 28 de abril. 2022.
- AGUIAR, J.; PANDOLFI, M. A. C.; ESTRACINE, L. T. Análise de mercado do óleo de abacate. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 352–362, 2020.
- ALISSA, K.; HUNG, Y.; HOU, C. H.; LIM, G. C. W.; CIOU, J. Y. Developing new health material: The utilization of spray drying technology on avocado (*Persea americana* mill.) seed poder. **Foods**. v. 9, n. 139, p. 1-15, 2020.
- AMADO, D. A. V.; HELMANN, G. A. B.; DETONI, A. M.; CARVALHO, S. L. C.; AGUIAR, C. M.; MARTIN, C. A.; TIUMAN, T. S.; COTTICA, S. M. Antioxidant and antibacterial activity and preliminary toxicity analysis of four varieties of avocado (*Persea americana* Mill.). **Brazilian Journal of Food Technology**, 22, 2019.
- ARAÚJO, R. G.; RODRIGUEZ-JASSO, R. M.; RUIZ, H. A.; PINTADO, M. M. E.; AGUILAR, C. N. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 80, p. 51-60, 2018.
- BANGAR, S. P.; DUNNO, K.; DHULL, S. B.; SIROHA, A. K.; CHANGAN, S.; MAQSOOD, S.; RUSU, A. V. Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications. **Food Chemistry: v.10, n. 16, P.1-14** 2022.
- BAPTISTELLA, C. S. L; COELHO, P. J. O abacate no Estado de São Paulo: 2009 a 2018. **São Paulo - Governo do Estado** ,<http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?p?codTexto=1458> , p. 1-8, 25 mar. 2019. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14581>. Acesso em: 11 jul. 2023.
- BARBOSA, T. A.; LOBATO, F. S. Determinação da cinética de secagem de produtos alimentícios usando algoritmos genéticos. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 3, p. 28-37, 2016.
- BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**; 3º Ed. São Paulo: Atheneu Editora, 1998. 316 p.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BOOTH, S. **Avocado**. WebMed: Arefa Cassoobhoy, MD, MPH, Estados Unidos, 14 jul. 2020. Disponível em: <https://www.webmd.com/food-recipes/all-about-avocados>. Acesso em: 21 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº. 263, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. 2005.

CARO, D.; ALESSANDRINI, A.; SPORCHIA, F.; BORGHESI, S. Global virtual water trade of avocado. **Journal of Cleaner Production**, v. 285, 2021.

CEAGESP. Normas de classificação. **Programa brasileiro para a modernização da horticultura**. v. 13, n.1, São Paulo, 2015.

CHISENGA, S. M.; WORKNEH, T. S.; BULTOSA, G.; ALIM, B. A. Progress in research and applications of cassava flour and starch: a review. **Journal of food science and technology**, v. 56, p. 2799-2813, 2019.

COELHO, O. V. **Influência dos aditivos de panificação na bioacessibilidade dos minerais do pão de trigo**. 2014. 81p. Dissertação de Mestrado - Lisboa: FCT/UFNL, 2014.

COLE, M. B.; AUGUSTIN, M. A.; ROBERTSON, M. J.; MANNERS, J. M. The science of food security. **npj Science of Food**, v. 2, n. 1, p. 14, 2018.

DAIHAN, S.; ALDBASS, A. M.; ALOTEBI, L. M.; BHAT, R. S. Antioxidant and antimicrobial activity of whole seed extracts of *Persea Americana Mill*. **Indian Journal of Pharmaceutical and Biological Research**, v. 4, n. 4, p. 15-18, 2016.

DEFRAEYE, T. When to stop drying fruit: insights from hygrothermal modelling. **Applied Thermal Engineering**, v. 110, p. 1128-1136, 2017.

DINCER, İ.; ZAMFIRESCU, C. **Drying phenomena: theory and applications**. West Sussex: John Wiley & Sons. 2016.

EZEAGU, M. B.; EJIOFOR, N. C.; AYOOLA, I. E.; UMER, E. A. Determination of the chemical composition of avocado (*Persea americana*) seed Adv. **Journal of Food Technology & Nutrition Sciences**, p.51-55, 2018.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Food and Agricultural Commodities Production**. 2017. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/desktopdefault.aspx?pageid=567#ancor>. Acesso em 18 de junho de 2022.

- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**; 2° Ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.
- FERRARI, R. A. Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p.79-84. 2015.
- FIGUEROA, J. G.; LINARES, I. B.; SÁNCHEZ, J. L.; CARRETERO, A. S. Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado in HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. **Food Research International**, v. 105, p. 752-763, 2018.
- FIJALKOWSKA, A.; NOWACKA, M.; WIKTOR, A.; SLEDZ, M.; WITROWA-RAJCHERT, D. Ultrasound as a Pretreatment Method to Improve Drying Kinetics and Sensory Properties of Dried Apple. **Journal of Food Process Engineering**, v. 39, n. 3, p. 256–265, 2016.
- FREITAS, L. S.; DUTRA, C. S. Y.; MEDEIROS, M. B. O. de; RODRIGUES, A. R. P. LIMA, D. C. M. Obtenção e caracterização físico-química de farinha da semente de abacate para adição em bolos. **CADERNOS UniFOA**, v. 16, n. 45, 2021.
- GOMES, M. S.; FRAGA, S.; MOURA, N. F.; SILVA, R. S. Aproveitamento de cascas de banana para a produção de farinha e aplicação como ingrediente em bolos. **Anais do XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2016.
- GONELI, A. L. D. et al. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 44, n. 1, p. 56 -64, 2014.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do instituto adolfo lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020p.
- KNIGHT, R. J. History, distribution and uses. In: Whiley, A. W.; Schaffer, B.; Wolstenholme, B. N. **The avocado: botany, production, and uses**. CABI Pub.: Wallingford; New York 2002, 12p.
- KOLLER, O.C. **Abacaticultura**. Porto Alegre. Ed. Da Universidade/UFGRS, 1984. 138p.
- LEONARDI, J. G.; AZEVEDO, B. M. Métodos de conservação de alimentos. **Revista Saúde em Foco**, v.10, 2018.

- LOBATO, R.; SOUSA, M.; LANDIM, L.; BEZERRA, K. Potencial da farinha da semente de abacate no desenvolvimento de produtos alimentícios: uma revisão da literatura. **Revista Arquivos Científicos**, v. 4, n. 1, p. 33-37, 2021.
- MACENA, J. F. F.; SOUZA, J. C. A. D.; CAMILLOTO, G. P.; CRUZ, R. S. Physico-chemical, morphological and technological properties of the avocado (*Persea americana* Mill. cv. Hass) seed starch. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, 2020.
- MAHMASSANI HA, A. E. E.; RAMAN, G.; JOHNSON, E. J. Avocado consumption and risk factors for heart disease: a systematic review and meta-analysis. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 107, n. 4, p. 523-536, 2018.
- MARQUES, A. R. Efeitos da farinha liofilizada da semente de abacate (*Persea americana*) em camundongos alimentados com dieta hiperlipídica. **Trabalho científico**, 2022.
- MC CARTHY, U.; UYSAL, I.; BADIA-MELIS, R.; MERCIER, S.; O'DONNELL, C.; KTENIOUDAKI, A. Global food security—Issues, challenges and technological solutions. **Trends in Food Science & Technology**, v. 77, p. 11-20, 2018.
- MENDONÇA, A. P.; SAMPAIO, P. D. T.; ALMEIDA, F. D. A.; FERREIRA, R. F.; NOVAIS, J. M. Determination of drying curves of crabwood in solar dryer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 382-387, 2015.
- MORA-SANDÍ, A.; RAMÍREZ-GONZÁLEZ, A.; CASTILLO-HENRÍQUEZ, L.; LOPRETTI-CORREA, M.; VEGA-BAUDRIT, J. R. *Persea americana* agro-industrial waste biorefinery for sustainable high-value-added products. **Polymers**, v. 13, n. 11, 2021.
- MOUCO, M. A. C.; LIMA, M. A. C. Reguladores vegetais no manejo da produção e qualidade de abacate no semiárido brasileiro. **Petrolina: Embrapa Semiárido - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 23 p., 2014.
- MOURA, B. D. **Secador rotatório com alimentação intermitente**. Tese (Trabalho científico) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- NASCIMENTO, M. R. F.; SOUZA, V. F. de; BOMDESPACHO, L. de Q.; ASCHERI, J. L. R. Perfil de ácidos graxos no óleo extraído das farinhas dos sementes de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.), abacate (*Persea gratissima* Gaertner F.) E seriguela (*Spondias purpurea* L.). **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 4, p. 88-93, 2017.

NASCIMENTO, M. R. F.; SOUZA, V. F. de; MARINHO, A. F.; ASCHERI, J. L. R.; MELEIRO, C. H. de A. Composição centesimal e minerais de farinha da semente de abacate (*Persea gratissima*, Gaertner F.). **Embrapa agroindústria de alimentos - Congresso Brasileiro de ciências e tecnologia de alimentos**, 2016.

OLIVEIRA, E. C. M. **Determinação do coeficiente de dispersão de um canal para validação de um software de fluidodinâmica computacional (cfd)**. Trabalho científico – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia. Limeira - SP, 2017.

ONG, E. S.; LOW, J.; TAN, J. C. W.; FOO, S. Y.; LEO, C. H. Valorization of avocado seeds with antioxidant capacity using pressurized hot water extraction. **Scientific Reports**, v.12, n. 1, 2022.

ONWUDE, D. I. et al. Modeling the Thin-Layer Drying of Fruits and Vegetables: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, p. 599-618, 2016.

PARISE, T. D.; COSER, P. Biscoitos integrais: legislação pertinente e percepção do consumidor. **Alimentação, Nutrição e Saúde**, v. 15, p. 1-11, 2020.

PEIXOTO, M. Perdas e desperdício de alimentos: panorama internacional e proposições legislativas no Brasil. **Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios**, v. 134, 2018.

SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; MONTEIRO, S. S.; SILVA, S. N.; RIBEIRO, V. H. A.; SILVA, V. M. A.; GOMES, J. P.; SANTIAGO, A. M.; LUIZ, M. R.; VIEIRA, D.M.; ARAUJO, R. D.; VILAR, S. B. O.; BARROS, E. R. Kinetics of drying and physical-chemical quality of peach cv. Hubimel. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 16, p. 223-232, 2019b.

SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; SILVA, S. N.; RIBEIRO, V. H. A.; MELO, M. O. P.; SILVA, W. P.; ALMEIDA, R. L. J.; PEREIRA, T. S.; ARAÚJO, A. J. B.; GOMES, J. P.; NASCIMENTO, A. P. S.; SILVA, V. M. A.; VIEIRA, D. M. Physico-chemical characterization and kinetics of drying of organic yellow bell pepper (*Capsicum annuum* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v.14, n.29, p.1247-1253, 2019a.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agricultural Research**, v. 11, p.3733-3740. 2016.

SILVA, I. G.; ANDRADE, A. P. C.; SILVA, L. M. R.; GOMES, D. S. Elaboration and sensory analysis of cookies made from avocado lump flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, 22, 2019.

SILVA, J. C. C. **Elaboração de cookie adicionado de farinha da semente de jaca e doce de leite vegano: avaliação física e sensorial**. 2019. 43 f. (Trabalho científico), Curso de Bacharelado em Nutrição, Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité – Paraíba, 2019.

SILVA, L. A.; RESENDE, O. VIRGOLINO, Z. Z.; BESSA, J. F. V.; MORAIS, W. A.; VIDAL, V. M. Cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, p.953-963, 2015.

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4ª edição revisada e ampliada. 2011.

TOMÉ, P. P. Desenvolvimento de farinha de abacate e uma aplicação tecnológica. **Estudo científico**, Caxias do Sul, 2020,

VIANA, L. M.; PIRES, C. V.; MACEDO, M. C. C.; TROMBETE, F. M.; SILVA, L. S. Aspectos da qualidade de farinhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) artesanais produzidas no município de Santana de Pirapama/MG. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 30, p. 23-37, 2019.

VIEIRA, B. M.; MORAES, B. K. B. Determinação da composição centesimal de farinha da semente de abacate. **Estudo Científico**, 2019.

ZANOELO, E. F.; CELSO, G. M.; KASKANTZIS, G. Drying kinetics of mate leaves in a packed bed dryer. **Byosystems Engineering**, v.96, n.4, p.487- 494, 2007.

ZHANG, L.; LIU, T.; XUE, Y.; LIU, C.; RU, H.; DONG, M.; YU, Z. Effects of drying methods on the aroma components and quality of *Capsella Bursa-Pastoris* L. **Journal of Food Process Engineering**, v. 39, n. 2, p. 107– 120, 2016.
