



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE- PB
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA INDUSTRIAL**

DANIELLY BARBOSA DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES NA TRANSFERÊNCIA DE MASSA NA
SECAGEM SOBRE A QUALIDADE NUTRICIONAL NO ABACATE**

**CAMPINA GRANDE
2022**

DANIELLY BARBOSA DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES NA TRANSFERÊNCIA DE MASSA NA
SECAGEM SOBRE A QUALIDADE NUTRICIONAL NO ABACATE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Ciências Agrárias.

Orientadora: Profa. Dra. Pablícia Oliveira Galdino

**CAMPINA GRANDE
2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S237i Santos, Danielly Barbosa dos.
Influência das condições na transferência de massa na secagem sobre a qualidade nutricional no abacate [manuscrito] / Danielly Barbosa dos Santos. - 2022.
67 p. : il. colorido.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2022.
"Orientação : Profa. Dra. Pablicia Oliveira Galdino ,
Coordenação do Curso de Química Industrial - CCT."

1. Abacate. 2. Desidratação Osmótica. 3. Secagem Convectiva. 4. Qualidade nutricional. I. Título

21. ed. CDD 613.28

DANIELLY BARBOSA DOS SANTOS

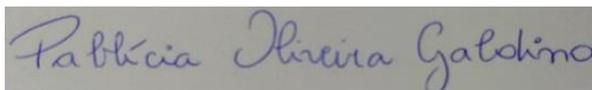
**INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES NA TRANSFERÊNCIA DE MASSA NA
SECAGEM SOBRE A QUALIDADE NUTRICIONAL NO ABACATE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Programa de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

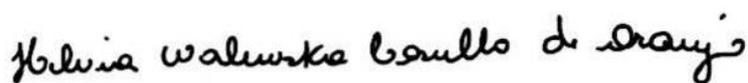
Área de concentração: Ciências Agrárias.

Aprovada em: 19 / 09 / 2022 .

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Pablicia Oliveira Galdino (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Helvia Wallewska Casulo de Araújo
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Carlos Christiano Lima dos Santos
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A Deus e a Nossa Senhora por toda proteção e por todas as portas abertas. A minha família por todo amor, apoio e incentivo, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por tudo que Ele tem me proporcionado. Por cada Graça alcançada e toda por todas as bênçãos derramadas sobre minha família. E a Maria Santíssima, por interceder a seu filho por mim, e me cobrir com seu manto sagrado.

À minha mãe, Maria Lúcia, por todo amor, educação, apoio e cuidado. Por compreender a minha ausência em momentos importantes para nossa família e por garantir que eu pudesse realizar mais esse sonho.

Ao meu pai, Luiz Brasilino, por toda educação, amor e apoio. Por não deixar que nada nos faltasse e por garantir que eu conseguisse voar, mesmo debaixo de seu amparo.

As minhas irmãs, Maria Eduarda e Ana Karla, por sempre estarem comigo, por me darem forças para continuar estudando e me apoiarem em todos os momentos.

Aos meus pais Canadenses, Catherine Perrier e Darold Perrier, por todo amor e apoio, que mesmo de longe garantiram que coisas boas fossem concedidas a mim.

À Carla Germana, que me garantiu sorrir durante todos os momentos dessa jornada. E que fez com que eu conseguisse ir além do que eu imaginava que seria possível. Assim como sua família, vocês me permitiram ser ainda mais feliz.

Às minhas amigas, Laís e Laura, pela irmandade de sempre e por garantir que essa jornada fosse mais leve. Assim como: Renata, Mateus e Izabelle, por todo amparo durante o curso e pela parceria de todos os momentos, vocês foram peças importantes para essa conquista.

À minha orientadora, Profa. Dra. Pablícia Oliveira Galdino por todo incentivo, paciência e dedicação durante a orientação, tanto do projeto de iniciação científica quanto do trabalho de conclusão de curso.

À banca examinadora, pelos conhecimentos a mim passados durante as aulas e a correção do trabalho de conclusão de curso.

Aos funcionários do NUPEA, por todas as instruções e conselhos dados durante as análises.

À Fabrícia e a Gabriel, pela ajuda durante as análises.

A todos que direta ou indiretamente me incentivaram durante essa jornada. Deus os abençoe.

RESUMO

O abacate é uma fruta com alto teor nutricional, que tem em destaque os lipídeos e os compostos bioativos. Por possuir elevada atividade de água, o fruto se torna perecível e suscetível a deterioração. Desse modo, faz-se necessário a aplicação de metodologias de conservação que consigam manter as características físico-químicas e sensoriais do fruto, além de aumentar seu tempo de vida útil. Com isso, o objetivo geral do presente estudo foi avaliar a influência das condições na transferência de massa na secagem convectiva sobre a qualidade nutricional do abacate. Os parâmetros físico-químicos utilizados para caracterizar as fatias de abacate foram: pH, acidez total titulável, sólidos totais, teor de água, cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos, valor calórico, açúcares redutores e totais. O branqueamento foi realizado a água fervente e a exposição a vapor, por 4 minutos. A desidratação osmótica foi realizada com solução de 60° Brix, a 25 °C. A secagem foi realizada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, em estufa com circulação de ar. Na cinética de secagem os modelos de Page, Henderson & Pabis, Verna e Exponencial de Dois Termos, foram ajustados às curvas de secagem. O cálculo da difusividade efetiva foi realizado com base na Segunda Lei de Fick para uma placa plana infinita. Resultou-se com a caracterização físico-química do abacate *in natura* e osmo-desidratado que lipídeos, proteínas e carboidratos se acentuaram com a desidratação osmótica aplicada nas fatias. Já em relação aos osmoconvectivos os lipídeos e os carboidratos foram mantidos com o aumento da temperatura. O branqueamento a vapor foi mais eficaz por preservar cor, textura e a qualidade nutricional. A desidratação osmótica foi responsável pela perda de massa das fatias em 27,49%. A temperatura de 60 °C melhor representou as curvas de secagem, dado melhor desempenho quando comparada as demais. Os resultados mais satisfatórios de R² e DQM foram obtidos pelo modelo de Verna. A difusividade efetiva apresentou melhor desempenho na temperatura de 60 °C para a retirada de água do alimento. Desse modo, é possível concluir que a elaboração das fatias de abacate osmoconvectivas foi eficiente, pela preservação nutricional do alimento, das características sensoriais e por seu aumento de vida útil.

Palavras-Chave: Abacate. Desidratação Osmótica. Secagem Convectiva. Qualidade Nutricional.

ABSTRACT

Avocado is a fruit with a high nutritional content, which highlights lipids and bioactive compounds. Due to its high water activity, the fruit becomes perishable and susceptible to deterioration. Thus, it is necessary to apply conservation methodologies that are able to maintain the physicochemical and sensory characteristics of the fruit, in addition to increasing its shelf life. With that, the general objective of the present study was to evaluate the influence of the conditions in the mass transfer in the convective drying on the nutritional quality of the avocado. The physical-chemical parameters used to characterize the avocado slices were: pH, total titratable acidity, total solids, water content, ash, proteins, lipids, carbohydrates, caloric value, reducing and total sugars. Bleaching was carried out in boiling water and exposure to steam for 4 minutes. Osmotic dehydration was performed with a 60° Brix solution at 25°C. Drying was carried out at temperatures of 50, 60 and 70 °C, in an oven with air circulation. In drying kinetics, the Page, Henderson & Pabis, Verna and Two-Term Exponential models were fitted to the drying curves. The effective diffusivity calculation was performed based on Fick's Second Law for an infinite flat plate. The physicochemical characterization of in natura and osmo-dehydrated avocados resulted in lipids, proteins and carbohydrates accentuated with osmotic dehydration applied to the slices. In relation to osmoconvectives, lipids and carbohydrates were maintained with increasing temperature. Steam blanching was more effective in preserving color, texture and nutritional quality. Osmotic dehydration was responsible for the mass loss of the slices in 27.49%. The temperature of 60 °C best represented the drying curves, given better performance when compared to the others. The most satisfactory results of R^2 and DQM were obtained by the Verna model. The effective diffusivity showed better performance at the temperature of 60 °C for the removal of water from the food. Thus, it is possible to conclude that the elaboration of osmoconvective avocado slices was efficient, due to the nutritional preservation of the food, the sensory characteristics and its increase in shelf life.

Keywords: Avocado. Osmotic Dehydration. Convective Drying. Nutritional Composition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Imagem representativa de um Abacateiro.....	14
Figura 2 – Esquema representativo da Desidratação Osmótica em fatia de abacate.....	20
Figura 3 – Representação de um esquema de Secagem Convectiva do abacate.....	22
Figura 4 – Branqueamento por exposição a vapor de água por 4 minutos.....	44
Figura 5 – Gráfico demonstrativo da Perda de Massa (PM) das fatias de Abacate osmodesidratadas.....	46
Figura 6 – Gráfico demonstrativo da Perda de Água (PA) das fatias de Abacate desidratadas osmoticamente.....	47
Figura 7 – Gráfico demonstrativo do Ganho de Sólidos (GS) das fatias de abacate osmodesidratadas.....	47
Figura 8 – Gráfico da Cinética de Secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, das fatias de abacate osmoconvectivas.....	49
Figura 9 – Gráfico obtido a partir do modelo de Henderson e Pabis.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização físico-química do abacate <i>in natura</i> e desidratado osmoticamente (D. O.)	34
Tabela 2 – Compostos Bioativos do abacate <i>in natura</i> e desidratado osmoticamente.....	37
Tabela 3 – Caracterização físico-química do abacate osmoconvectivo nas temperaturas de (50, 60 e 70) °C.....	39
Tabela 4 – Compostos Bioativos do abacate osmoconvectivo nas temperaturas de (50, 60 e 70) °C.....	42
Tabela 5 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de secagem para as diferentes temperaturas avaliadas em fatias de abacate osmoconvectivo.....	51
Tabela 6 – Valores da difusividade efetiva de água nas diferentes temperaturas de secagem das fatias de abacate osmoconvectivo com seus respectivos coeficientes de determinação.....	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Abacate	14
3.2	Composição Química	15
3.3	Branqueamento	17
3.4	Desidratação osmótica	19
3.5	Secagem Convectiva	21
3.6	Alimentos osmoconvectivos	25
4	METODOLOGIA	28
4.1	Preparo da matéria-prima	28
4.2	Branqueamento	28
4.3	Teste da peroxidase	28
4.4	Secagem convectiva	29
4.4.1	Modelo de difusão sem encolhimento	29
4.5	Caracterização físico-química	30
4.5.1	pH	30
4.5.2	Acidez total titulável	30
4.5.3	Teor de água/Sólidos totais	30
4.5.5	Proteínas	31
4.5.6	Lipídeos	31
4.5.7	Carboidratos	31
4.5.8	Valor calórico	31
4.5.9	Açúcares redutores e açúcares totais	31
4.6	Análise dos Dados	31
4.7	Compostos Bioativos	32
4.7.1	Compostos fenólicos totais	32
4.7.2	Carotenoides	33
4.7.3	Taninos totais	33
4.7.4	Antocianinas e Flavonoides	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34

5.1	Caracterização Físico-Química e Compostos Bioativos do Abacate <i>In Natura</i> , Osmoticamente Desidratado e Osmoconvectivo.....	34
5.2	Estudo do Branqueamento.....	43
5.3	Estudo da Desidratação Osmótica	45
5.4	Estudo das Curvas da Secagem Convectiva	49
5.5	Estudo da Cinética De Secagem.....	51
5.6	Estudo da Difusividade Efetiva Da Água.....	53
6	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea Americana Mill*) teve sua origem, principalmente, no México e na América Central, sendo esses os maiores produtores e comerciantes do fruto. Dada a vasta variedade de abacates no mundo, o consumo varia para as diferentes regiões, onde o hábito alimentar é priorizado para a escolha do fruto conforme suas características (PIO; MAGALHÃES, 2020). Entretanto, a importância do consumo do abacate se dá a sua riqueza nutricional. Com a mudança de hábitos alimentares, o aumento do consumo de abacate no Brasil foi de 600 gramas/habitante/ano, em 2016, para 900 gramas em 2018. Sendo esse aumento significativo para que se tenha, também, o aumento da produção (GONÇALVES; PIMENTEL JUNIOR; GOUVEIA, 2021).

O abacate, fruta rica em nutrientes, tendo em destaque lipídeos, proteínas, glicídios e compostos bioativos, os quais tem função antioxidante, que têm capacidade de inibir os radicais livres presentes no corpo humano, onde esses radicais causam danos às células e aos tecidos; apresentando assim, benefícios a saúde humana. Além disso, o abacate possui minerais importantes para o organismo, como cálcio, fósforo e ferro (DREHER; DAVENPORT, 2013).

O abacateiro pertence à família das Lauraceae e ao gênero *Persea*, é uma árvore de porte médio a alto e sua madeira encontra-se leve e frágil. Suas folhas são quebradiças, semelhantes à ponta de uma espada, e quando novas apresentam coloração avermelhada que vai desaparecendo com o amadurecimento (LOPES, 2020). As flores do abacateiro são pequenas, brancas ou verdes amareladas e estão dispostas nos ramos mais novos. O fruto, proveniente da flor, é parte comestível e apreciada por seu sabor delicado e efeitos positivos a saúde humana. É cremosa, oleosa e possui coloração amarelo-esverdeada, quando madura (SILVA, 2017).

Por ser um alimento perecível, devido a sua elevada atividade de água, faz-se necessário a aplicação de metodologias que contribuam para a preservação das propriedades do fruto, preparando-o para operações subsequentes (CÁBIA, 2013). Como pré-tratamento para a desidratação osmótica, tem-se o branqueamento, em que o sistema utiliza o binômio tempo e calor, com o objetivo de inativar enzimas causadoras do escurecimento enzimático em frutas e hortaliças quando essas sofrem algum dano que expõe seu tecido ao oxigênio. Esse escurecimento enzimático é um fator negativo que diminui a comercialização do fruto que apresente essa

característica. Além disso, o branqueamento é capaz de inibir certas populações de microrganismos sensíveis ao calor (OLIVEIRA, 2018).

Com o intuito de reduzir certa quantidade de água livre presente no fruto, aplica-se a desidratação osmótica, que antecede a secagem convectiva, que pode melhorar o produto final, pela preservação de sua cor, textura, e conservação de suas características físico-químicas (EGEA; LOBATO, 2014). A desidratação osmótica consiste, pelo processo de osmose, em retirar água da polpa do abacate pela imersão em uma solução hipertônica; impedindo, assim, a proliferação de certas populações de microrganismos, e com isso evitando a deterioração, e aumentando o tempo de vida útil do alimento (ARAUJO, 2019).

Para a redução do teor de água livre do fruto e, assim, impedir a ação dos microrganismos deteriorantes, aplica-se o método de conservação pelo calor, a secagem convectiva. Esse processo remove a água do alimento, onde os fluxos de transferência de massa e calor ocorrem simultaneamente. A obtenção de produtos secos viabiliza a redução do volume e da massa, melhorando o transporte, reduzindo gastos com embalagem e mais facilidade no armazenamento. Somado a isso, se torna um produto prático, e com uso simplificado; elevando a variedade na oferta do alimento (CORRÊA, 2014).

A combinação de processo da desidratação osmótica com a secagem convectiva confere ao alimento a diminuição dos malefícios causados pela aplicação do calor, de modo que as características físicas como a cor e a textura, assim como o sabor são mantidos, e o escurecimento enzimático é diminuído. Além disso, o alto valor agregado quando comparado as frutas *in natura*, é vantajoso pelo aproveitamento integral do produto, a diminuição nas perdas durante a época de safra, somado ao aumento de vida útil do alimento, disponibilizando esta durante todos os períodos do ano (NETO, 2017).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar a influência das condições na transferência de massa na secagem convectiva sobre a qualidade nutricional do abacate.

2.2 Objetivos Específicos

- Secar as fatias de abacate osmodesidratadas, sob condições ideais, em estufa com circulação de ar, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C;
- Extrair o óleo de abacate nos produtos secos para caracterização físico-química (índice de acidez, índice de peróxido, índice de saponificação e índice de iodo);
- Determinar o coeficiente de difusividade efetiva na secagem convectiva sem encolhimento e suas propriedades termodinâmicas;
- Realizar a cinética de secagem em diferentes modelos, descritos por Page, Henderson e Pabis, Exponencial de dois termos e Verna;
- Caracterizar os parâmetros físicos, químicos e físico-químicos do abacate osmoconvectivo;
- Caracterizar os compostos bioativos (compostos fenólicos totais, carotenoides, taninos totais, flavonoides e antocianinas) na passa de abacate antes e após o armazenamento.

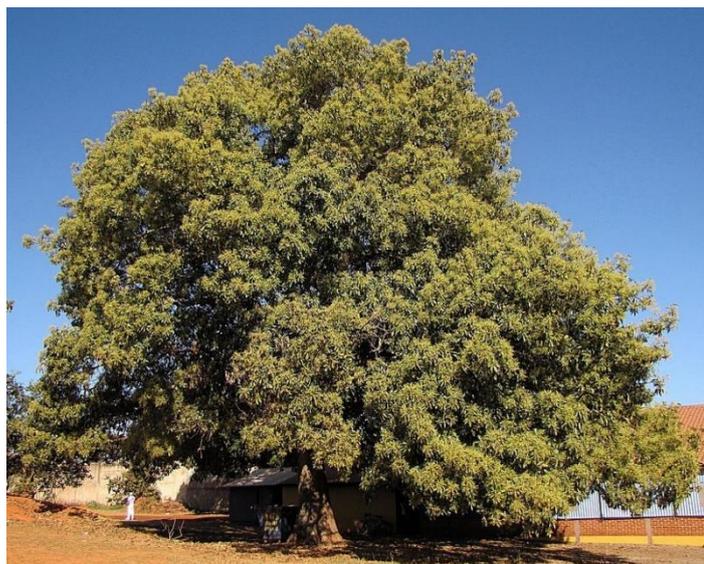
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Abacate

O abacateiro (*Persea americana Mill*) é uma planta da família das Lauraceae, e do gênero *Persea*. Sua árvore é de porte médio a alto (cerca de 12 a 20 metros de altura), e sua madeira encontra-se leve e frágil. As folhas são quebradiças, semelhantes à ponta de uma espada, de pecíolo curto (haste que prende a folha ao ramo ou caule) e não possuem estípulas. Quando novas, possuem coloração avermelhada que vai desaparecendo com o amadurecimento (LOPES, 2020).

As flores do abacateiro são pequenas, de coloração branca ou verde amarelada, andróginas e brotam na primavera. São produzidas em grandes quantidades e estão dispostas nos ramos mais novo. Cada flor possui um pistilo, com um único ovário, um estilete, um estigma e antenas. O fruto, proveniente da flor, é constituído basicamente pelo epicarpo (casca mais externa), mesocarpo, parte comestível e apreciada por seu sabor delicado e efeitos positivos a saúde humana, é cremosa, oleosa e de coloração amarelo-esverdeada, quando amadurece. E é constituída da semente, que é envolvida pelo endocarpo, película que protege a semente (SILVA, 2017). A Figura 1 mostra a imagem de um abacateiro.

Figura 1: Imagem representativa de um Abacateiro.



Fonte: RW Paisagismo.

O abacateiro teve sua origem na América central e do Norte, sendo cultivado principalmente no México e na América central, podendo ser encontrada em todas as regiões que forneçam as condições necessárias para seu desenvolvimento (CÁBIA, 2013). A planta prefere solos profundos, permeáveis e com boa capacidade de retenção de água, entretanto é suscetível a condições de excessivas umidades e à falta de arejamento do solo. O sistema radicular (a raiz) é habitualmente pouco profundo, com cerca de 80% das raízes até 1 metro de profundidade (DUARTE, 2021).

O período ideal para a colheita do fruto é observado pela maturação, sendo esse um dos fatores determinantes da sua qualidade. Essa maturidade pode ser determinada principalmente pelo teor de óleo de mesocarpo, matéria seca ou teor de umidade, os quais são utilizados a partir de amostras que irão representar um lote. (MAGWAZA & TESHAY, 2015; NCAMA et al., 2018).

Há muitas variedades de abacates no mundo, sendo importante para a disseminação e qualificação comercial nas diferentes regiões e países consumidores, onde o hábito alimentar auxiliará na escolha do fruto conforme suas características. Dentre os maiores produtores de abacate do mundo, em 2018, tem-se o México, o qual produziu quase 2 milhões de toneladas do fruto, correspondendo a aproximadamente um terço da produção mundial. O Brasil produziu mais de 235 mil toneladas de abacate, ficando a sexta colocação do ranking mundial (PIO; MAGALHÃES, 2020). A Paraíba, em 2020, das 266.784 toneladas de abacate produzidas em todo Brasil, produziu 578 toneladas, com rendimento médio de 7.136 kg/ha, de uma área colhida de 81ha (IBGE, 2021).

3.2 Composição Química

A determinação da composição química do abacate é importante para se obter informações sobre os compostos presentes no abacate e entender suas características e funções. Desse modo, faz-se necessário a aplicação de metodologias que auxiliem na determinação desses compostos, bem como a importância desses para o organismo humano. Somado a isso, a composição química das polpas de frutas é também um dos fatores determinantes que contribuem para o desenvolvimento da microbiota contaminante. De modo que, quanto maior o pH, e atividade de água, mais fácil é o desenvolvimento de microrganismos nesse fruto, causando a deterioração do mesmo (MOUCHREK et al., 2016).

O abacate possui um alto teor de ácido graxo monoinsaturado, os quais contribuem para a redução do colesterol LDL que é prejudicial ao o organismo humano. Além disso, é composto por vitamina E, e esteróis com grande potencial antioxidantes (VILLA-RODRÍGUEZ et al., 2011; PEDRESCHI et al., 2016). Sua composição pode variar dependendo do tipo de abacate, do clima e do estágio de maturação, contudo pode conter em 100 gramas de polpa, de 1 a 3 gramas de proteínas, 4 a 12 gramas de glicídios (açúcares), 5 a 35 gramas de lipídeos (gorduras, óleo), somado aos minerais importantes para o organismo humano, 46 miligramas de fósforo, 13 miligramas de cálcio, 0.7 miligramas de ferro, além de outros sais minerais e vitaminas A, B1, B2, B3 e D. E aminoácidos essenciais (isoleucina, valina, fenilalanina, lisina, treonina e metionina) (DREHER; DAVENPORT, 2013).

Dreher e Davenport (2013), detalham que este fruto tem ação antioxidante por conter em sua composição compostos bioativos como os carotenoides, os quais são compostos pigmentados; os tocoferóis, que são a Vitamina E; e os fitosteróis, os quais são gorduras que diminui a adsorção do colesterol LDL pelo organismo. Contudo, os carotenoides apresentam um fragmento de base estrutural e uma cadeia poli-insaturada conjugada, onde esse fragmento é o principal responsável pela capacidade desses compostos para inibir os radicais livres evitando o estresse. Silva et al. (2020) destaca que estes radicais livres são moléculas que possuem um átomo altamente reativo, isso pois, este tem um elétron faltando em sua camada de valência, o qual em excesso podem causar danos aos tecidos e às células dos seres vivos.

As frutas possuem diversos composto bioativos que podem trazer benefícios à saúde humana, quando inseridas como parte usual da dieta. Souza, Fassina e Saraiva (2018) no estudo sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante em frutas nativas do Brasil, avaliaram os teores de flavonoides, antocianinas, compostos fenólicos e a atividade antioxidante total em frutas de diferentes espécies (araçá amarelo e vermelho, pitanga, jaboticaba, guabiroba, butiá e palmito juçara) na colheita. Obtiveram como resultados que os maiores conteúdos foram observados nas frutas de pigmentação tendendo ao amarelo. Houve diferenças significativas no conteúdo total de flavonoides entre as frutas analisadas, com teores médios de 14,9 mg 100g⁻¹ de massa fresca. Assim como para flavonoides totais, o conteúdo de antocianinas totais diferiu entre as frutas, em média 25,9%. Os maiores conteúdos de antocianinas foram observados em frutas de coloração mais intensa, a média total foi

de 100,6 %. Todas as frutas apresentaram alta atividade antioxidante total (método DPPH).

Vinha et al. (2020) na pesquisa sobre a determinação dos parâmetros físico-químicos do abacate 'Hass', determinou os parâmetros a seguir e obteve os seguintes resultados: teor de água, 70%, cinzas, 1,77%, proteínas, 1,82%, Gorduras, 43,5%, Sólidos solúveis totais, 6,68 °Brix e acidez, 1,07%. Além disso, destacou que o teor de água, por exemplo, é um dos índices mais importantes avaliados em alimentos, principalmente frutas; servindo como indicador da perecibilidade.

Daiuto et al. (2014), ao estudarem o abacate variedade 'Hass', apresentou resultados em relação aos elementos minerais presentes na polpa do abacate e que são de extrema importância para o organismo humano. Estes foram determinados por Espectrofotometria de Absorção Atômica, segundo metodologia estabelecida por Malavolta et al. (1997). E foram obtidos resultados, em relação ao potássio, o qual encontrou-se em maior abundância, 17.37%, ferro 12.00%, zinco 21.67%, fósforo 2.10% e cálcio 0.30%. Dentre outros. Somado a isso, foi determinado compostos fenólicos totais (eq. de ácido gálico (GAE), $3,3 \pm 0,7B$, atividade antioxidante pelo sequestro do radical livre ABTS, expressos como valor TEAC (capacidade antioxidante total do composto equivalente ao Trolox), $8,1 \pm 1,9B$; e atividade antioxidante equivalente ao Trolox, nos extratos etanoicos (80%) da polpa, $15,2 \pm 1,2^a$.

3.3 Branqueamento

O branqueamento fundamenta-se em imergir o alimento em água fervente ou insuflar vapor sobre ele, durante certo tempo. Em seguida, resfriá-lo imediatamente com água fria corrente para evitar que o produto seja submetido a um sobreaquecimento desnecessário e que seja possibilitado o desenvolvimento de microrganismos termófilos (MACIEL, 2013). Com isso, o branqueamento tem por seu principal objetivo a inativação das enzimas causadoras do escurecimento enzimático no alimento.

Para isso, o branqueamento, deve ser aplicado em alimentos que apresentam elevada atividade enzimática, o qual é o caso do abacate. O branqueamento não é considerado um processo de conservação em si, mais um pré-tratamento que proporciona ao alimento mais durabilidade e qualidade de suas características

sensoriais, visto que deve ser aplicado antes do congelamento, desidratação ou enlatamento (DIAS; SOUZA; ROCHA, 2013).

O branqueamento em alimentos pode ser considerado uma técnica verídica e eficiente, quando aplicado corretamente, na inativação de enzimas que causam escurecimento enzimático. Além disso, é capaz de diminuir a carga microbiana possivelmente presente no alimento. Em ambas as técnicas podem ocorrer algumas perdas nutritivas, mas que não prejudica na qualidade do alimento, desse modo, é eficaz em elevar a vida útil e evitar as perdas de características sensorial (MONTEIRO; CAVALCANTE, 2019).

Como o abacate é uma matéria-prima perecível, por possuir elevada atividade de água, sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento e adaptação de tecnologias que consigam manter as propriedades e a conservação desse fruto possibilitando o aumento da sua produção e distribuição no mercado (CÁBIA, 2013). De modo geral, quando frutas e hortaliças expõem seu tecido ao oxigênio, sejam cortadas ou amassadas, as enzimas polifenoloxidase e a peroxidase reagem na superfície do material formando uma cor escura, a qual é conhecida como escurecimento enzimático. Além disso, as enzimas são responsáveis pela maturação do alimento e levam a fruta à decomposição; conferem sabor estranho aos alimentos e destroem a vitamina C vital para o organismo humano. Contudo essas enzimas são inativadas em temperaturas abaixo de 100 °C, de modo que possibilita a aplicação do branqueamento (OLIVEIRA, 2018).

Segundo Melo (2015), o branqueamento a vapor apresenta resultados mais eficientes em relação a preservação de nutrientes, quando comparados ao branqueamento por imersão, isso pois, ao utilizar água quente os compostos solúveis ficam retidos na água e, conseqüentemente, se tem perdas mais elevadas de nutrientes.

Krüger e Dalagnol (2014) observaram, em seu estudo sobre o branqueamento em abacaxi, o qual foi feito em imersão a água fervente por 5 minutos e após resfriado em água corrente, que através do processo ocorreu a redução do escurecimento da fruta, causado pelas enzimas.

Pozzebon e Ribeiro (2020) em seu estudo sobre a inativação enzimática em ameixas, realizou testes com o binômio tempo e temperatura para 9 combinações diferentes, e obteve como melhor resultado a temperatura de 83 °C por 1 minuto, tanto para a inativação das enzimas quanto para a manutenção da cor e da textura do fruto,

pois, apesar da elevada temperatura, o tempo de exposição foi curta, trazendo benefícios ao fruto.

Melo (2015) aplicou o branqueamento por imersão em bananas, maçãs e batatas, e observou que o tratamento a 98 °C, foi eficiente em pelo menos um dos tempos utilizados (1, 2 e 3 minutos), contribuindo para a fixação da cor e o não aparecimento do escurecimento.

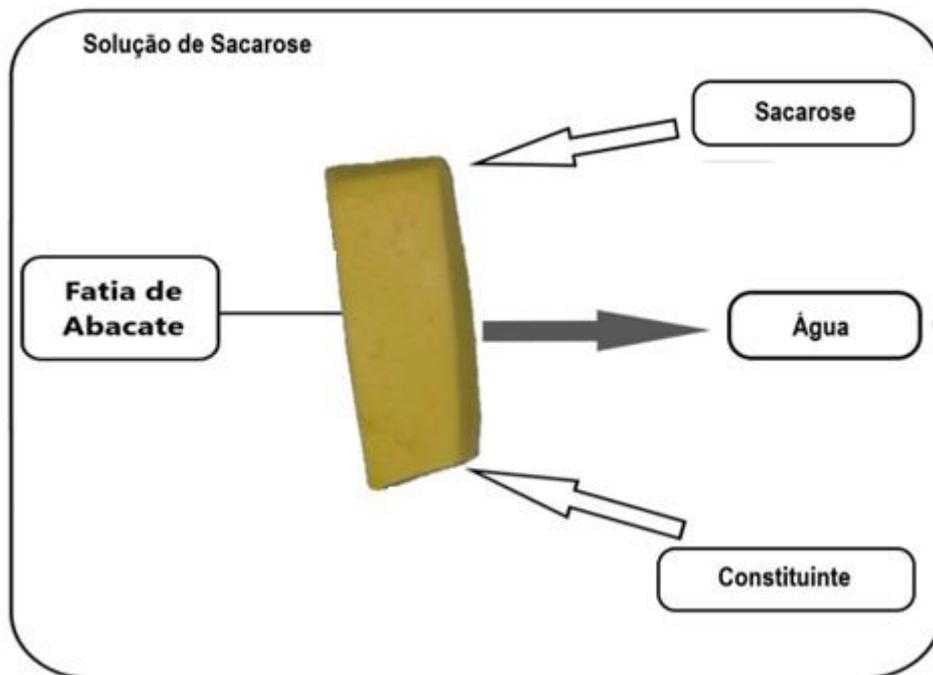
3.4 Desidratação osmótica

Egea e Lobato (2014) relatam que a desidratação osmótica é um pré-tratamento que pode melhorar o produto final, preservando características como cor, em razão da concentração de pigmentos, e a textura, devido constante cuidado da estrutura celular ou impregnação de solutos nas frutas. A desidratação osmótica, segundo Araújo (2019), consiste em uma operação de preservação de alimentos, que utiliza o processo de osmose para retirar água da polpa do abacate ao imergi-la em uma solução hipertônica; impedindo, assim, a proliferação de certas populações de microrganismos, e com isso evitando a deterioração, e aumentando o tempo de vida útil do alimento.

O objetivo da desidratação osmótica é aumentar a eficiência do processo de secagem, uma vez que a D.O. causa uma diminuição do teor de água inicial (SANTOS, 2018). Somado a isso, a sacarose, um dos agentes desidratantes mais utilizado na desidratação osmótica, atua como uma barreira ao oxigênio, pois esse gás provoca a oxidação de compostos responsáveis pela cor e sabor do alimento, além disso, a barreira atua como proteção ao calor da secagem convectiva, para que este não danifique o produto (CASTRO, 2015).

A DO consiste na retirada parcial do teor de água das frutas imergindo-a em solução hipertônica, resultando em dois fluxos de massas opostos, um é a saída de água do fruto para a solução e o outro é o fluxo de soluto da solução para o sólido. Além disso, um terceiro fluxo acontece, o qual é uma pequena transferência de constituintes do alimento para a solução, contudo essa transferência é quantitativamente insignificante, quando comparada com os dois primeiros fluxos (GOETTEN et al, 2020). O esquema que representa essa metodologia está representado na Figura 2, a seguir.

Figura 2: Esquema representativo da Desidratação Osmótica em fatia de abacate.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Dentre as vantagens a utilização da DO como pré-tratamento a secagem convectiva tem-se que ela cria uma barreira que impede que o alimento seja agredido pelo calor da secagem convectiva, além disso, preserva a textura do alimento bem como suas vitaminas e a estabilização de sua cor (SILVA, 2017). Contudo essa metodologia pode ser influenciada significativamente por fatores como o tempo de imersão, o tipo de agente desidratante, a temperatura, a presença ou não de agitação, entre outros. A desvantagem da desidratação osmótica é a grande quantidade de solução desidratante após a realização do processo, visto que ainda não tem aplicabilidade para esta (CASTRO, 2015).

Resultados obtidos por Araújo (2019) em seu estudo sobre o efeito da desidratação osmótica em fatias de abacate, com concentrações de sacarose de 40, 50 e 60 °Brix; e temperaturas 25, 35 e 45 °C; com tempo de imersão de 45min. Apresentou melhor desempenho na perda de massa na concentração de 40 °Brix e temperatura de 45 °C.

Covre (2013) estudou o processo da desidratação osmótica em fatias de carambola, onde o experimento foi conduzido em dois níveis de temperatura da solução de desidratação osmótica (40 e 50 °C), no qual as concentrações de sacarose

da solução (40, 50 e 60%) e o tempo de imersão nessa (1 a 8 horas). Obteve, na concentração de 60% de sacarose e na temperatura de 50 °C da solução osmótica, valores mais desejáveis em todos os parâmetros avaliados, principalmente maior perda de massa, de 20 a 53%; perda de água, de 54 a 64%; menor atividade de água, 3,7% e teor de água, de 93,66% para 70,39%.

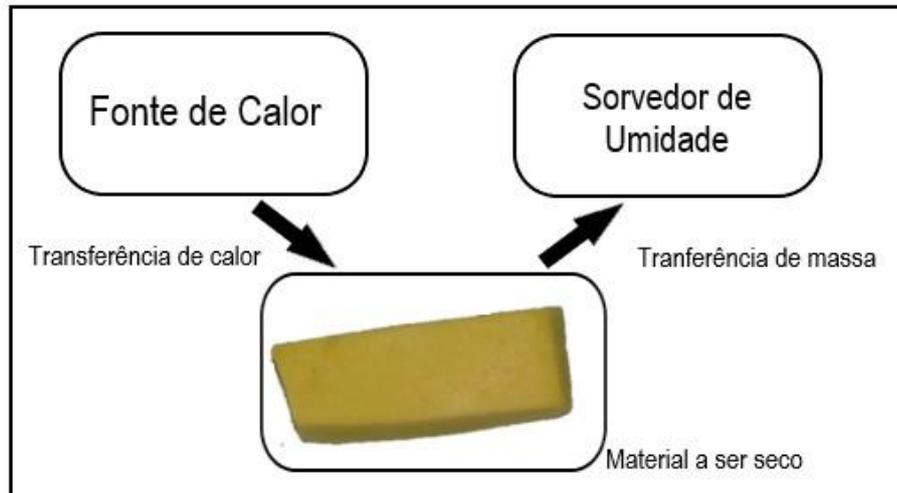
Durante o processo de desidratação osmótica realizado por Krüger e Dalagnol (2014), a qual teve por concentrações das soluções de sacarose 30 e 45 °Brix, o tempo de imersão foi 8 horas a temperatura ambiente; o teor de teor de água do abacaxi foi reduzido de 80% *in natura* para 13,20% desidratado, além disso, teve um aumento considerável de fibras totais, de 2,370 para 20,040%; proteínas, de 0,860 para 2,360% e açúcares totais, de 15,673 para 28,208%.

3.5 Secagem Convectiva

O método de secagem mais comumente utilizado é a secagem convectiva. Nesta operação o calor, através do ar pré-aquecido (agente secante), é transferido para o material que se move sobre o alimento, removendo a umidade deste e transportando-a para fora do secador (MEDEIROS et al., 2013).

A secagem convectiva é caracterizada pela interação direta entre o ar quente e a superfície do alimento, o qual irá propagar energia por seu interior, e desse modo é formado um gradiente de pressão de vapor d'água entre o interior e exterior do alimento, e é esta medida que proporciona a retirada de água do interior para a superfície do produto, na qual um sorvedouro, como o ar em movimento, entra em atividade levando para fora o vapor de água formado. Nessa operação ocorre a transferência simultânea de calor e massa (CORRÊA, 2014). Conforme representado a Figura 3, a seguir.

Figura 3: Representação de um esquema de Secagem Convectiva do abacate.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Dentre as vantagens de utilizar a secagem convectiva tem-se a diminuição da massa do alimento e do consumo de energia, pela não necessidade de refrigeração, e isso implica na facilidade de preservação do produto; o alimento está protegido contra reações enzimáticas e oxidativas, levando a disponibilidade do produto durante todo o ano. Somados a isso, adquirir o equipamento para realizar a secagem convectiva é de baixo custo, sendo essa uma vantagem encontrada no emprego da técnica e que a faz ser a mais utilizada até hoje na indústria. Contudo, essa metodologia exige longos períodos de tempo de operação, o que se torna um fator limitante, que pode tornar o seu emprego pouco prático e reduzir a eficiência do procedimento (MOSES et al., 2014).

Existem fatores que podem interferir na capacidade de remoção de água do ar, sendo esses: a quantidade de vapor d'água presente no ar; a quantidade de ar que passa pelo alimento; a temperatura do ar e a velocidade do ar; onde quanto maior a essa velocidade maior a taxa de secagem (ALVES, 2014).

Para que a polpa do abacate seja conservada e preservada é necessária aplicação da secagem, para que seja reduzida a quantidade de água livre do alimento e assim a ação dos microrganismos deteriorantes seja diminuída. Além disso, faz-se necessário a escolha de um método de secagem adequado, isso pois, este pode influenciar diretamente no desempenho do processo, principalmente em alimentos com elevado teor nutricional (DAL-BÓ, 2021). E com isso, se tem custos mínimos e a

elevação da qualidade máxima do produto final. Entretanto, a realização da secagem inadequadamente acarreta malefícios ao alimento como alterações no sabor, na cor, textura e aroma. Além disso, pode aumentar o consumo de energia do processo (AIRES, 2016).

Leite et al. (2016) estudaram a secagem de carambola em secador convectivo, a velocidade do ar de secagem fixada em $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ e as temperaturas utilizadas foram 60, 70 e 80 °C, sendo possível concluir que este processo é possível nas temperaturas estudadas, constatando que o tempo de secagem é inversamente proporcional à temperatura.

Santos et al. (2013), em seu estudo sobre a secagem convectiva em fatias de maçã, a qual foi realizada em um secador convencional de bandejas com circulação de ar forçado, a temperatura do ar de secagem foi 65 °C e o tempo de exposição foi 10 horas; obteve fatias com textura crocante, e não elástica. E com isso, fica claro, portanto, que a secagem é uma excelente alternativa para a sua conservação, contribuindo para que perdas pós-colheitas aconteçam, e com isso agregando valor ao produto seco.

As condições de secagem convectiva do abacate estudadas por Alves (2014), com a velocidade do ar de secagem fixada em 3 m.s^{-1} e temperaturas de trabalho em 40, 50, 60 e 70 °C, foram eficazes na redução da massa dos produtos, 26,1%, 25,9%, 24,5%, 23,6%; para respectivas temperaturas. Desse modo, foi observado que com o aumento da temperatura do processo tem-se a redução no tempo de secagem e no teor de água do produto.

3.5.1 Secagem convectiva com circulação de ar

A nível industrial, a secagem convectiva com circulação de ar é uma das metodologias mais utilizadas. Onde uma corrente de gás aquecido entra em contato com o produto a ser secado fornecendo calor e aquecendo sua superfície. Isso provoca a evaporação da umidade do material, de modo que o vapor de água formado é transportado para fora do secador (DAL-BÓ, 2021).

A simplicidade da operação e o baixo custo do equipamento são algumas das vantagens encontradas nesse processo. Além disso, a obtenção de produtos secos viabiliza a redução do volume e da massa, melhorando o transporte, reduzindo gastos com embalagem e mais facilidade no armazenamento. Somado a isso, se torna um

produto prático, e com uso simplificado; elevando a variedade na oferta do alimento. Entretanto, a secagem convectiva tem baixa eficiência energética, devido à baixa capacidade em transferir calor dos produtos, implicando na elevada resistência na saída da umidade de seu interior; elevando assim, o período de secagem, o que pode influenciar nas características sensoriais e valor nutritivo do alimento (CORRÊA, 2014).

Há fatores que podem influenciar no desempenho da secagem, dentre os principais tem-se a velocidade do ar de secagem, onde quanto maior a velocidade do ar maior é a sua taxa de secagem. O teor de água, quanto menor a umidade de um alimento menor será a taxa de secagem. E a temperatura do ar de secagem, onde quanto maior a temperatura menor deve ser o tempo de exposição do alimento ao calor (COUTO, 2015).

Almeida (2013), ao estudar a secagem convectiva da uva sem semente, para a fabricação de uva passa, a temperatura de 50 e 70 °C, com um secador de fluxo de ar contínuo e ascendente em leito fixo (câmara) com sete bandejas de 0,25 m², a velocidade do ar de secagem na entrada da câmara de 14,0 m.s⁻¹ e 9 m.s⁻¹ e a desidratação osmótica como pré-tratamento, em solução a 40 °Brix por 6 horas e 34 °C de temperatura; obteve diminuição da massa das amostras, cerca de 27%, assim como a redução da umidade da uva *in natura* provocou o aumento dos sólidos solúveis totais em todos os tratamentos de secagem, como o esperado para este tipo de processo, e, portanto, uma diminuição da atividade da água até 0,427.

Silva (2015), em seu estudo sobre os a combinação do processo osmoconvectivos, assistidos por ultrassom para a desidratação da mangaba (*Hancornia speciosa*), realizou a secagem convectiva em um secador de bandejas com circulação forçada de ar a 60 °C, e com o produto da desidratação osmótica 64 °Brix/60rpm, 60 °Brix/20W e 50 °Brix/sem agitação, foi realizada a secagem convectiva; o tempo de desidratação osmótica foi de 510 minutos, a temperatura de 30 °C. Com isso, ao final do pré-tratamento osmótico foi possível observar um pequeno ganho de sólidos com valor médio de 22,87% ± 14 e 20,85% ± 7,7 e, perda de água em torno de 7,49% ± 3,7 e 5,7% ± 3,7 para os pré-tratamentos com agitação mecânica e potência ultrassônica, respectivamente. O uso do pré-tratamento osmótico se mostrou eficiente na redução da umidade e tempo de secagem da mangaba (*Hancornia speciosa*), quando comparado com as mangabas *in natura* “de vez” e madura sem o pré-tratamento osmótico. O coeficiente de difusão, realizado para modelagem da Cinética

da Secagem Convectiva, se mostrou maior para os pré-tratamentos osmóticos 64 °Brix/60rpm e 60 °Brix/20W, ou seja, a difusão foi mais rápida nos pré-tratamento com maiores teores de sólidos solúveis quando combinado a um método de agitação, variando de $1,59 \times 10^{-9}$ a $5,15 \times 10^{-10}$ m²/s, respectivamente. Esses resultados eram esperados já que quanto maior o coeficiente de difusão maior a taxa de secagem.

Couto (2015) em seu estudo sobre secagem convectiva com circulação forçada de ar em frutos típicos do cerrado, Pequi e Araticum; em temperaturas de 50, 60 e 70 °C; observou que as fatias desidratadas a 70 °C foram as mais aceitas no teste de análise sensorial de palatabilidade, devido ao fato de que as fatias apresentam mais crocância. Outra vantagem desse processo ser realizado nessa temperatura, é o seu menor custo de produção, já que é necessário um menor tempo para desidratar as fatias dos frutos, e com isso, o consumo de energia elétrica é menor.

3.6 Alimentos osmoconvectivos

Segundo Akharume (2019) a desidratação osmoconvectiva combina os benefícios da desidratação osmótica e da secagem convectiva. Esta tecnologia utiliza a desidratação osmótica como uma etapa de pré-tratamento antes da secagem por convecção, para reduzir o teor de água do alimento.

A importância dessa metodologia se dá ao fato de que a desidratação osmótico-convectiva no processamento de frutas é seu uso como uma tecnologia de barreira para reduzir a carga bacteriana e garantir a segurança do produto final, ou seja, as frutas secas são consideradas seguras contra riscos microbianos devido aos baixos níveis de atividade de água. Corroborando às vantagens supra citadas temos as reduções dos custos graças à diminuição do tempo de processo de secagem, onde a economia chegar em torno de 75% do consumo de energia, além disso, tem-se a utilização de materiais de baixo custo. Somando-se a esses fatores temos o seu alto valor agregado que, quando comparados com as frutas in natura, apresenta vantagens como o aproveitamento integral do produto, a diminuição das perdas... e o aumento da vida útil do produto, disponibilizando-o durante todos os períodos do ano com suas características físicas, sensoriais e nutricionais preservadas (CASSIMIRO, 2017).

Ampudia, (2017) detalha que a desidratação osmoconvectiva, somado com o branqueamento apresentou características química melhoradas, textural, colorimétrica

e sensorial em banana desidratada contra outros processos convencionais; principalmente devido às características em sua estrutura e inibição dos fatores de escurecimento.

O aumento do consumo de alimentos osmoconvectivos tem ganhado espaço, principalmente, entre esportistas e em dietas, além de serem úteis aditivos em bolos, chocolates, pães, dentre outros (ARAUJO, 2019). Segundo Cassimiro (2017) a junção da desidratação osmótica junto a secagem convectiva confere ao alimento a diminuição dos malefícios causados pela aplicação do calor, de modo que as características físicas como a cor e a textura, assim como o sabor são mantidos, e o escurecimento enzimático é diminuído. Ou seja, a melhoria da qualidade dos produtos osmoconvectivos tanto está relacionada com a diminuição da quantidade de água livre do alimento, quanto em aumentar a resistência a deterioração.

Medeiros et al. (2013), realizaram a obtenção de banana em passa, utilizando o processo osmoconvectivo, concentrações (40, 50 e 60 °Brix), por três horas a uma temperatura de 65 °C; em seguida foram secas por secagem convectiva a 65 °C. Desse modo, obteve como resultado a diminuição, em média de 20-55% do teor de água das fatias de banana. Além disso, ao distribuir amostras para a pesquisa de aceitabilidade do produto, obteve-se elevada aceitação pelos provadores das amostras, com média final de 92%. Sendo a metodologia considerada uma ótima alternativa para a conservação de bananas.

No estudo realizado por Castro (2013), sobre a secagem osmoconvectiva de maçã, verificou-se uma diminuição na taxa de secagem, com o aumento da concentração de sacarose de 35% para 55%. O pré-tratamento osmótico mostrou ser eficaz na redução do encolhimento, uma vez que a amostra imersa em 55% de sacarose foi a que obteve menor encolhimento (53,96%).

Goméz (2017) avaliou o desempenho de manga durante o processo osmoconvectivo, onde a solução de sacarose teve 33 °Brix a temperatura de 25 °C e o tempo médio de imersão foi de 23:89 horas. A secagem convectiva foi feita em um tempo médio de 15,20 horas a uma temperatura de 50 °C, não especificando a velocidade de secagem do ar. Com isso, obteve que a atividade de água diminuiu 39%, devido ao uso de açúcar e evaporação da água em contraste com a secagem por convecção (52%). A manga desidratada por osmoconvecção foi a melhor avaliada sensorialmente devido ao seu sabor e textura. Com isso, foi possível concluir que o

processo de secagem precedido de desidratação osmótica, mostrou-se uma técnica viável para o aproveitamento e agregação de valor ao fruto.

4 METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido no Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA), pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba.

4.1 Preparo da matéria-prima

Os frutos de abacate foram adquiridos no comércio local da cidade de Campina Grande e selecionados de acordo com a coloração da casca, deteriorações visíveis e estado de maturação firme com ° Brix variando entre 7-10.

Os frutos foram submetidos a pré-lavagem com água corrente visando remover sujeiras e outros materiais estranhos. A carga microbiana foi reduzida imergindo-se os frutos em solução hipoclorito de sódio a 100 ppm e logo após enxaguados para retirar o excesso da solução. Os frutos de abacate previamente selecionados, lavados e sanitizados, foram cortados em fatias com auxílio de uma faca de aço inoxidável com dimensões de 30x30x35 cm. As fatias foram colocadas em sacos plásticos divididas em duas porções: uma para realização da caracterização física, química e físico-química descrito no item 4.5.1 e a outra para posterior branqueamento térmico.

4.2 Branqueamento

As fatias de abacate foram imersas em dois métodos de branqueamento para comprovação da eficiência de processo, a vapor por 4 minutos (tempo requerido para inativação da enzima peroxidase, presente no abacate) e imediatamente resfriadas em água corrente e dispostas sobre papel absorvente para retirada do excesso da umidade.

4.3 Teste da peroxidase

O tempo do branqueamento térmico para a inativação enzimática em fatias de abacate foi determinado pelo teste da peroxidase (PREGNOLATTO; PREGNOLATTO, 2008). Como essa enzima é termorresistente o tratamento térmico serve de controle para sua inativação.

O teste realizado nas fatias de abacate branqueadas termicamente, adicionou-se 3 gotas da solução de guaiacol 0,5% (solução de 0,5 ml de guaiacol em 95 ml de álcool etílico puro) juntamente com 3 gotas de peróxido de hidrogênio (H₂O₂). Para garantir a efetividade do tratamento térmico, as fatias branqueadas foram cortadas ao meio, e o teste foi realizado na área de corte, uma vez que a região central das amostras será o local que recebe menor aquecimento.

4.4 Secagem convectiva

A solução desidratante de sacarose utilizada no processo osmótico foi preparada com água destilada e sacarose comercial a 60° Brix na temperatura de 25 °C, condições ideais para o pré-tratamento.

Na secagem convectiva das fatias de abacate na condição otimizada o equipamento utilizado foi estufa com circulação de ar. As temperaturas de secagens serão 50, 60 e 70 °C.

As fatias de abacate foram dispostas aleatoriamente sobre bandejas de aço inox, pesadas e levadas à estufa. As bandejas foram retiradas e pesadas em intervalos de tempo pré-estabelecidos (0, 10, 20, 40 e 60 minutos e, posteriormente a cada 30 minutos) durante o tempo a definir por testes preliminares até atingir o teor de água abaixo de 12%b.u.

4.4.1 Modelo de difusão sem encolhimento

Através das estimativas não-lineares (Simplex) e usando o programa Statistica, os ajustes do modelo às curvas experimentais e o cálculo da difusividade efetiva, foram realizados com base na Segunda Lei de Fick para uma placa plana infinita, como mostrado na Equação (1), considerando-se os

$$\frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n + 1} \exp \left[\frac{(-2n + 1)^2 \pi^2 D_{ef} * t}{4L^2} \right] \quad (1)$$

onde:

X - teor de água, g.

Xe – teor de água de equilíbrio, g.

Xo – teor de água inicial, g.

Def – difusividade efetiva, m²/s.

t – tempo, h.

L – espessura da fatia, m.

4.5 Caracterização físico-química

As amostras de passa de abacate foram caracterizadas aos seguintes parâmetros físico-químicos quanto ao: pH, acidez total titulável, teor de água/sólidos totais, cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos, valor calórico, açúcares redutores e açúcares totais, seguindo-se as metodologias expostas nos itens 4.5.1.1 a 4.5.14, em que os procedimentos serão realizados em triplicata.

4.5.1 pH

A determinação do pH foi realizada por meio do método potenciométrico, calibrando-se o potenciômetro com soluções tampão (pH 4,0 e 7,0), a 20 °C, imergindo-se, em seguida, o eletrodo em béquer contendo a amostra e lendo o valor indicado no visor do aparelho, com os resultados expressos em unidades de pH.

4.5.2 Acidez total titulável

Nesta determinação, utilizou-se o método acidimétrico do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008), através de solução padronizada de NaOH 0,1 M.

4.5.3 Teor de água/Sólidos totais

Os resultados referentes aos teores de água e sólidos totais foram determinados de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

4.5.4 Cinzas

O teor de cinzas foi determinado em conformidade com o método oficial do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008) e os resultados expressos em porcentagem (p/p).

4.5.5 Proteínas

O teor de proteína foi calculado através da determinação do teor de nitrogênio pelo método micro-Kjedahl (AOAC, 1997), usando o fator 6,25 para conversão em proteínas totais.

4.5.6 Lipídeos

O teor de lipídeos foi determinado por extração contínua com hexano em aparelho Soxhlet, segundo metodologia da AOAC (1997).

4.5.7 Carboidratos

Os carboidratos foram determinados pelo cálculo da diferença entre 100 gramas do alimento e a soma total dos valores encontrados para teor de água, proteínas, lipídios, cinzas.

4.5.8 Valor calórico

O valor calórico foi calculado pela soma das porcentagens de proteína e carboidratos, multiplicados pelo fator 4 (kcal g⁻¹), somado ao teor de lipídios totais, multiplicado pelo fator 9 (kcal g⁻¹) (HOLLANDA, 1994).

4.5.9 Açúcares redutores e açúcares totais.

A concentração de açúcares redutores será determinada seguindo a metodologia descrita por MILLER (1959), com algumas adaptações, a qual se baseia na redução do ácido 3,5 dinitrosalicílico a 3-amino-5-nitrosalicílico (DNS), simultaneamente com a oxidação do grupo aldeído do açúcar a grupo carboxílico.

4.6 Análise dos Dados

Com vista à análise estatística dos dados obtidos experimentalmente ao longo do armazenamento, será utilizado o programa computacional ASSISTAT versão 7.5 Beta (SILVA e AZEVEDO, 2016) e o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 x 7), com 1 embalagem (laminados), 7 tempos de armazenamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias) e 3 repetições. Para comparação entre médias será utilizado o teste de Tukey.

4.7 Compostos Bioativos

Os compostos bioativos foram analisados nas fatias de abacate in natura, desidratadas osmoticamente e nas osmoconvectivas. Foram determinados os compostos fenólicos totais, as antocianinas, os carotenoides, os taninos totais e os flavonoides.

4.7.1 Compostos fenólicos totais

Para a determinação dos compostos fenólicos totais foi utilizado o método colorimétrico de Folin Ciocalteu - Watherhouse (2006) com adaptações. Pesou-se 0,5 g do abacate osmoconvectivo e o transferiu para balão volumétrico de 50 mL, previamente revestido com papel alumínio, ao qual foi adicionado água destilada. A escolha pelo uso de água destilada para realização das extrações foi feita por se tratar de um solvente mais simples e com menor custo. Em seguida homogeneizou-se, ficando em repouso por 30 minutos sob o abrigo da luz. O extrato aquoso foi filtrado utilizando papel Whatman n1 quantitativo. Em um tubo de ensaio com tampa previamente revestido com papel alumínio foi adicionada uma alíquota de 75 µL do filtrado, 2050 µL de água destilada e 125 µL do Reagente Folin Ciocalteu (RFC) 2N, em seguida agitado em agitador de tubos vortex por 30 segundos e deixado em repouso por 5 minutos ao abrigo da luz. Após esse tempo, foi adicionado 250 µL de carbonato de sódio (20%), agitado em vortex e os tubos foram colocados em banho-maria a temperatura de 40 °C, por 30 minutos, posteriormente, realizando a leitura no espectrofotômetro UV-1800 com duplo feixe da marca SHIMADUZ a 765 nm. A prova em branco foi feita com água destilada, reagente de Folin-Ciocalteu e solução a 20% de Carbonato de Sódio. O ajuste para curva de calibração com padrão Ácido Gálico foi feita a partir de soluções com concentrações que variaram de 45 a 225 µg.mL⁻¹.

Os valores de compostos fenólicos totais estão expressos em mg de equivalente ácido gálico por 100 g de fruta desidratada (mg AGE.100 g⁻¹).

4.7.2 Carotenoides

Os carotenoides totais foram determinados por espectrofotometria de acordo com metodologia descrita por Lichtenthaler (1987), a qual se fundamenta na extração com acetona. Os resultados foram expressos em mg/100g.

4.7.3 Taninos totais

Os taninos totais foram determinados segundo metodologia descrita por (LIN; TAN, 2007; MAISONT; NARKRUGSA, 2010), onde foi utilizado o mesmo extrato para a determinação de taninos e dos compostos fenólicos. Para obtenção da curva analítica foi utilizada uma solução padrão de ácido tânico. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 765 nm. Sua concentração foi expressa em mg de equivalentes de ácido tânico.

4.7.4 Antocianinas e Flavonoides

As antocianinas e os flavonoides foram quantificados por espectrofotometria de acordo com a metodologia descrita por Francis (1982). A extração foi realizada com solução de etanol-HCl 85:15 (v/v), de modo a se preparar o extrato a partir da maceração de 1 grama de amostra com 10 mL da solução. Em seguida, o extrato foi deixado a 5 °C em refrigeração por 24 h, protegido da luz. Após esse período, o extrato foi filtrado em algodão e o volume foi completado para 10 mL. A absorbância das antocianinas foi lida em 535 nm, e a dos flavonoides em 374 nm.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização Físico-Química e Compostos Bioativos do Abacate *In Natura*, Osmoticamente Desidratado e Osmoconvectivo.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos a partir da caracterização físico-química do abacate *in natura* e desidratado osmoticamente.

Tabela 1 – Caracterização físico-química do abacate *in natura* e desidratado osmoticamente (D. O.).

Parâmetros	<i>In natura</i>	D. O.
	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão
pH	6,92 a ± 0,064	7,01 a ± 0,67
Acidez Total Titulável (% ácido cítrico)	0,046 a ± 0,008	0,047 a ± 0,013
Sólidos Totais (%)	18,27 b ± 0,67	39,58 a ± 1,43
Teor de Água (%b. u.)	81,73 a ± 0,67	60,42 b ± 1,43
Cinzas (%)	0,41 b ± 0,01	0,46 a ± 0,04
Proteínas (%)	1,08 b ± 0,07	1,59 a ± 0,06
Lipídeos (%)	6,13 b ± 0,08	11,86 a ± 0,94
Carboidratos (%)	10,65 b ± 0,33	25,67 a ± 1,94
Valor Calórico (kcal)	105,51 b ± 1,65	219,14 a ± 0,43
Açúcares Redutores (%)	2,21 a ± 0,01	1,90 b ± 0,11
Açúcares Totais (%)	1,95 b ± 0,03	5,03 a ± 0,37

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

De acordo com a Tabela 1, o abacate *in natura* possui pH praticamente neutro (6,92), e as fatias osmoticamente desidratadas apresentaram pH neutro (7,01). Além disso, não possuem diferenças estatísticas. Araújo (2019), descreve que o pH é um dos fatores que influenciam no desenvolvimento de microrganismos, podendo deixar o meio ao qual se encontram propício ou não para seu desenvolvimento. Comparando os resultados do pH da polpa do fruto com os obtidos por Souza (2015), ao realizar a caracterização física, química e avaliação da toxicidade do caroço do abacate; o autor

o obteve valor do pH da polpa *in natura* de 6,80, resultado levemente inferior ao do presente projeto (6,92).

Já em relação a acidez total titulável, esta foi praticamente a mesma para ambos tipos de amostras, mesmo com fatias de diferentes frutos, sendo 0,046% para o fruto *in natura* e 0,047% para o desidratado osmoticamente. De tal modo, não possuíram diferenças estatísticas. Freiria (2017), descreve que a acidez total das frutas tende a diminuir com o amadurecimento em virtude do uso de ácidos orgânicos na respiração ou de sua conversão a açúcares, embora alguns ácidos específicos possam aumentar. Desse modo, a maturação dos frutos utilizados foi semelhante. Souza (2015), em seu estudo sobre a caracterização físico-química do abacate, obteve resultado para acidez total de 1,10%, sendo esta para o fruto *in natura*, a qual foi superior à do presente estudo.

Para os sólidos totais as amostras *in natura* possuem teor consideravelmente menor (18,27%), quando comparadas as desidratadas osmoticamente (39,58%). Isso ocorre, pois a quantidade de sólidos totais está ligada diretamente ao teor de água presente nas amostras, a qual foi de 81,73%b.u. para as fatias *in natura* e 60,42%b.u. para as amostras desidratadas; além disso, ambos os parâmetros possuíram diferenças estatísticas. Santiago (2008) descreve que o teor de água presente nos alimentos é de suma importância, visto que a sua elevada concentração favorece o crescimento de leveduras e bactérias, além disso, o que caracteriza os alimentos perecíveis ou alteráveis, é o elevado teor de água presente neles. Freitas (2015), ao realizar a caracterização do abacate Hass, determinou também o teor dos sólidos totais, obtendo valor de 27,00% para a fruta *in natura*, sendo superior ao do presente estudo.

Em relação as cinzas, os resultados obtidos foram 0,41% e 0,46% para as amostras *in natura* e desidratadas, respectivamente. Somado a isso, o parâmetro possui diferenças estatísticas para os dois tipos de amostras. Santiago (2008), descreve que as cinzas remetem à concentração de minerais presentes nos alimentos. Silva (2017), em seu estudo sobre a determinação de macro componentes na polpa *in natura* do abacate, obteve resultados para amostras de 0.8%, valor levemente superior ao deste estudo (0,41%).

As proteínas presentes nas amostras *in natura* e desidratadas osmoticamente correspondem a 1,08% e 1,59%, respectivamente. Além disso, estas possuíram diferenças estatísticas. O aumento do teor de proteínas ocorre pela diminuição do teor

de água presente nas amostras, implicando no aumento da concentração dos demais componentes. Freiria (2017), descreve que as proteínas são de extrema importância devido à sua contribuição para o valor nutricional e para as propriedades funcionais do organismo. Os resultados obtidos por Freitas (2015), em seu estudo sobre a elaboração e avaliação da estabilidade de polpa congelada de abacate (Persea Americana Mill), para as proteínas foi de 1,25% para o abacate *in natura*, resultado semelhante ao do presente estudo (1.08%).

A concentração de lipídeos foi maior para as amostras desidratadas (11,86%) do que para as amostras *in natura* (6,13%), diferindo-se estatisticamente. Os lipídeos são uma fração de extremo interesse no abacate dada a sua elevada concentração e possibilidade de extração desse óleo para diversas aplicabilidades. Lászlo, (2016), descreve que o óleo de abacate se assemelha muito com o óleo de oliva por sua similaridade nas propriedades físico-químicas, principalmente pela composição de seus ácidos graxos, predominando em ambos o ácido oleico. Além disso, são ricos em ácidos graxos ômega nove, os quais apresentam efeitos benéficos para a saúde do consumidor. Silva (2017), em seu estudo sobre a determinação de macro componentes na polpa *in natura* do abacate, obteve concentração de lipídeos de 5,26%, resultado inferior ao obtido no presente estudo (6,13%).

Em relação aos carboidratos o teor para as amostras *in natura* foi de 10,65% e para as amostras desidratadas foi de 25,67%, apresentando diferenças estatísticas. Santiago (2008), descreve que os carboidratos fazem parte do grupo de nutrientes básicos e sempre tiveram muita importância na alimentação. Apresentando uma elevação pela diminuição do teor de água e conseqüentemente o aumento da concentração das proteínas, dos lipídeos, cinzas, os quais por diferença, formam a composição de carboidratos presentes na fruta. Araújo (2019), em seu estudo sobre a desidratação osmótica em abacate, obteve resultado para os carboidratos das amostras *in natura* igual a 12,27%, resultado superior ao encontrado no presente estudo, o qual foi de 10,65%.

Nas amostras *in natura* o valor calórico foi de 105,51kcal, aumentando consideravelmente para as amostras desidratadas osmoticamente, 219,14kcal, apresentando diferenças estatísticas. O abacate, em comparação com outras frutas, tem elevado valor energético, devido a concentração de lipídeos, proteínas e carboidratos. Onde estes são constituintes principais dos organismos vivos e são fonte abundante de energia, os quais fazem parte do valor calórico do alimento. Esses

constituintes são classificados em mono, oligo e polissacarídeos, que permitem reações de oxido-redução, possibilitando a determinação dos açúcares redutores presentes nas amostras (EMBRPA, 2013). Desse modo, em relação aos açúcares redutores e o açúcares totais, tem-se: 2,21% e 1,90% para as amostras *in natura*, respectivamente, e 1,95% e 5,03% para as amostras desidratadas, respectivamente. Ambos apresentando diferenças estatísticas. Tal resultado para as amostras *in natura* é inferior aos obtidos por Faria (2012), em seu estudo sobre as propriedades físico-químicas de abacate submetidos a secagem convectiva e desidratação osmótica, o obteve 2,74 (g.100 g⁻¹) para os açúcares redutores e 2,73 (g.100 g⁻¹) para os açúcares totais.

A Tabela 2 apresenta os resultados para os compostos bioativos determinados nas amostras *in natura* e desidratadas osmoticamente.

Tabela 2: Compostos Bioativos do abacate *in natura* e desidratado osmoticamente.

Compostos bioativos	<i>In natura</i>	D. O.
	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão
Carotenoides Totais	0,5965 ± 0,06	0,4509 ± 0,00
Compostos Fenólicos	25,8461 ± 0,08	19,8594 ± 0,89
Totais		
Taninos Totais	41,9635 ± 0,08	19,8594 ± 0,89
Flavonoides Totais	8,2390 ± 0,62	6,4499 ± 0,21
Antocianinas Totais	7,1577 ± 0,08	3,9409 ± 0,08

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

De acordo com a Tabela 2, os compostos bioativos de maior concentração nas fatias de abacate *in natura* são os Taninos totais, seguida dos compostos fenólicos. Em relação as fatias desidratadas osmoticamente, a maior concentração se deu para os Taninos totais e os Compostos Fenólicos, os quais apresentaram a mesma concentração 19,8594.

Os Carotenoides Totais aparecem em maior quantidade nas fatias *in natura* (0,5965) do que nas fatias desidratadas osmoticamente (0,4509), essa redução ocorre pelo processo de desidratação osmótica aplicado nas fatias. Vinha et al. (2020), ao estudarem os nutrientes, Compostos Fitoquímicos e Propriedades funcionais do abacate, obtiveram resultados para os carotenoides igual a 0,815 para a polpa da fruta

in natura, valor superior ao obtidos no presente estudo, tanto *in natura* quanto desidratado osmoticamente.

Os compostos fenólicos presentes na fruta *in natura* (25,8461) foram maiores que os desidratados osmoticamente (19,8594), essa redução se justifica pelo processo de desidratação osmótica aplicado nas fatias *in natura*. Diauto et al (2014), ao estudarem a composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos do abacate 'Hass', obtiveram resultados para compostos fenólicos totais presentes na polpa do abacate *in natura* igual a 3,3, teor muito inferior ao obtido no presente estudo o qual foi de 25,8461.

Os Taninos presentes nas amostras *in natura* (41,9635) foi superior quando comparado ao obtido para as amostras desidratadas osmoticamente 19,86% Assunção (2016), ao estudar a valorização da casca de abacate, analisou compostos bioativos em 3 extratos de cascas diferentes, obtendo resultado para o teor de taninos 14,60 para o extrato 1, 22,18 para o extrato 2 e 38,48 para o extrato 3. Sendo estes resultados inferiores ao encontrado no presente estudo para a polpa do abacate *in natura* (41,9635).

Os Flavonoides se apresentaram em maior quantidade nas amostras *in natura* (8,24%) quando comparadas as amostras desidratadas osmoticamente 6,45% (6,4499). Tais resultados diferem-se dos encontrados por Rotta et al (2015), em seu estudo sobre a composição funcional da casca de abacate, o qual analisou os flavonoides presentes nesta, obtendo como resultado para a casca *in natura* (1.360,34 ± 188,65 mg EQ kg⁻¹).

As Antocianinas obtidas no presente estudo apresentaram maior teor para as amostras *in natura* (7,1577) que para as amostras desidratadas osmoticamente (3,9409). Souza (2018), em seu estudo sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante em frutas nativas do Brasil, analisou que o teor de antocianinas para frutas *in natura* foram: 5,9% para a Guabiroba, 3,9% para o Araçá amarelo e 2,9% para o Butiá. O teor obtido para o abacate no presente estudo, para a fruta *in natura* foi maior que estas frutas analisadas (7,1577).

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para a caracterização físico-química do abacate osmoconvectivo nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. De modo a apresentar a média, o desvio padrão e a análises estatística.

Tabela 3: Caracterização físico-química do abacate osmoconvectivo nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Parâmetros	50 °C	60 °C	70 °C
	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão
pH	6,13 a ± 0,50	5,85 b ± 0,17	5,64 c ± 0,15
Acidez Total Titulável (% ácido cítrico)	0,21 b ± 0,008	0,23 b ± 0,004	0,29 a ± 0,006
Sólidos Totais (%)	87,00 c ± 0,03	87,80 b ± 0,08	90,00 a ± 0,21
Teor de Água (%b. u.)	13,00 a ± 0,03	12,20 b ± 0,08	10,00 c ± 0,21
Cinzas (%)	1,46 a ± 0,02	1,47 a ± 0,02	1,44 a ± 0,05
Proteínas (%)	2,86 a ± 0,15	2,43 b ± 0,02	2,43 b ± 0,03
Lipídeos (%)	41,91 ab ± 0,87	42,21 a ± 0,40	40,37 b ± 0,02
Carboidratos (%)	47,72 b ± 1,03	48,71 b ± 0,51	53,09 a ± 0,59
Valor Calórico (kcal)	579,45 a ± 4,29	584,22 a ± 1,91	586,15 a ± 0,77
Açúcares Redutores (%)	3,99 a ± 0,02	3,75 a ± 0,62	3,52 a ± 0,048
Açúcares Totais (%)	15,36 b ± 0,00	14,42 a ± 1,08	14,16 a ± 0,44

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O pH das fatias osmoconvectivas diminuiu com o aumento das temperaturas da secagem convectiva, sendo 6,1267, 5,8533 e 5,6433 para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente. Isso pois com a aplicação da temperatura, tem-se uma formação maior de moléculas de hidrogênio provenientes da água, aumentando, assim, o pH das amostras. Os três tratamentos divergiram estatisticamente. Resultados inferiores a este foram obtidos por Barros (2020), em seu estudo sobre a desidratação osmótica e secagem convectiva de kiwi, nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, o qual obteve em média, para as três temperaturas, pH igual a 3,40, 3,33 e 3,29, respectivamente. Ou seja, houve um decréscimo do pH com o aumento da temperatura. O mesmo pode ser observado no presente estudo.

A acidez total titulável apresentou resultados semelhantes para as temperaturas de 50 e 60 °C, 0,21% e 0,23%, respectivamente, enquanto elevou-se para 0,29% na temperatura de 70 °C. Como o pH das amostras diminuiu com o aumento da temperatura, implicou-se no aumento da acidez das amostras, uma vez que o ambiente se tornou mais ácido pelo aumento da concentração de íons

hidrogênio. Estatisticamente, as temperaturas de 50 e 60 °C são iguais, porém se diferem da temperatura de 70 °C. Resultados superiores foram encontrados por Santos et al. (2013), em seu estudo físico-químico da secagem de maçã a 65 °C, o qual obteve como resultado para a acidez total titulável da fruta 1,68%.

Os sólidos totais foram semelhantes para as temperaturas de 50 °C (87,00%) e 60 °C (87,80%), e para a temperatura de 70 °C (90,00%). Com o aumento da temperatura, tem-se a diminuição do teor de água das amostras, implicando no aumento do teor de sólidos totais, uma vez que estes são convergentes ao teor de água. Estatisticamente as três temperaturas foram diferentes. Meneses et al. (2018), em seu estudo sobre os subprodutos da manga, goiaba e maçã desidratados por secagem convectiva na temperatura de 55 °C, obteve teores de sólidos para as respectivas frutas de 86,58%, 93,91%, 88,69%. Esses teores foram relativamente próximos aos encontrados no presente estudo para as três temperaturas.

O Teor de água das fatias diminuiu com o aumento da temperatura, sendo 13,00%b.u. para 50 °C, 12,20%b.u. para 60 °C e 10,00%b.u. para 70 °C. Diferindo entre si estatisticamente. Ribeiro et al. (2019), em seu estudo sobre o Noni, determinou a caracterização físico-química da fruta desidratada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Como resultado para o teor de água, obteve 12,25%, 10,42% e 9,17% para as três temperaturas respectivamente. Resultados estes semelhantes ao do presente estudo. A mesma autora determinou o teor de cinzas, obtendo 3,30% para 50 °C, 3,43% para 60 °C e 3,52% para 70 °C. Estes resultados foram superiores aos encontrados no presente estudo, os quais, para as temperaturas de 50 e 60 °C, foram 1,46% e 1,47%, respectivamente. Já para a temperatura 70 °C o teor foi levemente inferior 1,44%. Sem diferenças estatísticas.

A temperatura de 50 °C apresentou maior teor de proteínas (2,86%), as temperaturas de 60 e 70 °C apresentaram valores iguais 2,43%, o que demonstra que ocorreu a desnaturação proteica com o aumento da temperatura. Estatisticamente, as temperaturas de 60 e 70 °C foram iguais porém divergiram da temperatura de 50 °C. Resultados inferiores foram obtidos por Silva (2022), em seu estudo sobre a polpa de caju, realizou a desidratação osmótica e a secagem convectiva da fruta, em diferentes temperaturas de secagem e concentrações da solução desidratante. E obteve resultado igual a 1,54% para as proteínas, na temperatura de 60 °C e concentração de 60° Brix.

A concentração de lipídeos na temperatura de 60 °C foi maior (41,91%), seguido pela temperatura de 50 °C (42,21%) e 70 °C (40,37%). A temperatura de 50 °C é estatisticamente semelhante a temperatura de 60 e 70 °C, porém estas se diferem estatisticamente. Ribeiro et al. (2019), em seu estudo sobre o Noni, determinou a caracterização físico-química da fruta desidratada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, obteve 7,14%, 7,30% e 7,46% de teores de lipídeos respectivamente para as temperaturas citadas. Observa-se o aumento da concentração do composto com o aumento da temperatura de secagem. Fato esse que se difere dos resultados obtidos no presente estudo.

O teor de carboidratos foi semelhante para as temperaturas de 50 °C (47,72%) e 60 °C (48,71%), as quais não divergiram estatisticamente; e foram inferiores a temperatura de 70 °C que obteve teor de 53,09%, diferenciando estatisticamente das demais temperaturas. Com a elevação da temperatura tem-se o aumento na concentração carboidratos de pois, como este é obtido a partir de cálculo que relaciona o teor de lipídeos, proteínas, teor de água e cinzas, estes contribuem diretamente para tal elevação. Meneses et al. (2018), em seu estudo sobre os subprodutos da manga, goiaba e maçã desidratados por secagem convectiva na temperatura de 55 °C, obteve para o teor de carboidratos 74,98%, 73,73% e 66,17%, para as respectivas frutas. Estes resultados são superiores aos encontrados no presente estudo para as três temperaturas de secagem.

O valor calórico foi crescente conforme o aumento da temperatura: 579,45kcal, 584,22kcal e 586,15kcal, para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente. Considerando a diminuição do teor de água das fatias, espera-se que esta concentre o teor de proteínas, lipídeos e carboidratos, os quais são utilizados no cálculo para a determinação das calorias, implicando no seu aumento com a elevação da temperatura. Mesmo com a elevação do valor calórico os três tratamentos foram iguais estatisticamente.

Os açúcares redutores reduziram com o aumento da temperatura: 3,99%, 3,75% e 3,52%, para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente sem variação estatística. Já os açúcares totais têm teores mais elevados quando comparados aos açúcares redutores, 15,36%, 14,42% e 14,16%, para 50, 60 e 70 °C, respectivamente, diminuindo também com o aumento da temperatura. Neste caso, as temperaturas de 60 e 70 °C foram estatisticamente iguais, porém diferiram da temperatura de 50 °C. Dada a sua sensibilidade a elevação do calor, os açúcares

tendem a diminuir com o aumento da temperatura. Tal fato foi observado também por Silva (2015), em seu estudo sobre a secagem convectiva em polpas combinadas de Noni e umbu nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, obteve como resultado, para a formulação com maior concentração de Noni, em relação aos açúcares redutores 21,23%, 18,99%, 16,19% e 15,60%; e para os açúcares totais 67,70%, 61,55%, 56,50% e 54,33%, para 40, 50, 60 e 70°C, respectivamente. A autora observou o aumento dos açúcares redutores para os açúcares totais, assim como o decréscimo dos teores de açúcares com o aumento da temperatura de secagem. Esse mesmo fato pode ser observado nas amostras dos abacates osmoconvectivos.

A Tabela 4 apresenta os Compostos Bioativos do abacate osmoconvectivo nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Tabela 4: Compostos Bioativos do abacate osmoconvectivo nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Compostos Bioativos	50 °C	60 °C	70°C
	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão
Carotenoides Totais	0,5248 ± 0,00	0,7126 ± 0,00	0,8978 ± 0,00
Compostos Fenólicos Totais	13,0176 ± 0,55	14,9984 ± 1,09	48,5064 ± 1,08
Taninos Totais	38,3288 ± 2,22	68,5304 ± 6,00	47,2597 ± 2,70
Flavonoides Totais	2,9752 ± 0,62	2,6341 ± 0,09	3,1480 ± 0,07
Antocianinas Totais	1,8220 ± 0,03	1,6661 ± 0,03	1,8537 ± 0,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

De acordo com a tabela 4 os Taninos totais apresentaram maior concentração para a temperatura de 50 °C (38,3288), assim como para a temperatura de 60 °C (68,5304). Já para a temperatura de 70 °C os compostos que apresentaram teor mais elevado foram os Compostos Fenólicos totais com 48,5064.

O teor de carotenoides aumentou conforme o aumento da temperatura, sendo 0,5248, 0,7126, 0,8978, para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente. já em relação ao teor de Taninos, este foi maior na temperatura de 60 °C (68,5304), seguido por 70 °C (47,2597) e por 50 °C (38,3288). E as antocianinas foram mais concentradas na temperatura de 70 °C (1,8537), 50 °C (1,8220) e 60 °C (1,6661).

O teor de Compostos fenólicos obtidos no presente estudo aumentou conforme o aumento da temperatura da secagem convectiva, sendo 13,0176 para 50 °C, 14,9984 para 60 °C e 48,5064 para 70 °C. Tremocoldi et al (2014), estudaram o efeito da hidrotermia em abacate ‘Hass’ sobre a capacidade antioxidante, compostos fenólicos e coloração. Os autores submetem os frutos ao tratamento hidrotérmico a 45 °C durante 5, 10, 15 e 20 minutos. Após o tratamento, os frutos foram armazenados em temperatura ambiente ($21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de umidade relativa) e sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de umidade relativa). A análise dos frutos quanto aos compostos fenólicos totais nos 3, 9 e 12 dias resultaram como média para o dia 3 de armazenamento ambiente (38.2), para o dia 9 (53.6) e para o dia 12 (54.8). Com isso, fica claro que o teor de compostos fenólicos aumentou conforme os dias de armazenamentos.

O teor de flavonoides foi maior na temperatura de 70 °C (3,1480), seguido pela temperatura de 50 °C (2,9752) e 60 °C (2,6341). Resultados distintos dos obtidos por Cunha et al (2014), ao estudar a secagem da casca do abacate e avaliar o comportamento do teor de compostos bioativos, observou que os flavonoides, na casca do abacate *in natura* e após secagem sob luz de infravermelho, as temperaturas utilizadas foram 70, 80, e 90 °C. Observa-se o aumento da degradação com o aumento da temperatura de secagem, pois na amostra *in natura* o teor de flavonoides foi de $3951,49 \pm 438,23$ μg de rutina 100 g⁻¹ de amostra, enquanto que a 70 °C foi de $2920,95 \pm 252,46$ μg de rutina 100 g⁻¹ de amostra e $2158,09 \pm 130,95$ e $1502,39 \pm 149,60$ μg de rutina 100 g⁻¹ de amostra para as temperaturas de 80 e 90 °C, respectivamente.

5.2 Estudo do Branqueamento

A Figura 4 representa as fatias de abacate branqueadas por exposição a vapor de água durante 4 minutos. Foram utilizados os dados desta metodologia de branqueamento, pois, segundo Melo (2015), o branqueamento a vapor tem resultados mais eficientes, quando comparado ao branqueamento por imersão no que diz respeito a preservação de nutrientes, pois a utilização de água quente faz com que os compostos solúveis fiquem retidos na água e, conseqüentemente, as perdas de nutrientes do alimento são mais elevadas.

Figura 4: Branqueamento por exposição a vapor de água por 4 minutos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

A Figura 4 mostra uma fatia que foi utilizada para confirmação da efetividade da metodologia de branqueamento, pela adição de solução de Guaiacol 98% com Peróxido de Hidrogênio PA 35%. Observa-se que não aconteceu alteração alguma com a solução, além do não escurecimento da fatia, implicando na efetividade do branqueamento nas fatias de abacate pela inativação enzimática. Além disso, a metodologia foi eficiente na preservação dos atributos sensoriais cor e sabor, como também, a qualidade nutricional.

Salvador-Reyes e Paucar-Menacho (2019), em seu estudo sobre a otimização do tempo e da temperatura de branqueamento na elaboração de polpa de abacate Hass, utilizaram tempos de 0; 1,5; 5; 8,5; 10 min, e temperaturas de 65, 68, 75, 82, 85 °C, para o estudo do branqueamento. Como resultado, foi avaliado que a temperatura de 75 °C por 5 minutos apresentou melhores pontuações para as variáveis independentes: cor, sabor, odor e textura, além de apresentar boa estabilidade físico-química com aumento da vida útil em 37 dias. Os autores observaram que esse binômio tempo e temperatura foi eficiente contra o escurecimento enzimático, colaborou para retenção da cor da polpa do abacate e o aumento do seu brilho e contribuiu para a estabilidade do alimento, estendendo o seu tempo de vida útil. O que se assemelha aos resultados obtidos no presente projeto ao utilizar o tempo de 4 minutos.

Silva et al (2020) estudou a influência de três métodos de controle de escurecimento enzimático (branqueamento, ácido ascórbico e sulfato de sódio) nas propriedades organolépticas da maçã, banana e abacate conservados em temperatura

ambiente, refrigeração e congelamento. Observaram que o branqueamento teve êxito nos três tempos estabelecidos de tratamento para a maçã, evitando assim, o escurecimento enzimático após as quatro horas em temperatura ambiente e congelamento, inibindo a ação enzimática. Em relação a banana, o tratamento não obteve êxito, com seu pH em torno de 5 a 7, foi propício para a ação das enzimas. O abacate não obteve resultados considerados satisfatório em nenhum dos três tratamentos (branqueamento, ácido ascórbico e sulfato de sódio) aplicados. O que se explica pelo fato o abacate ter uma faixa de pH ótima para ação das enzimas impossibilitando a eficiência dos tratamentos. Resultado que se difere do presente estudo, visto que o branqueamento foi satisfatório para inibição das enzimas tanto por imersão em água quanto por exposição ao vapor.

Melo (2015), em seu estudo sobre inativação enzimática em frutas, aplicou as metodologias de branqueamento: a vapor e por imersão em água, e adição de substâncias químicas; em banana, maçã, pera e caju; nos tempos de 1, 2 e 3 minutos. Para a maçã e o caju, o branqueamento que apresentou melhor resultado foi o método a vapor, no tempo de 2 minutos. Já para a banana e a pera o método mais eficiente foi por imersão nos tempos de 1 e 3 minutos, respectivamente. A adição de substâncias químicas mais eficiente para a preservação da cor foi o metabissulfito de potássio, na concentração de 0,03%, para maçã no tempo de 2 minutos, para a pera em 1 minuto. Já para a banana foi por imersão em ácido cítrico a 1,0% no tempo de 3 minutos e caju em bissulfito de sódio a 0,03% no tempo de 3 minutos.

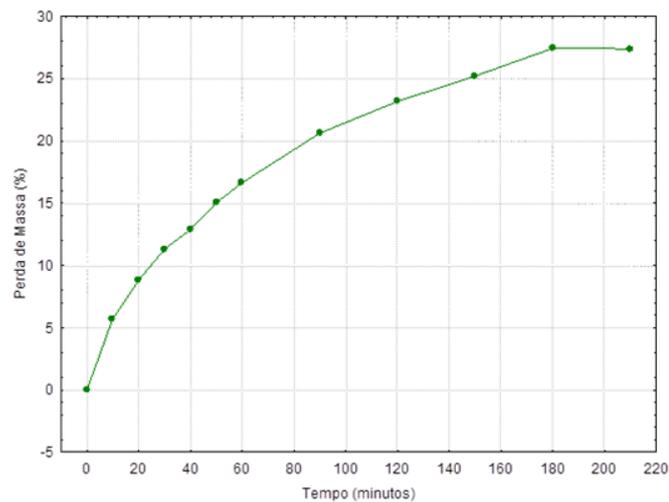
5.3 Estudo da Desidratação Osmótica

A avaliação da desidratação osmótica, realizada nas fatias de abacate, foi feita pela análise da perda de massa (PM), perda de água (PA) e ganho de sólidos (GS), como mostram as Figuras 5, 6 e 7, a seguir.

Egea e Lobato (2014), descrevem que a desidratação osmótica é um processo eficiente para a redução da massa do alimento, assim como para a preservação das características sensoriais, pois é capaz de agregar valor ao produto perecível, pelo aumento da sua vida de prateleira, assim como por manter a concentração de pigmentos, ajudando a manter a cor do alimento, e por permitir textura agradável ao mesmo.

A Figura 5 apresenta a perda de massa das fatias de abacate durante 210 minutos, tempo ao qual se obteve o equilíbrio na variação das massas das fatias. Percebe-se que a diminuição da massa das fatias foi maior nos primeiros 60 minutos, perdendo cerca de 17% de massa, uma vez que a concentração de água era mais elevada a partir do tempo 180 o sistema entrou em equilíbrio, ou seja, não foi possível realizar a permuta de água livre disponível no alimento para a solução de sacarose. De modo geral, a desidratação osmótica foi eficiente na redução de 27,49% da massa das fatias de abacate.

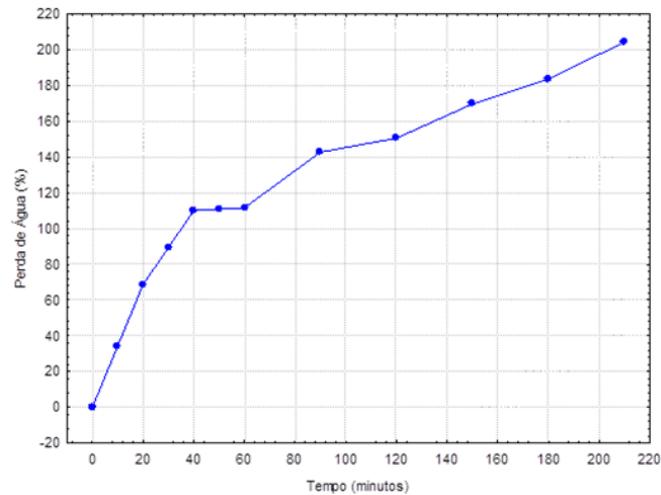
Figura 5: Gráfico demonstrativo da Perda de Massa (PM) das fatias de Abacate osmodesidratadas.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

A Figura 6, a seguir, apresenta o gráfico da perda de água das fatias em relação ao tempo. Observa-se que nos primeiros 40 minutos as fatias perderam uma quantidade maior de água, entretanto do tempo de 40 minutos para 60 minutos a diminuição foi ínfima. Isso se justifica, pois para realizar a desidratação osmótica das fatias foram utilizadas amostras heterogêneas, de diferentes abacates. O que influencia no teor de água das amostras. A partir de 60 minutos tem-se o aumento da perda de água até que o equilíbrio da variação no tempo de 210 minutos.

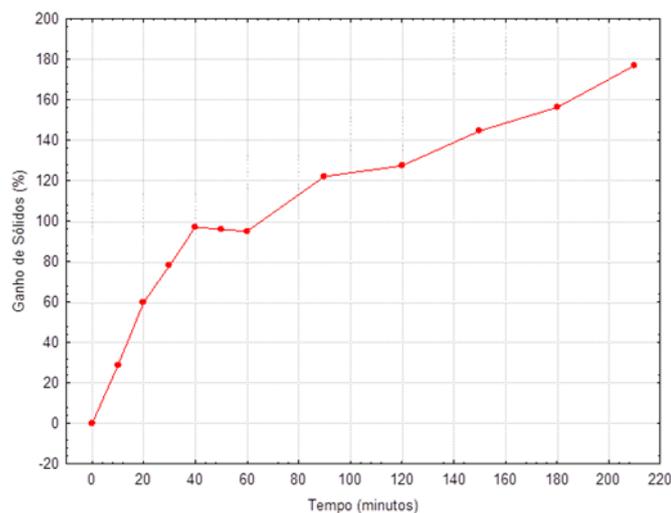
Figura 6: Gráfico demonstrativo da Perda de Água (PA) das fatias de Abacate desidratadas osmoticamente.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O ganho de sólidos, apresentado pela Figura 7, relaciona da perda de água das fatias com a perda de massa. Percebe-se que o ganho de sólidos foi maior nos primeiros 40 minutos, pela permuta entre a água livre disponível no alimento e a solução de sacarose. Com o passar do tempo a permuta diminui e com isso o ganho de sólidos vai diminuindo até que se obtenha o equilíbrio na perda de água e de massa do alimento.

Figura 7: Gráfico demonstrativo do Ganho de Sólidos (GS) das fatias de abacate osmodesidratadas.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Araújo (2019), em seu estudo sobre o efeito da desidratação osmótica em fatias de abacate, utilizou as concentrações de 40, 50 e 60° Brix para as soluções de sacarose e temperaturas de 25, 35 e 45 °C; para avaliar a eficiência do processo utilizou os parâmetros de perda de água, perda de massa e ganho de sólidos sobre as fatias do abacate. Como resultado, constatou que a melhor condição de processo se deu na menor concentração de sacarose (40° Brix) e a maior temperatura (45 °C), os quais apresentaram maior perda de água, maior perda de massa e maior ganho de sólidos. O que se difere do presente estudo, o qual utilizou a concentração de 60° Brix e temperatura de 25 °C; o quais foram parâmetros eficientes para a perda de massa, perda de água e ganho de sólidos.

Os ensaios para a desidratação osmótica de fatias de abacate, realizadas por Lopes (2017), foram conduzidos em uma cuba de aço inoxidável, com solução de sacarose a 40, 50 e 60° Brix, durante 0,5, 1, 2 e 4 horas, com temperatura controlada de 27 °C. As fatias de abacate foram previamente branqueadas por 4 minutos em ebulição, e tinham 8,5mm de espessura. Os parâmetros utilizados para avaliar a eficiência do processo foram a perda de água e ganho de soluto. Com os resultados, avaliaram que os coeficientes de difusividade efetiva, parâmetro utilizado para avaliar melhor metodologia, cresceram com o aumento da concentração da solução de sacarose, 40° Brix ($5,13 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$), 50° Brix ($7,52 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$) e 60° Brix ($8,99 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$). Desse modo, a concentração de 60° Brix foi considerada a mais eficiente para a redução das massas das fatias de abacate, visto que a difusividade pode ser entendida como a facilidade com que a água é removida da amostra. Com isso, a concentração utilizada tanto no presente estudo quanto pelo autor foram eficientes para a redução das massas das fatias de abacate e para o ganho de sólidos.

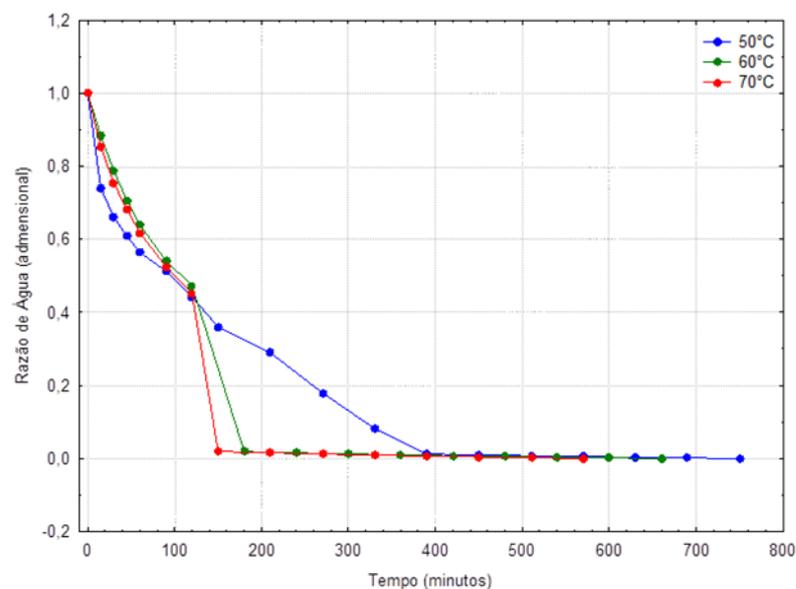
Em seu estudo sobre processos combinados osmoconvectivos para o aproveitamento da casca da banana, Silva Júnior (2018), utilizou concentrações de 40, 50 e 60° Brix, e temperatura de 40, 50 e 60 °C para realizar a desidratação nas amostras em estufa com circulação de ar. As variáveis de resposta foram perda de água e ganho de sólidos, sendo a massa e o teor de água determinados nos intervalos de 15 minutos até o término da desidratação (com 240 minutos). Desse modo, o autor observou que a concentração de sacarose da solução desidratante e a temperatura do processo influenciam diretamente na perda de água e conseqüentemente na diminuição da massa das amostras, visto que os parâmetros com maiores perdas de água e maior incorporação de sólidos foram na concentração

de 60° Brix e temperatura de 60 °C; obtendo 56,91% de perda de água, 50,74% de perda de massa e 6,17% de ganho de sólidos.

5.4 Estudo das Curvas da Secagem Convectiva

A Figura 8 representa as curvas de secagem obtidas a partir das fatias de abacate osmodesidratadas, por meio da secagem convectiva, onde foram determinadas suas curvas de cinética de secagem para as diferentes temperaturas (50, 60 e 70) °C.

Figura 8: Gráfico da Cinética de Secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, das fatias de abacate osmoconvectivas.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Ao analisar a Figura 8 percebe-se que a curva azul, a qual corresponde a temperatura de 50 °C, se diferenciou das demais, o que corresponde em um tempo mais longo que esta temperatura leva para secar as fatias de abacate. Em relação as curvas vermelha e verde, as quais correspondem as temperaturas de 60 e 70 °C, respectivamente, foram praticamente sobrepostas. Isso equivale ao tempo que levou para ambas desidratarem, o qual foi extremamente semelhante, implicando assim, que para a economia de energia do processo, a temperatura de 60 °C é a melhor para

se utilizar nesse estudo, pois seu desempenho é o mais favorável quando comparado com as demais temperaturas estudadas.

Alves (2014), em seu estudo sobre a secagem convectiva do abacate, com velocidade do ar de secagem fixa em 3m/s e temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, observou que na análise da cinética de secagem gerada pelo teor de água em base seca para as quatro temperaturas estudadas, obtiveram curvas semelhantes com o efeito do aumento da temperatura do ar de secagem. Observou-se também uma redução do tempo do processo de secagem e no teor de água do produto devido ao aumento da temperatura empregada no processo.

Ao estudar a secagem do abacate, Regonha (2021), realizou ensaios nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, utilizando tempos de 5 em 5 minutos para coletas de dados na estufa de convecção natural. Como resultado, foi analisado que na temperatura de 60 °C a curva de secagem apresentou-se diferente do esperado, isso porque essa curva deveria ser mais acentuada em comparação com a de 50 °C. Além disso, outro fator que se mostrou diferente foi o comportamento da velocidade em função do tempo, a qual não apresentou uma tendência de velocidade constante no fim do ensaio para a temperatura de 60 °C. Para explicar essas diferenças o autor descreve que o ponto de maturação do abacate pode ter influenciado para as tais alterações. Outro ponto importante é que nesse ensaio o corte foi heterogêneo podendo trazer diferenças para as fatias. Entretanto, foi possível obter resultados satisfatórios para estimar a redução na quantidade de massa e do teor de água do alimento. Resultado que se difere do presente estudo, visto que a temperatura de 60 °C foi satisfatória para a redução da massa das fatias, assim como para a redução no tempo de secagem.

Em seu estudo sobre a aplicação de processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva para cascas de banana, Silva Jr. (2018), analisou que para a secagem convectiva as cascas de banana que apresentaram melhores resultados foram as desidratadas em estufa com circulação de ar a 60 °C, com a desidratação osmótica realizada a 60° Brix. Desse modo, o autor observou com as curvas da cinética de secagem que as primeiras 4 horas foram as mais eficazes para a redução do teor de água. E que esse resultado foi satisfatório, sendo fundamental para a conservação do produto.

5.5 Estudo da Cinética De Secagem

Na Tabela 5 encontram-se os resultados dos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM), para os modelos de Page, Henderson e Pabis, Verna e Exponencial de Dois Termos, os quais foram ajustados aos dados obtidos das curvas de secagem para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Tabela 5: Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de secagem para as diferentes temperaturas avaliadas em fatias de abacate osmoconvectivo.

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	DQM
		K	N			
Page	50	0,0238	0,7747		0,9769	0,0543
	60	0,0074	0,9807		0,9925	0,0312
	70	0,0062	1,0482		0,9866	0,0414
Henderson & Pabis	Temp. (°C)	A	K		R^2	DQM
	50	0,8841	0,0065		0,9772	0,0209
	60	0,9795	0,0066		0,9929	0,0235
	70	0,9851	0,0077		0,9868	0,0331
Verna	Temp. (°C)	A	K	K1	R^2	DQM
	50	0,1825	1,3786	0,0058	0,9897	0,0344
	60	0,0354	0,1390	0,0064	0,9932	0,0264
	70	0,0254	2,2593	0,0076	0,9870	0,0349
Exponencial de dois termos	Temp. (°C)	A	K		R^2	DQM
	50	0,1282	0,0516		0,9779	0,0483
	60	0,0345	0,1865		0,9932	0,0262
	70	0,0248	0,3962		0,9870	0,0350

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O melhor modelo que se ajustou aos dados experimentais foi o de Verna nas 3 temperaturas, pois este modelo obteve R^2 maior que 0,9870 e DQM menor que 0,0349. Para o modelo de Page, houve a diminuição dos valores para K, com o aumento da temperatura, já o parâmetro N aumentou com a elevação da temperatura. Os parâmetros do modelo de Henderson e Pabis, A diminuiu com o aumento da temperatura, e K elevou-se com o aumento da temperatura. Para o modelo de Verna, A diminuiu com o aumento da temperatura, K possuiu maior resultado para 70 °C, seguindo por 50 °C e K1 elevou-se com o aumento da temperatura. Em relação aos parâmetros do modelo Exponencial de dois termos, K aumentou com a elevação da temperatura, já o parâmetro A resultou na diminuição com a elevação da temperatura.

Castro (2015) utilizou os valores obtidos das goiabas desidratadas e os ajustou aos modelos de Lewis, Henderson e Pabis, Wang e Singh, Peleg, Page e Silva et al, nas temperaturas de 30, 50 e 60 °C, e com as concentrações de 40, 50 e 60 °Brix; onde para os modelos de Henderson e Pabis obteve resultados de R^2 de 0,9669, para temperatura de 30 °C e concentração de 60 °Brix. Em relação ao modelo de Page foi obtido um R^2 igual a 0,9696, para temperatura de 30 °C e concentração de 60 °Brix. Além disso, de modo geral, foi possível concluir que o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados de secagem das goiabas pré-tratadas foi o proposto por Page, com coeficientes de determinação superiores a 0,9959 e qui-quadrados inferiores a 0,0096.

Alves (2014), em seu estudo teórico e experimental do abacate, para o processo de secagem utilizou um secador convectivo, operando na faixa de temperatura de 40, 50, 60, e 70 °C. O ajuste das curvas foi realizado usando o Método dos Mínimos Quadrados de posse dos dados experimentais da cinética de secagem. Os modelos utilizados pelo autor foram, Fick, Page, Page Modificado, Wang e Sing. Com isso, foi possível observar que o modelo que melhor se ajustou foi o proposto por Page, o qual forneceu coeficiente de correlação (R^2) de 0,9684.

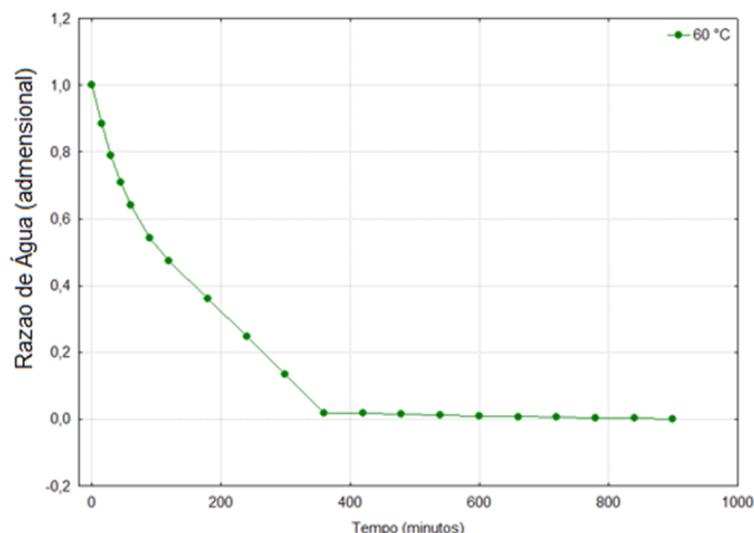
Para Castro et al. (2014), em seu estudo sobre a desidratação osmótica em pedaços de goiaba, foram ajustados os resultados obtidos a modelos semi-teóricos, onde o modelo de Henderson e Pabis, a temperatura de 30 °C e concentração de 40 °Brix, resultaram para o coeficiente de correlação de 0,83 em relação a perda de teor de água e 0,96 em relação a perda da quantidade de sacarose para esses mesmos parâmetros. Já em relação ao modelo de Page, obteve-se R^2 de 0,96 para a redução

da quantidade de água e 0,98 para a redução na quantidade de sacarose, a mesma temperatura e concentração.

Em seu estudo sobre a polpa do coco verde, Oliveira (2019), utilizou uma estufa com circulação de ar, em três temperaturas de 65, 75 e 85 °C, com medições de massa a cada intervalo de 10 minutos. Observou-se que as curvas de secagem tiveram uma mesma tendencia nas taxas de secagem, onde a princípio, tem-se a diminuição da taxa de água constante, logo após essa taxa passa a ser decrescente, até que o equilíbrio seja alcançado. Fazendo uma comparação entre as curvas, foi possível observar que a temperatura influencia no tempo de secagem, onde em temperaturas mais altas as curvas apresentam maior inclinação, o que representa uma maior transferência de calor e massa. Além disso, quanto menor a temperatura mais tempo levará para que seja retirada a água desejada do interior do alimento.

A Figura 9 apresenta o gráfico da curva obtida pelo modelo de Verna, na temperatura de 60 °C.

Figura 9: Gráfico obtido a partir do modelo de Verna.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Analisando a Figura 9, percebe-se que a razão de água foi decrescente com o passar do tempo até atingir o equilíbrio, pela não variação das massas das fatias de abacate implicando no término da secagem.

5.6 Estudo da Difusividade Efetiva Da Água

A seguir, encontra-se na Tabela 6, os valores dispostos para a difusividade efetiva da água nas temperaturas utilizadas para a secagem das fatias de abacate.

Tabela 6 - Valores da difusividade efetiva de água nas diferentes temperaturas de secagem das fatias de abacate osmoconvectivo.

Temperatura (°C)	Def (m ² /s)
50	1,0 x 10 ⁻¹
60	6,0 x 10 ⁻¹
70	6,0 x 10 ⁻¹

Fonte: Autora, 2022.

Analisando a Tabela 6, a difusividade efetiva da água aumenta com o aumento da temperatura, devido ao processo de difusão da água livre no interior para a superfície das fatias pelo meio de ar de secagem. Com isso, fica perceptível que os resultados para as temperaturas de 60 e 70 °C foram iguais, favorecendo mais uma vez a utilização da temperatura de 60 °C, pela economia de energia do processo.

Em seu estudo sobre o processamento do abacate, Alves (2014), utilizou o modelo teórico representado pela Segunda Lei de Fick, constatando que a difusividade efetiva de massa foi pequena e na ordem de $8,60 \times 10^{-11}$ (m/s²). Esse resultado pode ser justificado as devido às dificuldades de migração do teor de água do centro do produto para a sua superfície, sendo esse comportamento característico na transferência de massa interna dos alimentos.

Lopes (2017), em seu estudo sobre a cinética de desidratação do abacate *in natura* e branqueado, obteve como valores para a difusividade efetiva da água para amostras de abacate previamente branqueadas, de 5,13, 7,52 e 8,99 x 10⁻¹⁰ (m/s²) respectivamente, para as concentrações de 40, 50 e 60 °Brix. E para os valores de R² 0,98, 0,97, 0,99, respectivamente. Onde foi possível concluir que esses são valores altos para a difusividade da água para amostras branqueadas, quando comparadas aos valores das amostras que não passaram por esse processo.

Oliveira (2019), em seu estudo sobre a secagem da polpa de coco verde, obteve resultados para a difusividade efetiva durante a secagem da polpa de coco, de 1,27253, 2,64933, 68859 10-07, para as temperaturas de 65, 75 e 85 °C, respectivamente. Em relação ao R², obteve os seguintes resultados de 0,8902, 0,926 e 40,9325, respectivamente. Com isso, foi possível observar que a difusividade efetiva

durante a secagem a 85 °C foi maior do que as demais, pois essa propriedade aumenta com o aumento da temperatura.

6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos com a caracterização físico-química das fatias de abacate *in natura* ficou claro que o fruto é altamente perecível e contém boa quantidade de carboidratos e lipídeos. Os processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva foram eficientes em acentuar os teores de carboidratos, lipídeos, e o valor calórico da fruta. Assim como, diminuíram consideravelmente o teor de água das fatias, possibilitando o aumento da vida útil do alimento e conservando sua qualidade nutricional.

Os Compostos bioativos que foram preservados ao longo dos processos de desidratação osmótica e secagem convectiva foram os Carotenoides e os Taninos totais. Apresentando assim, boa funcionalidade do alimento.

O branqueamento por exposição a vapor realizado nas fatias de abacate foi mais eficaz pela preservação dos atributos sensoriais cor e sabor, como também, a qualidade nutricional.

A desidratação osmótica foi eficiente para a perda de massa, com sua elevação até a estabilidade na variação da massa das fatias, para a perda de água, a qual foi crescente durante o tratamento; e para ganho de sólidos nas fatias de abacate, o qual foi crescente até a estabilidade na permuta ganho de sólidos e perda de água.

As curvas de secagens nas diferentes temperaturas de estudo, foi melhor representada pela temperatura de 60 °C, pois ao compará-la com a curva de 70 °C obtiveram tempos semelhantes na secagem convectiva, e com isso, acarreta maior consumo excessivo de energia no processo. Esse mesmo comportamento foi observado para a difusividade efetiva da água.

Os dados experimentais se ajustaram melhor ao modelo de Verna na temperatura de 60 °C, visto que este modelo conseguiu os resultados mais satisfatórios para o R^2 e para o DQM nas três temperaturas de secagem.

REFERÊNCIAS

AIRES, K. L. C. A. F. **Desidratação Osmótica E Secagem Convectiva De Maçã Cortada Em Forma De Paralelepípedo Descritas Por Solução Numérica Tridimensional Da Equação De Difusão**. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – CG, Agos. 2016

AKHARUME, F. et al. **Recent Progress on Osmo-convective Dehydration of Fruits**. *Journal of Food Science & Technology*, v. 4, n. 9, p, 956-96. 2019.
Disponível em: <<https://www.siftdesk.org/article-details/Recent-Progress-on-Osmo-convective-Dehydration-of-Fruits/613>>. Acesso em: 20 Out. 2021.

ALMEIDA, L. C. P. De. **Desidratação Osmótica e Secagem Convectiva de Uvas Da Cultivar Crimson**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

ALVES, S. B. **Estudo teórico e experimental do processo de secagem do abacate (Persea americana Mill)**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba – João pessoa – PB. 2014.

AMPUDIA, A. E. S. **Optimización del proceso de escaldado y deshidratación osmo-convectiva de banano (Musa paradisiaca, Var. Cavendish)**. Académico de Licenciatura, Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, Abril, 2017.

AOAC. **Association of official analytical chemists. Official methods of analysis of AOAC international**.14. ed. Arlington: AOAC, 1997. 1141p.

ARAÚJO, M. S. G. de. **Efeitos da desidratação osmótica em fatias de abacate**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Estadual da Paraíba – Campina Grande – PB. 2019.

ASSUNÇÃO, A. C. M. **Atividade Antioxidante Da Casca Da Pêra Abacate (Persea Americana) E Identificação Dos Seus Compostos.** (Mestrado em Química) – Universidade de Lisboa, 2016.

BARROS, S. L. **Modelagem E Simulação Do Processo De Secagem Convectiva De Fatias De Kiwi Pré-Tratadas Osmoticamente Utilizando Geometria De Parede Infinita.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – PB, JANEIRO – 2020.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. **Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables.** Arquivos de Biologia e Tecnologia, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.

BRASIL, Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos.** Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 1017 p.

CÁBIA, N. C. **Aplicação de 1-MCP na conservação de abacate ‘Hass’.** Dissertação (Mestrado em agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 2013.

CASSIMIRO N., J. **Qualidade, Compostos Bioativos E Capacidade Antioxidante De Mangaba (*Hancornia Speciosa* Gomes) In Natura E Desidratada.** Dissertação (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2017.

CASTRO, F. D.R de. **Desenvolvimento de uma metodologia para a segurança alimentar e preservação das propriedades funcionais na desidratação da maçã Golden Delicious.** 2013. Dissertação (Mestrado em mestrado em Engenharia Biologia). 2013

CASTRO, S. S. **Desidratação Osmótica De Frutas: Estudo Do Processo E Desenvolvimento De Um Sistema Piloto Para O Pré-Processamento De Jaca (*Artocarpus Integrifolia* L.) E Cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*).** 2015. Tese

(Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2015.

COUTO, M. L. B. G. **Estudo Do Processo De Secagem De Frutos Do Cerrado Em Secador De Bandejas Com Circulação Forçada De Ar**. Dissertação (Graduação em Química Bacharelado) – Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal – Brasil, 2015.

COVRE, L. **Desidratação Osmótica de Carambola**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, Bahia, Brasil, Mar. 2013

CORRÊA, P. G. **Secagem Convectiva De Abacaxi Combinada Com Aplicação De Potência De Micro-Ondas Variável**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – Campos Dos Goytacazes – RJ, Abr 2014.

CUNHA, P. M. C. et al. **Secagem Da Casca Do Abacate (Persea Americana) E A Avaliação Do Comportamento Do Teor Compostos Bioativos**, p. 428-433. In: São Paulo: Blucher, 2014. ISSN 2359-1757, DOI 10.5151/chemeng-cobec-ic-02-ft-051

DIAS, E. C. S.; SOUZA, N. P.; ROCHA, É. F. F. **Branqueamento de alimentos: uma revisão bibliográfica**. CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN (TECNOLOGIA E INOVAÇÃO PARA O SEMIÁRIDO) – CONGIC, IX, 2013. Currais Novos (RN). Disponível em: <<https://goo.gl/MnGXNo>>. Acesso em: 13 de out. de 2021

DAIUTO, É. R. et al. **Composição Química E Atividade Antioxidante Da Polpa E Resíduos De Abacate ‘Hass’**. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal - SP, v. 36, n. 2, p. 417-424, jun. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0100-2945-102/13>>. Acesso em: 13 out. 2021

DAL-BÓ, V. **Estudo Da Secagem Da Polpa Do Abacate (*Persea Americana*)**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos – SP. 2021.

DUARTE, A. M. M. **Manual de Boas Práticas de Fruticultura**. Revista Frutas, Legumes e Flores. INIAV. 25 de ago. de 2021. Disponível em: <<https://www.agroportal.pt/manual-de-boas-praticas-de-fruticultura-abacateiro/>>. Acesso em: 11 out. 2021.

DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. **Hass Avocado Composition and Potential Health Effects**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, USA. v. 53, n. 7, p. 738–750, jan. 2013. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2011.556759>>. Acesso em: 15 out. 2021.

EGEA, M. B.; LOBATO, L. P. **A desidratação osmótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças**. Rev Inst AdolfoLutz. São Paulo, v. 73. 2014. Disponível em: <[https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-do-instituto-adolfo-lutz/73-\(2014\)-4/a-desidracao-osmotica-como-pre-tratamento-para-frutas-e-hortalicas/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-do-instituto-adolfo-lutz/73-(2014)-4/a-desidracao-osmotica-como-pre-tratamento-para-frutas-e-hortalicas/)>. Acesso em: 14 out. 2021

FARIA, F. A. **Propriedades Físico-Químicas De Abacate Submetido À Secagem Convectiva E Desidratação Osmótica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista. São José do Rio Preto, 2012.

GOETTEN, T. et al. **Análise Da Cinética De Desidratação Osmótica Como Tratamento Preliminar Na Secagem Convectiva Do Abacaxi Pérola**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 9, n. 2, 3 mar. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/98458>>. Acesso em: 14 out. 2021.

GOMÉZ E. M. S. **Optimización Del Proceso Osmo-Convectivo En La Deshidratación Del Mango (Mangifera Indica)**. Dissertação (graduação em Engenharia de Agroindústria Alimentícia) – Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Nov. 2016. DOI: <http://hdl.handle.net/11036/5782>.

GONÇALVES, B. H. L.; PIMENTEL JÚNIOR, A.; GOUVEIA, A. M. S. **Panorama do Abacate**. Revista Campo e Negócios. 2 abr. 2021. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/panorama-do-abacate>>. Acesso em: 18 out. 2021.

HOLLANDA, B. et al. **McCance and Winddow son's: the composition of foods**. 5th ed. Cambridge: The royal society of chemistry and ministry of agriculture, fisheries and food, 1994. 462p.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 1017 p.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2020**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/11863?localidade1=25&ano=2020>. Acesso em: 19 out 21.

KRÜGER, C.; DALAGNOL, M. T. **Desidratação Osmótica Como Tratamento Preliminar Na Secagem De Abacaxi (*Ananas Comosus* L. MERRIL) Variedade *Smooth Cayenne***. 57 f. 2014. Dissertação (Graduação em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

LÁSZLÓ, F. **O óleo de abacate: potencial fonte de beta-sistotero para tratamento de próstata, cardíacos e imunológicos**. Disponível em: <<http://www.aromalandia.org/abacate>>. Acesso em: 12 set. 2022.

LEITE, D. D. F. et al. **Avaliação Da Cinética De Secagem Da Carambola Em Secador Convectivo**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. v. 11, nº 2, p. 01-04, Pombal, PB. 18 abr. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i2.4026>

LOPES, L. M. **Cinética Da Desidratação Osmótica De Abacate Fresco E Branqueado Termicamente**. VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. São José do Rio Preto – SP, 2017.

LOPES, M. R. C. **Estudo da floração e polinização do abacateiro no Algarve**. Dissertação (Mestrado em Hortofruticultura) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, 2020.

MACIEL, M. **Métodos de Processamento e Conservação de Alimentos**. ANAIS DA 65ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC -RECIFE, PE -JULHO/2013 [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.sbpnet.org.br/livro/65ra/PDFs/arq_2311_567.pdf>. Acesso em: 14 out. 2021.

MAGWAZA, L.S.; TESFAY, S.Z. **A Review of Destructive and Non-destructive Methods for Determining Avocado Fruit Maturity**. Food Bioprocess Technol 8, 1995–2011 (2015). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11947-015-1568-y>>. Acesso: 13 out. 2021.

MEDEIROS, C. E. et al. **Formulação E Avaliação Sensorial De Banana Pacovan Passa Obtida Por Secagem Convectiva E Processo Osmo Convectivo**. CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN. TECNOLOGIA E INOVAÇÃO PARA O SEMIÁRIDO. 2013.

MELO, M. A. **Aplicação de métodos de inativação e inibição enzimática em frutas e hortaliça**. 48 f. Dissertação (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Campina Grande, 2015.

MENESES, V. P. et al. **By-Products Of Tropical Fruits Dehydrated By Convective**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 13, n. 4, p. 472 - 482, 1 Oct. 2018.

MILLER, G. L. **Use of dinitro salicylic AID reagent for determination of reducing sugars**. Analitica Chemistry, v. 31, p. 426-428, 1959.

MOUCHREK, A. N. et al. **Composição Química, Qualidade Microbiológica E Capacidade Antioxidante De Polpas De Frutas Regionais Comercializadas Nas Feiras De São Luís - Ma.** XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2016, Gramado/RS. Outubro, 2016. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/285.pdf>>. Acesso em: 20 Out. 2021.

MONTEIRO, V. C. O.; CAVALCANTI, M. S. **Branqueamento: Técnica De Conservação De Frutas E Hortaliças Através Do Calor.** 2019. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO_EV126_MD4_SA11_ID2113_02072019065656.pdf>. Acesso em: 14 out. 2021

MOSES, J. A. et al. **Novel drying techniques for the food industry.** Food Engineering Reviews, v. 6, n. 3, p. 43-55, 2014.

NCAMA, K. et al. **On-tree indexing of ‘Hass’ avocado fruit by non-destructive assessment of pulp dry matter and oil content.** Biosystems Engineering, v. 174, p. 41-49, out 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511018303192>>. Acesso em: 13 out. 2021

NETO, J. C. **Qualidade, compostos bioativos e capacidade antioxidante de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) in natura e desidratada.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2017.

OLIVEIRA, C. T. A. **Métodos Tradicionais E Emergentes Para Evitar O Escurecimento Enzimático De Vegetais.** Dissertação (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas. 2018.

PEDRESCHI, R. et al. **Impact of postharvest ripening strategies on ‘Hass’ avocado fatty acid profiles.** South African Journal of Botany, v. 103, p. 32-35, mar. 2016. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629915004081>> Acesso em: 13 out. 2021

PIO, L. A. S.; MAGALHÃES, D. S. **Abacate: Brasil entre os líderes mundiais de produção**. Revista Campo e Negócios. Dezembro. 2020. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/abacate-brasil-entre-os-lideres-mundiais-de-producao/> 15 de dez. de 2020. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

POZZEBON, P.; RIBEIRO, P. F. A. **Inativação Enzimática Em Frutos De Ameixa**. ANAIS DO SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, v. 8, n. 1, 14 fev. 2020.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N. P. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**, v., Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 4ª ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

RIBEIRO, et al. **Influência da temperatura sobre a composição físico-química de noni desidratado (Morinda citrifolia L.)**. II CONGRESSO PARAIBANO DE AGROECOLOGIA IV EXPOSIÇÃO TECNOLÓGICA - AGROTEC 2019. Lagoa Seca, Paraíba, Brasil. DOI:10.18378/cvads.v9i7.7099

ROTTA, E. M. et al. **Utilização Da Casca De Abacate (Persea Americana) Na Formulação De Chás: Um Produto Funcional Contendo Compostos Fenólicos Com Atividade Antioxidante**. Acta Scientiarum. Tecnologia, 38 (1), 23-29. 2015. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v38i1.27397>

RUFINO, M. do S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Comunicado Técnico 127. 4p. Julho, 2007. Fortaleza, CE.

SALVADOR-REYES, R.; PAUCAR-MENACHO, L. M. **Optimization of the blanching time and temperature in the manufacture of Hass avocado pulp using low quality discarded fruits**. Brazilian Journal of Food Technology - 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.24418>. Acesso em: 15/08/2022.

SANTOS, D. M. **Desidratação Osmótica de batata Yacon (*Smallanthus Sonchifolius*) Utilizando Diferentes Edulcorantes**. Dissertação (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeiras Do Sul, 2018.

SANTOS, M. L. et al. **Estudo físico-químico de maçã desidratada em secador convectivo**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 8, n. 1, p. 30 - 37, 2013. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1970>>. Acesso em: 18 out 2021.

SILVA, A. L. **Processos Combinados Osmo-Convectivos Assistidos Por Ultrassom Para A Desidratação Da Mangaba (*Hancornia Speciosa*)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade de Tiradentes, Aracaju, SE – Brasil. fev. 2015.

SILVA, E. C. O. **Desidratação Osmótica E Secagem Convectiva De Fatias De Caju Para A Elaboração De Passas**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – Paraíba, Fevereiro – 2022.

SILVA, E. M. **Determinação De Macrocomponentes Na Polpa *In Natura* Do Abacate (*Persea Americana Miller*), Comercializada Em Supermercados De São Luís – MA**. Monografia (Graduação em Química Industrial) – Universidade Federal do Maranhão, MA – 2017.

SILVA, E. V. C. et al. **Aplicação do algoritmo k-nearest neighbor para classificação de métodos de controle enzimático em frutas**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 10819-10830 mar. 2020. ISSN 2525- 8761.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. **The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data**. African Journal of Agricultural Research, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, F. B. **Secagem Convectiva De Polpas Combinadas De Noni E Umbu.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – Paraíba, Fevereiro – 2015.

SILVA JÚNIOR, J. F. **Aplicação de processos combinados osmoconvectivos para aproveitamento da casca da banana.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2018.

SOUZA, A. G.; FASSINA, A. C.; SARAIVA, F. R. S. **Compostos Bioativos E Atividade Antioxidante Em Frutas Nativas Do Brasil.** *Agrotrópica* 30(1): 73 - 78. 2018. Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, Bahia, Brasil. DOI: 10.21757/0103-3816.2018v30n1p73-78

SUZUKI, K.; KUBOTA, K.; HASEGAWA, T.; HOSAKA, H. **Shrinkage in dehydration of root, vegetables.** *Journal of Food Science*, v. 41, n. 5, p. 1189 – 1193, 1976.

Tremocoldi, M. A. et al. **Efeito Da Hidrotermica Em Abacate ‘Hass’ Sobre A Capacidade Antioxidante, Compostos Fenólicos E Coloração.** *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 35, núm. 3, pp. 1279-1290. Universidade Estadual de Londrina, 2014.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. **Use of detergents in the analysis of fibrous feeds.** IV Determination of plant cell-wall constituents, 1967.

VILLA-RODRÍGUEZ, J. A. et al. **Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of ‘Hass’ avocado.** *Food Research International*, v. 44, p. 1231-1237, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096399691000445X>>. Acesso: 12 out. 2021

VINHA, A.F. et al. **Avocado And Its By-Products: Natural Sources Of Nutrients, Phytochemical Compounds And Functional Properties.** Chapter 9. In: *Current*

Research in Agricultural and Food Science Vol.1. Book Publisher International.
10.9734/bpi/crafs/v1. ISBN: 978-93-89816-14-3. 2020