

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA

Gabriel Dantas de Souza



AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE COPRODUTOS DO
PROCESSAMENTO DE ABACATE *HASS* (*PERSEA AMERICANA*)
NAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE BISCOITOS TIPO
SNACK CRACKER

RIO DE JANEIRO

2023

Gabriel Dantas de Souza

AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE COPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DO
ABACATE *HASS* (*PERSEA AMERICANA*) NAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS
DE BISCOITO TIPO *SNACK CRACKER*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro de Alimentos

Orientadores: Eveline Lopes Almeida, *D.Sc.*
Suely Pereira Freitas, *D.Sc.*

Rio de Janeiro

2023

CIP - Catalogação na Publicação

d278a de Souza, Gabriel Dantas
AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE COPRODUTOS DO
PROCESSAMENTO DO ABACATE HASS (PERSEA AMERICANA)
NAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE BISCOITO TIPO
SNACK CRACKER / Gabriel Dantas de Souza. -- Rio de
Janeiro, 2023.
58 f.

Orientadora: Eveline Lopes Almeida.
Coorientadora: Suely Pereira Freitas.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Química, Bacharel em Engenharia de Alimentos, 2023.

I. coprodutos. 2. abacate hass. 3. snack
cracker. 4. extração por fluido supercrítico. 5.
panificação. I. Almeida, Eveline Lopes, orient. II.
Freitas, Suely Pereira, coorient. III. Título.

Gabriel Dantas de Souza

AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE COPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DO
ABACATE *HASS* (*PERSEA AMERICANA*) NAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS
DE BISCOITO TIPO *SNACK CRACKER*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Química da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do grau de Engenheiro de
Alimentos

Aprovado em 04 de Agosto de 2023

Eveline Lopes Almeida, *D.Sc.*, UFRJ

Suely Pereira Freitas, *D.Sc.*, UFRJ

Ricardo Schmitz Ongaratto, *D.Sc.*, UFRJ

Ladimir José De Carvalho, *D.Sc.*, UFRJ

Fábio de Almeida Oroski, *D.Sc.*, UFRJ

Rio de Janeiro
2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a minha família, meus pais Gabriel e Doralice que sempre me apoiaram e foram essenciais para que eu não desistisse perante todas as adversidades. A minha avó Maria (*in memorian*), que na sua maneira simples sempre incentivou e recomendou aos netos “estude que é o futuro de vocês”. A tia Dolores (*in memorian*) que sempre foi entusiasta da profissão que escolhi. A meu primo Diego que me mostrou a Engenharia de Alimentos e sempre me deu coragem.

A Carolina minha companheira querida, que me deu sustentação para conseguir encerrar essa etapa de vida, e a sua família que também me apoia nessa conquista.

As minhas amigas de muitos anos, Lais e Maria Caroline (*in memorian*) que sempre estão ao meu lado horas ouvindo e aconselhando, horas comemorando a vida e horas chorando junto as dificuldades da vida.

As amigas que a faculdade me trouxe, Luciana e Michelly, estudamos juntos, aproveitamos juntos muita coisa também, e me deram sempre apoio nas dificuldades.

Aos colegas de laboratório Meire que foi excepcional na organização dos experimentos, a Bruna que trouxe a prática de fazer os biscoitos.

Às professoras Suely e Eveline pela orientação.

Agradeço aos laboratórios: de tecnologia de alimentos pelo uso do colorímetro; ao LABIM pelo uso do Aqualab, ao laboratório de cereais da EMBRAPA pelas análises de textura.

*“Eu apenas queria que você soubesse
Que aquela alegria ainda está comigo
E que a minha ternura não ficou na estrada
Não ficou no tempo, presa na poeira”
Luiz Gonzaga Jr.*

RESUMO

DE SOUZA, Gabriel Dantas; ALMEIDA, Eveline Lopes; FREITAS, Suely Pereira. **AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE COPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DO ABACATE *HASS* (*PERSEA AMERICANA*) NAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE BISCOITO TIPO *SNACK CRACKER***. Rio de Janeiro, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

O abacate *Hass* é uma das variedades da espécie *Persea americana*, sendo a variedade com maior teor de gorduras na polpa (15%). Em todos os métodos para a extração de óleo obtêm-se como coprodutos a casca, a polpa desengordurada e o caroço, gerando resíduo sólido de 21-30%, de composição predominante em carboidratos com a presença de compostos bioativos. Biscoitos produzidos com ingredientes alternativos tendem a agradar os consumidores, que se preocupam com ingredientes reaproveitados, diminuindo o desperdício e combatendo mudanças climáticas. O objetivo desse estudo foi de avaliar as características tecnológicas de produção de biscoitos do tipo *snack cracker* elaborados com farinhas de coprodutos do abacate *Hass*. Casca, polpa e, casca e polpa de abacate previamente tratado para inativação enzimática foram desidratadas e trituradas gerando as farinhas de casca, (FC), de polpa (FP) e casca e polpa FCP (casca e polpa). Casca e polpa também tiveram seu óleo extraído em célula extratora por CO₂ supercrítico. A torta foi moída e gerou a farinha de casca e polpa após extração supercrítica (FCP-SC). As farinhas foram caracterizadas quanto às isoterms de sorção ajustadas ao modelo GAB, cor, umidade e atividade de água (a_w). As farinhas substituíram parte do amido na formulação padrão de biscoito *snack cracker*, os quais foram avaliados quanto à maquinabilidade da massa, perda de massa e alteração de dimensões no forneamento, volume específico, cor e textura instrumentais, umidade e a_w . De acordo com os parâmetros de legislação (ANVISA, 2022) podemos chamar de farinha o produto que foi produzido, sua a_w indica estabilidade do produto, sendo necessário seu armazenamento em ambiente com umidade relativa menor que 40% segundo as isoterms de sorção. As formulações de biscoito apresentaram valores de dureza (6 a 14N) e fraturabilidade (<0,8 mm) dentro do esperado para biscoitos *snack cracker*. Os biscoitos apresentaram baixo teor de umidade (3,64-5,64%) e a_w <0,6 que garante estabilidade microbiológica e enzimática. A cor dos biscoitos diferiu significativamente (p <0,05) do biscoito padrão em destaque para a menor

luminosidade, indicando que os biscoitos ficaram mais escuros. O volume específico e perda de massa dos biscoitos não diferiram significativamente do biscoito padrão ($p < 0,05$). A maquinabilidade do biscoito feito com a farinha FCP-SC diferiu significativamente ($p < 0,05$) do biscoito padrão, e nas medidas de alteração de dimensões do forneamento apenas o biscoito da farinha FC diferiu significativamente ($p < 0,05$) do biscoito padrão sendo maiores na medida vertical. Entre os biscoitos o que tecnologicamente se aproximou do biscoito padrão é o preparado com a farinha FP.

Palavras-chave: extração por fluido supercrítico; farinhas alternativas; panificação

ABSTRACT

DE SOUZA, Gabriel Dantas; ALMEIDA, Eveline Lopes; FREITAS, Suely Pereira. **EVALUATION OF THE INCORPORATION OF HASS AVOCADO PROCESSING CO-PRODUCTS (PERSEA AMERICANA) IN THE TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SNACK CRACKER BISCUITS.** Rio de Janeiro, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

The Hass avocado is one of the varieties of the *Persea americana* species, being the variety with the highest fat content in the pulp (15%). In all methods for extracting oil, the peel, defatted pulp, and core are obtained as co-products, generating a solid residue of 21-30%, predominantly composed of carbohydrates with the presence of bioactive compounds. Biscuits produced with alternative ingredients tend to please consumers concerned with reusing ingredients, reducing waste, and combating climate change. This study aimed to evaluate the technological characteristics of the production of snack crackers made with Hass avocado co-product flour. Peel, pulp and, peel and pulp of avocado previously treated for enzymatic inactivation were dehydrated and crushed, generating peel flour (FC), pulp flour (FP) and peel and pulp flour FCP (peel and pulp). Peel and pulp also had their oil extracted in an extractor cell using supercritical CO₂. The cake was ground, and the peel and pulp flour were generated after supercritical extraction (FCP-SC). The flours were characterized according to the sorption isotherms adjusted to the GAB model, colour, moisture and water activity (aw). Flours replaced part of the starch in the standard snack cracker biscuit formulation, which was evaluated for dough machinability, mass loss and change in dimensions during baking, specific volume, instrumental colour and texture, moisture and aw. According to the legislation parameters (BRASIL, 2022), we can call flour the product that was produced; its aw indicates the stability of the product, requiring its storage in an environment with UR<40% according to the sorption isotherms. The biscuit formulations showed hardness (6 to 14N) and fractureability (<0.8 mm) values within the range expected for snack cracker biscuits. The biscuits had a low moisture content (3.64-5.64%) and aw<0.6, guaranteeing microbiological and enzymatic stability. The colour of the cookies differed significantly (p<0.05) from the standard cookie, highlighted for

the lower luminosity compared to the standard cookie, indicating that the cookies are darker. The biscuits' specific volume and mass loss did not differ significantly from the standard biscuit ($p < 0.05$). The machinability of the biscuit made with FCP-SC flour differed significantly ($p < 0.05$) from the standard biscuit. In the measure of change in baking dimensions, only the biscuit made with FC flour differed significantly ($p < 0.05$) from the standard biscuit, which was bigger in the vertical measure. Among the biscuits, the one that is technologically closer to the standard biscuit is the one prepared with FP flour.

Keywords: Supercritical fluid extraction. alternative flours. baking.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de extração do óleo do abacate.

Figura 2 – Fluxograma do processo de obtenção das farinhas de coprodutos do processamento do abacate

Figura 3 – Célula extratora desenvolvida pela Universidade de Maringá

Figura 4 – Fluxograma do processo de produção dos biscoitos

Figura 5 – Isotermas de sorção das farinhas de coprodutos do processamento do abacate

Figura 6 - Biscoitos elaborados com as diferentes farinhas de coprodutos do processamento do abacate

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal das frações do Abacate *Hass*

Tabela 2 - Composição em ácidos graxos do óleo do Abacate *Hass*.

Tabela 3 – Soluções salinas supersaturadas

Tabela 4 – Formulação padrão do biscoito tipo *snack cracker*

Tabela 5 – Umidade das farinhas de coprodutos do processamento do abacate

Tabela 6 – Atividade de água das farinhas de coproduto do processamento do abacate

Tabela 7 – Coeficientes do Modelo GAB das isotermas de sorção das farinhas de coprodutos do processamento do abacate

Tabela 8 – Relação entre X_{eq} e a_w obtidos pelo ajuste ao modelo de GAB

Tabela 9 – Cor instrumental das farinhas de coproduto do processamento do abacate

Tabela 10 – Parâmetros de maquinabilidade das massas de biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do abacate

Tabela 11 – Perda de massa dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Tabela 12 – Volume específico dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Tabela 13 – Resultados dos fatores de crescimento vertical e horizontal dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Tabela 14 – Parâmetros de cor instrumental dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Tabela 15 – Dureza e fraturabilidade dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Tabela 16 – Umidade dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Tabela 17 – Atividade de água dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Patentes depositadas com o uso de diversas partes do abacate

Quadro 2 – Descrição das amostras utilizadas na elaboração dos biscoitos

Quadro 3 – Condições utilizados durante o forneamento

Quadro 4 - Escala de pontuação para a qualidade de laminação

Quadro 5 - Escala de pontuação para avaliação da pegajosidade, da tendência à retração e da perda de coesão da massa durante as etapas de laminação e estampagem

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- BHA 2 e 3 2-terc-butil-4-hidroxianisol
- BHT 2,6-bis(1,1-dimetiletil)-4-metilfenol
- GRAS Geralmente Reconhecido Como Seguro
- ASE Técnicas De Extração Acelerada
- DPPH 1,1-difenil-2-picrilhidrazil
- ABTS 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico
- FRAP Ferric Reducing Antioxidant Power
- TAC Capacidade Antioxidante Total
- ORAC Oxygen Radical Absorbance Capacity
- a_w Atividade De Água
- X_m Teor De Água Na Monocamada Molecular
- X_{eq} Umidade De Equilíbrio
- GAB Guggenheimer, Anderson e de Bôer
- ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- $F_{c_{vert}}$ Fator De Crescimento Vertical
- $F_{c_{horiz}}$ Fator De Crescimento Horizontal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 O ABACATE	18
2.1.1 O óleo de abacate	19
2.1.2 Aplicação de coprodutos do abacate	21
2.1.3 Composição de micronutrientes nas cascas do abacate <i>Hass</i>	22
2.1.3.1 Composição em ácidos graxos das cascas do abacate <i>Hass</i>	22
2.1.3.2 Compostos bioativos das cascas do abacate e capacidade antioxidante	23
2.1.3.3 Atividade antimicrobiana da casca do abacate	24
2.2 FARINHAS	24
2.2.1 Descrição	24
2.2.2 Farinhas alternativas	24
2.2.3 Qualidade da farinha	25
2.2.3.1 Atividade de água	25
2.2.3.2 Isotermas de sorção	25
2.3 BISCOITOS	26
2.3.1 Classificação biscoito	27
2.3.2 Ingredientes e aditivos da formulação	27
2.3.2.1.1 Farinha de trigo	27
2.3.2.1.2 Amido de milho	27
2.3.2.1.3 Água	28
2.3.2.1.4 Açúcar e xarope de glicose	28
2.3.2.1.5 Gordura	28
2.3.2.1.6 Bicarbonato de amônio	28
2.3.2.1.7 Sal	28
2.3.2.1.8 Bicarbonato de sódio	29
2.3.2.1.9 Lecitina de soja	29
2.3.2.1.10 Metabissulfito de Sódio	29
3 OBJETIVOS	30
3.2. Objetivos específicos	30
4 METODOLOGIA	31
4.1 Matéria-prima	31

4.2	Processamento do abacate	31
4.3	Caracterização das farinhas	33
4.3.1	Umidade e atividade de água	33
4.3.2	Isotermas de sorção	33
4.3.3	Cor	34
4.4	Produção do biscoito	34
4.4.1	Formulação.....	34
4.4.2	Processo de produção	35
4.5	Caracterização da massa e dos biscoitos	37
4.5.1	Maquinabilidade	37
4.5.2	Perda de massa	37
4.5.3	Volume específico.....	38
4.5.4	Medidas de alteração de dimensões do forneamento	38
4.5.5	Cor	38
4.5.6	Textura	38
4.5.7	Umidade e atividade de água.....	39
4.6	Análise estatística.....	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	Caracterização das farinhas	40
5.1.1	Umidade.....	40
5.1.2	Atividade de água.....	40
5.1.3	Isotermas de Sorção	41
5.1.4	Cor	43
5.2	Caracterização da massa e do biscoito	44
5.2.1	Maquinabilidade da massa	44
5.2.2	Perda de massa no forneamento	44
5.2.3	Volume específico	45
5.2.4	Alteração de dimensões do forneamento	45
5.2.5	Cor	46
5.2.6	Textura	47
5.2.7	Umidade.....	48
5.2.8	Atividade de água.....	48
6	CONCLUSÕES.....	50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

O abacate *Hass* é apenas uma das muitas variedades da espécie *Persea americana*. Sendo oriundo de uma raça Guatemalense, todos os abacateiros dessa cultivar plantados no mundo provêm da propagação de uma única “árvore mãe”, sendo um dos principais abacates cultivados no mundo (SHEPHERD; BENDER, 2002). É uma variedade de interesse por ser uma das que tem maior teor de gorduras na polpa (15% de gordura) (RODRÍGUEZ-CARPENA *et al.*, 2011), e por isso é uma das variedades de interesse para extração do óleo de abacate, produto utilizado *in natura* empregado em produtos cosméticos e na alimentação em substituição ao azeite de oliva por conter semelhante perfil de ácidos graxos, principalmente em relação ao teor de ácido oleico (FERRARI, 2015).

O Brasil é o 7º produtor de abacate no mundo com produção de 266.784 ton. Sendo produzidas as seguintes variedades: Avocado (*Hass*), Breda, Fortuna, Geada, Margarida, Ouro Verde e Quintal (FAOSTAT, 2020; IBGE, 2022).

A composição morfológica do abacate *Hass* é de aproximadamente 76% de polpa, 13% de caroço e 11% de casca em peso (RODRÍGUEZ-CARPENA *et al.*, 2011), sendo descritos diversos compostos bioativos de interesse, distribuídos por todo o fruto (casca, polpa e caroço), como compostos fenólicos de diversas famílias, também foram medidas atividades antioxidantes e foi encontrada atividade antimicrobiana a algumas bactérias (RODRÍGUEZ-CARPENA *et al.*, 2011; SULERIA; BARROW; DUNSHEA, 2020; WANG; BOSTIC; GU, 2010). O processamento do abacate gera como coprodutos, o caroço, a casca e a torta desengordurada. Há pesquisas que utilizam coprodutos do abacate como ingredientes na formulação de produtos alimentícios, com o objetivo de melhorar características de saudabilidade para seus produtos (CARVALHO, 1992; FUMES, 2015; NASCIMENTO, 2014).

A casca do abacate é um subproduto do processamento do abacate e contribui significativamente para os resíduos gerados na cadeia de processamento do fruto. No entanto, já foi comprovado cientificamente que a casca do abacate pode ser utilizada para obtenção de extratos ricos em compostos fenólicos com propriedades biológicas e com potencial uso nas indústrias alimentícia e cosmética (FIGUEROA *et al.*, 2018; RODRÍGUEZ-CARPENA *et al.*, 2011; WANG; BOSTIC; GU, 2010).

O uso de coprodutos (casca e caroço) de diversos frutos como substitutos de farinha de trigo para enriquecimento de produtos como biscoitos e bolos tem sido pesquisado (ARAÚJO

et al., 2018; DOS SANTOS, STORCK, FOGAÇA, 2014; JÚNIOR *et al.*, 2009; MARQUETTI, 2014; SILVA *et al.*, 2019; SILVA, PINTO, SOARES, 2018; SILVEIRA *et al.*, 2017);

O uso de formulações alternativas de biscoitos com produtos com atividade antioxidantes com variados benefícios para saúde tende a agradar os consumidores, que se preocupam com ingredientes reaproveitados que ajudem a diminuir o desperdício e combater mudanças climáticas (ABIMAPI, 2021).

Portanto, este estudo teve por objetivo avaliar a incorporação das farinhas derivadas de diferentes partes anatômicas fruto do abacate (casca, polpa e, casca e polpa) e do coproduto da extração do óleo de casca e polpa de abacate com CO₂ supercrítico nas características tecnológicas de biscoitos tipo *snack cracker*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O ABACATE

O abacateiro é originário da América Central e do México, onde tem sido um componente alimentar básico por pelo menos 9.000 anos (CHEN *et al.*, 2009). Ele pertence à família *Lauraceae*, gênero *Persea* que se divide em três diferentes subgêneros que abrangem mais de 150 espécies: *Persea* (apenas 2 espécies, *P. americana* e *P. schiedeana*), *Eriodaphne* (cerca de 70 espécies, como *P. caerulea*, *P. Pindica* e *P. lingue*, entre outras), e *Machilus* (incluindo cerca de 80 espécies, como *P. japônica* e *P. kobu*). O membro mais relevante e amplamente estudado do gênero *Persea* é a *P. americana*, cujo fruto é o abacate comercial. É uma planta de porte médio a elevado, de rápido crescimento, atingindo 20 m de altura. Atualmente encontra-se disperso em quase todas as zonas tropicais e subtropicais, sendo cultivado em 64 países (FAOSTAT, 2020). Dentro de *P. americana*, é possível diferenciar três raças ecológicas diferentes: Mexicana, Guatemaltecos e das Índias Ocidentais (ou Antilhas). Cada raça apresenta características típicas em termos de folhas, frutos, flores e período de desenvolvimento. A maioria das cultivares comerciais de abacate são híbridos inter-raciais, desenvolvidos a partir de mudas aleatórias, com diferentes graus de hibridização (ALCARAZ HORMAZA, 2007; SCHAFFER WOLSTENHOLME WHILEY, 2012). O abacate *Hass* é apenas uma das muitas variedades da espécie *Persea americana*. Sendo oriundo de uma raça Guatemalense, todos os abacateiros dessa cultivar plantados no mundo provêm da propagação de uma única “árvore mãe”, sendo um dos principais abacates cultivados no mundo (SHEPHERD; BENDER, 2002). Seu consumo foi restrito por muito tempo pelo seu alto teor de gorduras na polpa, cerca de 11,04 g/100g muito superior se comparado com outras frutas comuns na dieta brasileira como abacaxi, banana, mamão, maracujá, melão e tangerina (de até 1g/100g) (GONDIM *et al.*, 2005).

No Brasil, tradicionalmente o abacate é associado ao sabor doce, muito consumido *in natura* ou em sobremesas. Mais recentemente influenciado pela difusão de receitas da região do México e América Central, passou a ser de interesse também em receitas salgadas como guacamole, saladas, entre outros. Também vem se destacando nos últimos anos a produção de produtos industrializados, como molhos e cosméticos com base no óleo de abacate, principalmente no sul do estado de Minas Gerais, onde produtores de azeite de oliva fizeram altos investimentos em equipamentos que eram utilizados apenas para processamento das olivas durante os meses de safra, de janeiro a abril e nos meses restantes são utilizados para a extração de óleo de abacate (NOGUEIRA-DE-ALMEIDA *et al.*, 2018).

Em 2020 o México foi o maior produtor de abacate com produção de 2.393.849 ton, seguido pela Colômbia, República Dominicana e Peru. O Brasil aparece na 7ª posição com produção de 266.784 ton. Em relação à área plantada, em 2020 o México é o maior com 224.422 ha, muito superior à da Colômbia (78.578 ha) classificada em segundo lugar, seguido do Peru, Indonésia e República Dominicana e Brasil elencado em 16º lugar, com área de 16.211 ha (FAOSTAT, 2020). O Brasil tinha 4.427 estabelecimentos produtores em 2017, sendo o maior produtor o estado de São Paulo com 130.202 ton, o que representa 48,8% da produção total do país. No Brasil, temos em produção as seguintes variedades: Avocado (*Hass*), Breda, Fortuna, Geada, Margarida, Ouro Verde e Quintal (IBGE, 2017). Destes, o *Hass* tem composição morfológica de aproximadamente 76% de polpa, 13% de caroço e 11% de casca em peso (RODRÍGUEZ-CARPENA *et al.*, 2011). Em comparação com as outras variedades é o que contém maior teor de gordura, localizada principalmente na polpa, sendo a variedade mais adequada à produção de óleo. A composição centesimal de suas frações (casca, polpa e caroço) está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição centesimal das frações do Abacate *Hass*

Fração do fruto	Umidade (%)	Lipídeos (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)
Casca	75,96	1,01	1,77	0,85
Polpa	77,38	15,8	1,83	1,01
Caroço	55,76	1,39	2,19	0,7

Fonte: Adaptado de RODRÍGUEZ-CARPENA *et al.* (2011)

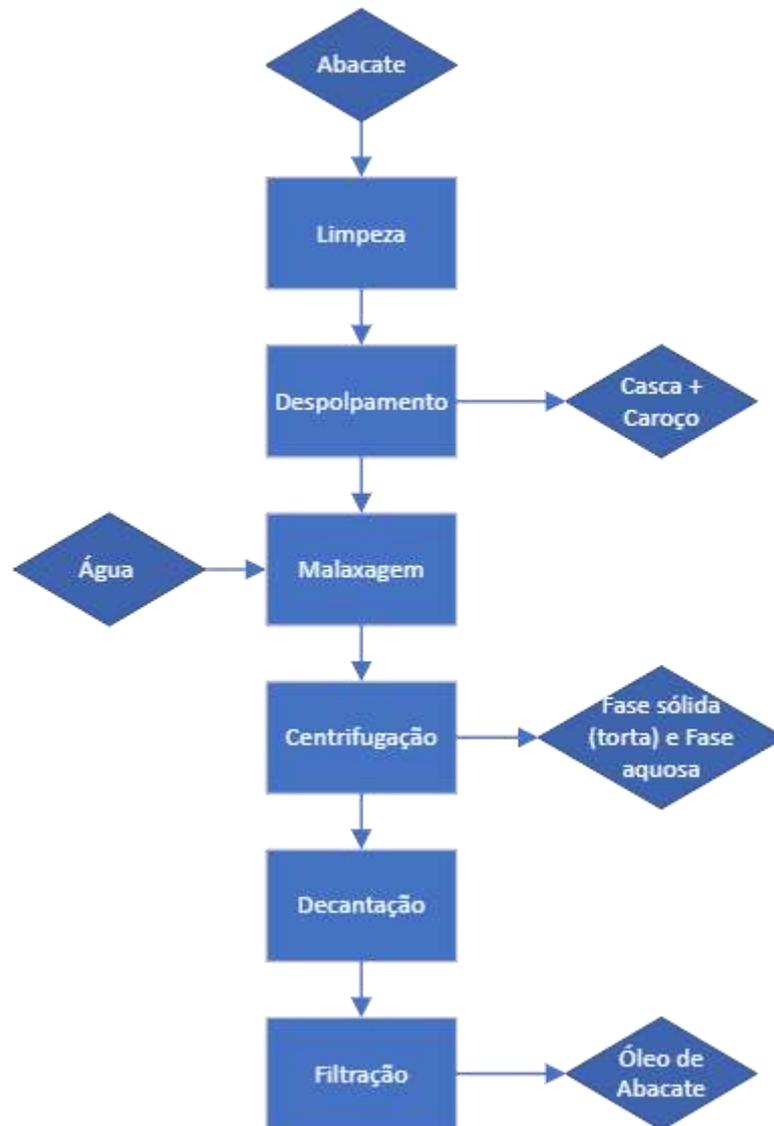
2.1.1 O óleo de abacate

O óleo extraído da polpa do abacate *Hass* tem sido indicado como uma alternativa ao azeite de oliva (FERRARI, 2015) por ter um perfil de ácidos graxos semelhante com destaque para o teor de ácido oleico. Este tem sido comercializado *in natura* ou como um dos ingredientes de molhos (exemplo marca Hass), além de cosméticos (exemplo marca Paraíso Verde).

Para o uso dos mesmos equipamentos que produzem o azeite de oliva (subutilizados fora da safra da azeitona) na produção do óleo de abacate foi proposto o processamento ilustrado na Figura 1. Os abacates são inicialmente lavados em tanque, despulpados em despulpadeira, adicionados de água na proporção 1:1 em um tanque de mistura sob agitação e aquecimento (45 a 50°C). A seguir, a separação do óleo é conduzida por centrifugação em centrífugas trifásicas e filtração em filtro prensa (FERRARI, 2015). Segundo relatado por Santana *et al.*, (2015), outras formas de extração do óleo de abacate podem ser utilizadas:

prensagem contínua ou descontínua de polpas liofilizadas ou desidratadas em estufa, extração de polpa fresca adicionada de enzimas, e extração por solventes orgânicos. Essa última não é adotada comercialmente para extração do óleo de abacate por se tratar de um processo que promove impactos negativos nas características químicas do óleo.

Figura 1 – Processo de extração do óleo de abacate



Fonte: adaptado de FERRARI (2015)

Novas tecnologias de extração estão sendo desenvolvidas, com intuito de utilização de solventes renováveis. Dentre elas está a extração supercrítica que geralmente usa como solvente o CO₂ em altíssimas pressões, e temperaturas brandas. Esta técnica tem como principal vantagem a simplicidade da etapa de separação do óleo. Quando a mistura CO₂ e óleo deixam

o extrator, o gás se separa espontaneamente do líquido, dispensando uso de novas etapas para purificação do óleo.

2.1.2 Aplicação de coprodutos do abacate

Qualquer que seja o método utilizado para a extração do óleo obtém-se como coprodutos a casca, a polpa desengordurada e o caroço. Esse resíduo sólido varia em torno de 21-30% da fruta, sendo sua composição predominante em carboidratos, como fibras (hemicelulose) e amido (especificamente no caroço), o que demonstra um potencial para produção de energia. É possível observar também a presença de compostos bioativos neste resíduo sólido, como compostos fenólicos (ARAÚJO et al., 2018).

Araújo *et al.*, (2018) apresenta algumas patentes depositadas referente ao uso de diversas partes do abacate demo

Quadro 1 – Patentes depositadas com o uso de diversas partes do abacate

Indústria de alimentos
- <i>Application of avocado seeds in beverage and avocado seed internal heat-reducing tea</i> (CN2017174030 20170210)
- <i>Culture medium derived from avocado seed material</i> (WO2014IB6620920141120)
- <i>Method for making avocado tea</i> (CN20151887121 20151207)
- <i>Avocado vinegar and making method thereof</i> (CN2015187792920151204)
- <i>Preparation method of avocado and yoghurt juice</i> (CN20161111428520161207)
- <i>Apparatus and methods for cutting avocados</i> (US20171544962520170303)
- <i>Formulation based on roselle plant calices compounds for disinfecting or preserving avocado</i> (MX20150017441 20151216)
- <i>Avocado paste elaboration process through the ultrafast expansion process</i> (MX20150015352 20151105)
- <i>Nutritional fruit juice</i> (CN20151866395 20151127)
- <i>Avocado wine</i> (CN2017163431 20170203)
Indústria cosmética
- <i>A herbal cream</i> (PH20162000705U 20160923)
- <i>Process of producing herbal tea and the product derived thereof</i> (PH2016200014 U20161215)
- <i>Traditional Chinese medicine mask</i> (CN20171151714 20170315)
- <i>Avocado facial cleanser and preparation method thereof</i> (CN201611075684 20161130)
Saúde
- <i>Avocado-derived lipids for use in treating leukemia</i> (US20151551791420151009)
- <i>Natural extracts for modulating pp2a methylation, and providing antioxidant and anti-inflammatory activity</i> (US201515327875 20150722)
- <i>Topical mosquito control product with sunscreen</i> (US201662281369P20160121)
- <i>New hair repairing permanent process</i> (KR20160084291 20160704)

Fonte: adaptado de ARAÚJO *et al.* (2018)

Além das patentes citadas diversas publicações fazem utilização de coprodutos do abacate, como a aplicação da farinha do caroço em substituição a parte da farinha para produção de biscoito tipo cookie, com objetivo de incremento nutricional, considerando os teores de minerais e compostos bioativos presentes no caroço; também é descrita a substituição de parte da farinha de trigo por farinha da casca do abacate em pão baguete, onde se concluiu que o pão e seu processamento preserva as qualidades nutricionais da casca, o pão também apresentou aumento da quantidade de fibras comparado com a receita tradicional; e também uso de resíduo da extração do óleo de abacate como suplementação para ração de animais e matéria prima para a produção de furfural (CARVALHO, 1992; FUMES, 2015; NASCIMENTO, 2014).

2.1.3 Composição de micronutrientes nas cascas de abacate *Hass*

Os teores de minerais nas cascas de abacate *Hass* em mg/100g que são: 236 de potássio, 123 de cálcio, 76,75 de sódio, 26,24 de magnésio, 2,18 de ferro, 1,24 de zinco e 0,18 de cobre. Se comparado com cascas de outras frutas, a casca do abacate se destaca pelo alto teor de ferro e de cálcio, sendo superada apenas pela casca de tangerina. O teor de cálcio e ferro presentes na casca do abacate *Hass* representam respectivamente 14 e 15% da ingestão diária recomendada para um adulto (GONDIM *et al.*, 2005).

2.1.3.1 Composição em ácidos graxos das cascas de abacate *Hass*

Na Tabela 2 apresenta a composição em ácidos graxos do óleo da casca de abacate, em mg/100g em base seca (MORAIS *et al.*, 2016).

Tabela 2 - Composição em ácidos graxos do óleo da casca do Abacate *Hass*.

Ácido Graxo	Simbologia	mg/100g
Mirístico	14:0	5,2
Palmítico	16:0	588,5
Palmitoleico	16:1 n-9	71
Esteárico	18:0	22,6
Oléico	18:1 n-9	822,7
7-Octadecenoico	18:1 n-7	86,8
Linoléico	18:2 n-6	466,4
Alfa-linolênico	18:3 n-3	113,2
Ácido eicosenoico	20:1 n-9	5,5
11,14-eicosadienóico	20:2 n-6	4,2

Fonte: Adaptada de MORAIS *et al.* (2017).

2.1.3.2 Compostos bioativos das cascas de abacate e capacidade antioxidante

Diversos compostos bioativos presentes nas cascas do abacate são reportados na literatura, através da utilização de solventes GRAS (geralmente reconhecido como seguro) etanol e água e técnicas de extração acelerada (ASE) são identificadas então na fração polar um total de 61 compostos fenólicos de diversas famílias no abacate sendo as majoritárias as procianidinas, flavonóis, ácidos hidroxibenzóico e hidroxicinamico (FIGUEROA *et al.*, 2018). Também foram identificados o conteúdo de compostos fenólicos e seus potenciais antioxidantes nas cascas de 20 diferentes frutas, onde a casca do abacate *Hass* se destaca com maiores valores de atividade antioxidante pelo método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) com resultados similares aos das cascas de manga e toranja. Além disso, apresenta resultados satisfatórios nas medidas de atividade antioxidante pelos métodos ABTS (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) e TAC (Capacidade Antioxidante Total) (SULERIA, BARROW, DUNSHEA, 2020). O total de compostos fenólicos de extratos do fruto usando diferentes solventes (acetato de etila, acetona e metanol) em dois tipos de abacate o *Fuerte* e o *Hass*, em cada uma das suas partes (casca, polpa e caroço), constatou os maiores valores na casca quando a extração foi conduzida por acetona (RODRÍGUEZ-CARPENA *et al.*, 2011).

Foi verificado que na casca e caroço são encontrados mais compostos fenólicos que na polpa, o que abre interesse nessas frações que são as principais em quantidade de coproduto do abacate. Também entre os cultivares de abacate, o *Hass* apresenta os maiores valores de compostos fenólicos e de capacidade antioxidante na casca. Com relação a pigmentos, a quantidade de clorofila se mostra praticamente igual entre a polpa e a casca, sendo maior no caroço; e a quantidade de carotenoides totais é maior na casca, o que também se repete em relação a capacidade antioxidante, onde na casca o teor de fenólicos totais é maior que na polpa, porém menor que no caroço; o índice DPPH é mais abundante na casca, assim como o valor de ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*) (WANG, BOSTIC, GU, 2010).

Os dados acima mostram uma grande possibilidade de uso dos coprodutos da produção de óleo de abacate em substituição a antigos ingredientes utilizados como estabilizantes pela indústria de alimentos e cosméticos como o BHA (2 e 3 2-terc-butil-4-hidroxianisol) e BHT (2,6-bis(1,1-dimetiletil)-4-metilfenol) ambos usados na indústria de alimentos e cosméticos como antioxidantes, mas que já são apontados como suspeitos de serem carcinogênicos (FIGUEROA *et al.*, 2018).

2.1.3.3 Atividade antimicrobiana da casca de abacate

A casca do abacate *Hass* apresenta atividade antimicrobiana para *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas spp.* e *Yarrowia lipolytica* (RODRÍGUEZ-CARPENA et al., 2011).

2.2 FARINHAS

2.2.1 Descrição

De acordo com a RDC 711 de 1 de julho de 2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2022) , farinhas são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, caroços, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos. As farinhas mais tradicionais são de trigo, milho, mandioca, centeio, e outros cereais e tubérculos, sempre tradicionalmente produtos com alto teor de amido, que compõe diferentes usos tradicionais, em panificação e confeitaria, ou também em pratos da culinária tradicional, como a farinha de mandioca e milho.

2.2.2 Farinhas alternativas

Como a legislação inclui frutos e caroços é uma possibilidade o uso de frutas ou coprodutos de processamento de frutas como substituto de parte das farinhas tradicionais para enriquecimento de micronutrientes e compostos bioativos nos produtos.

A utilização de farinha de cascas de frutos como substituta de parte da farinha de trigo em produtos de panificação e confeitaria tem sido estudada, como na farinha de casca de jabuticaba com o intuito de avaliar o efeito do processamento da farinha nos teores dos compostos bioativos e a substituição de parte da farinha de trigo pela farinha das cascas de jabuticaba em biscoito tipo cookie com o intuito de trazer propriedades funcionais (MARQUETTI, 2014), também na substituição da farinha da casca de pequi em biscoitos tipo *cookie* com objetivo de agregar valor nutricional ao biscoito (JÚNIOR *et al.*, 2009), os mesmos objetivos da farinha da casca de limão substituta a parte da farinha de trigo em biscoitos (DOS SANTOS, STORCK, FOGAÇA, 2014) e da farinha da casca de abacaxi perola e maracujá rubi do cerrado com o objetivo de dar destino a resíduos agroindustriais e aplicação em biscoito tipo *cookie* com o objetivo de melhorar seus valores nutricionais (ARAUJO, 2019). Não foram

encontrados estudos utilizando cascas ou polpa de abacate para a substituição da farinha de trigo em biscoitos.

Outra parte das frutas utilizada para elaboração de farinhas para substituir parte da farinha de trigo são os caroços. Alguns estudos avaliaram o uso de farinha de amêndoa de pequi para produção de biscoito tipo *cookie* (SILVA, PINTO, SOARES, 2018), utilização de farinha de caroço de abóbora na elaboração de biscoitos como fonte de fibra alimentar (SILVA, SCHLABITZ, VOLKEN DE SOUZA, 2010), aproveitamento da farinha de caroço de goiaba na elaboração de biscoitos (SILVEIRA *et al.*, 2017) e elaboração de biscoito tipo *cookie* a partir de farinha do caroço do abacate (SILVA *et al.*, 2019).

2.2.3 Qualidade da farinha

2.2.3.1 Atividade de água

A atividade de água (a_w) é a razão entre pressão do vapor d'água da amostra e a da água pura à mesma temperatura (Equação 1) (FORSYTHE, 2013). A atividade de água influi diretamente na qualidade microbiológica do produto; quanto menor a atividade de água, mais reduzida será a multiplicação microbiana, e vice-versa os microorganismos apresentam também exigências mínimas para multiplicação, onde a a_w é um fator e segundo (FORSYTHE, 2013).

$$a_w = \frac{\text{pressão do vapor da água da amostra}}{\text{pressão do vapor da água pura}} \quad (1)$$

A atividade de água influencia reações de degradação ou mudança de características. Para a reação de *Maillard* (reação não enzimática de escurecimento) ocorrer, é necessária uma atividade de água entre 0,6 e 0,7 e em alimentos de alto teor lipídico baixas taxas de atividade de água propiciam oxidação lipídica e devem ser armazenados em embalagens impermeáveis ao oxigênio (OKOS *et al.*, 2019).

2.2.3.2 Isotermas de sorção

As isotermas de sorção de vapor de água por matérias-primas vegetais é uma curva que relaciona a atividade de água com a umidade do material, a uma mesma temperatura. Os modelos de sorção estão diretamente associados às características físico-químicas destes materiais. Uma das principais aplicações dos modelos matemáticos de isotermas consiste na

estimativa da energia de ligação da água com os constituintes do meio. Além disso, o teor de água na monocamada molecular (X_m) indica sua relação com as reações químicas ou com outras interações com o meio ambiente, determinantes para a deterioração dos materiais biológicos, através das superfícies do material (PARK *et al.*, 2008).

O modelo de Anderson, (1946); Boer, (1953); Guggenheim, (1967) (GAB) é o mais usado pois permite um bom ajuste dos dados de sorção obtidos para matérias-primas vegetais até uma atividade de água próxima a 0,9. A equação de GAB é expressa como:

$$X_{eq} = \frac{X_m * C * K * a_w}{(1 - K * a_w) * (1 - K * a_w + C * K * a_w)} \quad (2)$$

Onde X_{eq} (umidade de equilíbrio) pode ser calculado pela Equação (3)

$$X_{eq} = \frac{\text{massa final} - \text{massa seca}}{\text{massa seca}} \quad (3)$$

Na equação (2), X_m é a umidade na monocamada molecular e as constantes de adsorção C e K estão relacionadas com as interações energéticas entre as moléculas da monocamada e as subsequentes, num dado sítio de sorção (PARK *et al.*, 2008).

A determinação dessa equação permite prever valores de umidade para determinada atividade de água a que o produto estiver exposto.

2.3 BISCOITOS

Biscoitos são os produtos obtidos pela mistura de farinha, amido e/ou fécula com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não e, podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (ANVISA, 2022). São constituídos basicamente de farinha de trigo, açúcar e gordura, com baixo teor de umidade. Se o acondicionamento for feito em embalagens que não permitam a entrada de umidade, apresentam longa vida de prateleira (SILVA, SCHLABITZ, DE SOUZA, 2010). Alguns estudiosos afirmam que o termo biscoito é oriundo do latim *biscoctus*, que significa cozido duas vezes. Inicialmente, os biscoitos eram assados em fornos quentes e depois transferidos para fornos mais frios. Atualmente, existem inúmeros tipos de biscoitos e muitos deles não são cozidos duas vezes (PENTEADO, 2012; SILVA, SCHLABITZ, DE SOUZA, 2010).

Em 2020, a presença de biscoitos nos lares brasileiros foi de 99,7%. Em 2021, foram vendidos R\$ 22,321 bilhões em biscoitos, com 1,516 milhões de ton. vendidas, o que representa um valor per capita de 7,211 kg/habitante. Segundo este mesmo levantamento o preço médio de compra fica em torno de R\$ 12,35 o quilo, onde o volume de venda se distribui da seguinte maneira: 33,7% de salgados; 38,4% de secos/doces; 6,9% *wafer*; 18,1% recheados; 1,1% tortinhas; 1,2% *cookies*, e 0,5% outros (ABIMAPI, 2021).

Segundo o Anuário 2021 da Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI, 2021), o uso de formulações alternativas com produtos antioxidantes com variados benefícios para saúde tendem a agradar os consumidores, que também se preocupam com ingredientes reaproveitados que ajudem a diminuir o desperdício e combater mudanças climáticas.

2.3.1 Classificação biscoito

Os biscoitos podem ser classificados de várias formas, incluindo: (1) pelo nome – biscoitos, *crackers* e *cookies* – que é baseado na textura e dureza; (2) pelo processo de formatação – laminado, extrusado, moldado, entre outros; e (3) pelos níveis de açúcar e gordura na formulação – massa macia e massa dura (MANLEY, 2001). Em geral, engenheiros classificam os biscoitos pelo tipo de processo (SILVA; SCHLABITZ; DE SOUZA, 2010).

2.3.2 Ingredientes e aditivos da formulação

2.3.2.1.1 Farinha de trigo

A farinha de trigo é o maior componente da formulação dos biscoitos. No caso dos biscoitos a farinha ideal é a com menor qualidade de proteína e glúten, onde do primeiro se acima de 9,0% podem trazer problemas no processamento de acordo com Manley (2011). Essa quantidade ideal pode ser ajustada com uso de aditivos e técnicas de processamento.

2.3.2.1.2 Amido de milho

O uso do amido de milho traz para o biscoito uma textura mais delicada. Seu uso principal é como um ‘diluyente’ da farinha de trigo, reduzindo o teor de proteína e glúten, e garantindo uma farinha mais seca para o armazenamento (MANLEY, 2011).

2.3.2.1.3 Água

A água tem papel de hidratar a farinha, dissolver algumas proteínas propiciando a formação da rede de glúten, mas também é responsável por ser meio para as reações enzimáticas e fermentativas (MATUDA, 2008).

2.3.2.1.4 Açúcar e xarope de glicose

Os açúcares redutores são responsáveis pela reação de *Maillard*, juntamente com aminoácidos, o que vai gerar a cor desejada, juntamente com a caramelização do açúcar no último estágio do forneamento. O uso de menores granulometrias vão propiciar uma melhor dissolução deste na massa influenciando em uma superfície final mais lisa e com menos rachaduras, reduzindo também a capacidade de retenção de água no início do forneamento (LAI, H. M.; LIN, T. C., 2005).

2.3.2.1.5 Gordura

Gorduras são um dos principais ingredientes do biscoito, junto com açúcar, e a farinha. Tem como principal função recobrir os grânulos de farinha e açúcar, reduzindo a possibilidade de formação de glúten, já que a água não consegue acessar a farinha, isso torna o biscoito mais macio (MANLEY, 2001).

2.3.2.1.6 Bicarbonato de amônio

O bicarbonato de amônio colabora com a formação de massas mais macias se dissociando completamente em $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ sob ação do calor. É um sal muito alcalino reduzindo a necessidade de água para conseguir massas macias (MANLEY, 2011).

2.3.2.1.7 Sal

O sal tem como funções deixar a massa menos pegajosa, através do fortalecimento da rede de glúten, melhorar a retenção de gás, além de contribuir para o sabor do produto (MANLEY, 1998).

2.3.2.1.8 Bicarbonato de sódio

O bicarbonato de sódio é um dos fermentos utilizados e funciona como neutralizante da acidez da farinha de trigo e de outros ingredientes. Atua no crescimento da massa quando se decompõe em $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}$ (LAI, H. M.; LIN, T. C., 2005; MANLEY, 2001).

2.3.2.1.9 Lecitina de soja

A lecitina de Soja é um emulsificante. Tem função de melhorar a laminação da massa, garantir textura e a expansão do biscoito quando forma complexo com amido e proteínas (MELLO, ALMEIDA, MELO, 2019).

2.3.2.1.10 Metabissulfito de Sódio

O Metabissulfito de sódio é um agente redutor, causa modificação na força do glúten, resultando em uma massa mais extensiva e menos elástica, auxiliando na laminação do biscoito (DAVIDSON, 2019).

3 OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Esse estudo tem como objetivo geral avaliar a viabilidade tecnológica da produção de biscoitos tipo *snack cracker* elaborados com coprodutos do processamento do abacate.

3.2. Objetivos específicos

- Verificar a viabilidade de produção de farinhas a partir dos coprodutos do processamento do abacate;
- Avaliar parâmetros de qualidade das farinhas de coprodutos do processamento do abacate que possam auxiliar na determinação de condições de armazenamento;
- Verificar qual farinha do coproduto do processamento de abacate (casca, polpa ou casca e polpa) propiciará a obtenção de biscoito *snack cracker* com melhor qualidade tecnológica;
- Avaliar se existe diferença de performance tecnológica da farinha de casca de polpa *in natura* ou deslipidificada após o processo de extração do óleo por CO₂ supercrítico.

4 METODOLOGIA

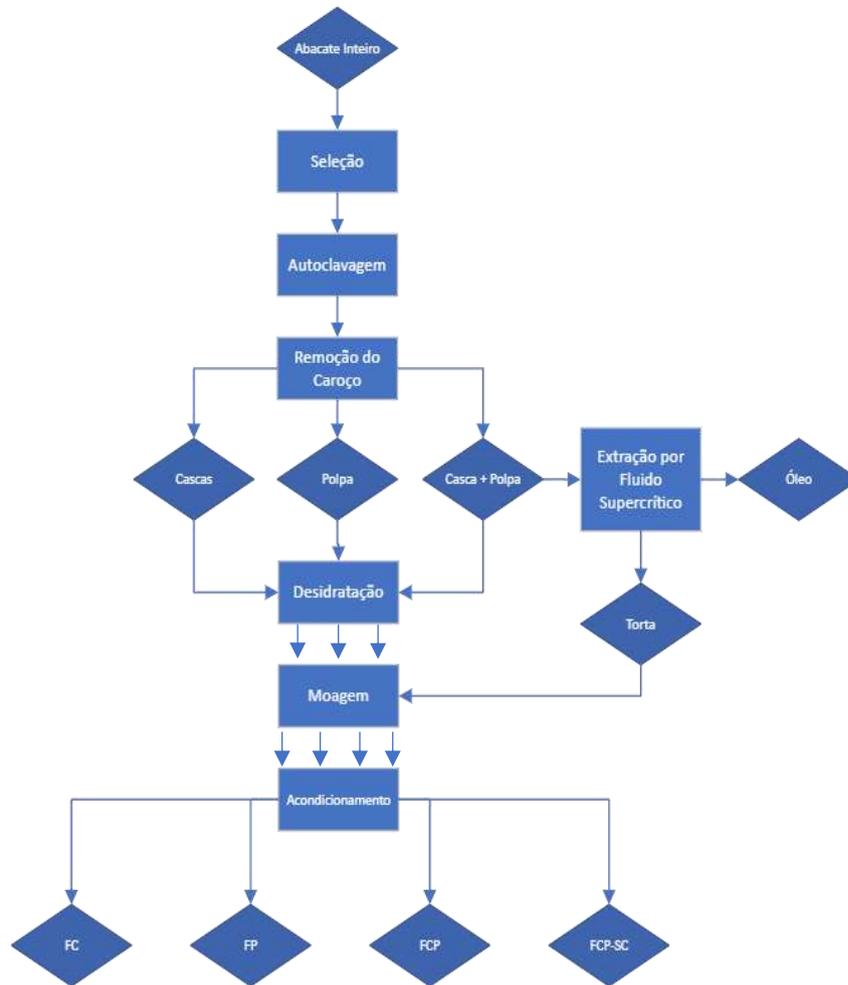
4.1 Matéria-prima

Os abacates da variedade *Hass* utilizados no processamento das farinhas foram colhidos na cidade de Bauru – SP pertencentes ao lote 4P221122, embalados no dia 26/11/2022 e comercializados pela empresa Jaguacy, os utilizados para a extração supercrítica foram cultivados no município de Aguai – SP.

4.2 Processamento do abacate

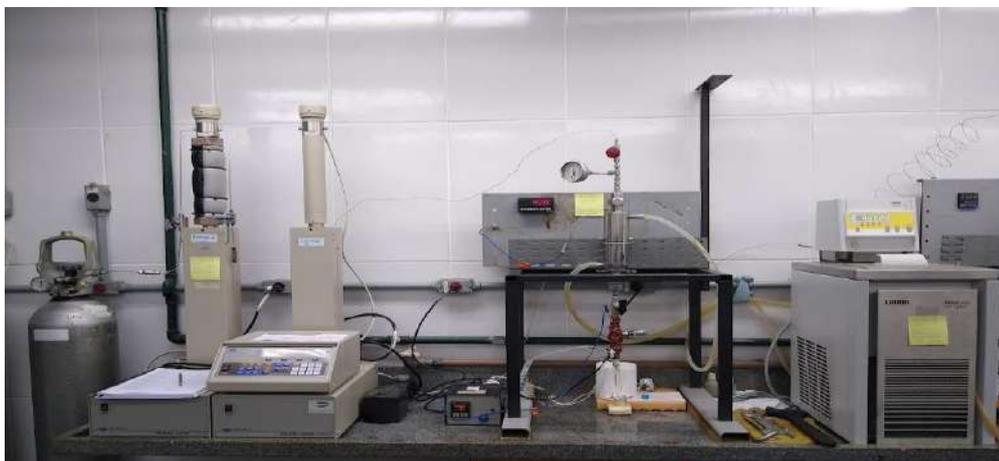
O fluxograma do processamento do abacate está apresentado na Figura 2. Os frutos foram selecionados para remoção daqueles com defeitos e, a seguir, passaram por inativação enzimática em autoclave a 115 °C por 5 min. Após resfriamento, os abacates foram cortados ao meio com auxílio de uma faca e seus caroços foram removidos. A polpa e a casca, separadamente e em conjunto, foram fatiadas, manualmente com auxílio de uma faca, no sentido longitudinal em lâminas com espessura de ~1 cm. Posteriormente, foram desidratadas em secador convectivo DMS-P (Macanuda, Brasil) a 60 °C até atingir umidade constante (~36 h). A partir daqui duas vias de processamento foram seguidas. Na primeira via, polpa e casca, separadamente e em conjunto, foram trituradas em processador de alimentos BL 3009 BS (TGK, China) para produção da farinha de casca (FC), farinha de polpa (FP) e farinha de casca e polpa (FCP). Na segunda via de processamento, polpa e cascas secas conjuntamente foram inseridas em célula extratora desenvolvida pela Universidade de Maringá (Figura 3) para realização da extração por CO₂ supercrítico utilizando pressão que variou de 150 bar a 320 bar e temperaturas que variaram de 40 °C a 60 °C, obtendo-se então óleo, e como subproduto a torta desengordurada, a qual foi triturada em processador de alimentos BL 3009 BS (TGK, China) gerando a farinha de casca e polpa após extração supercrítica (FCP – SC). As farinhas das duas vias de processamento foram acondicionadas em sacos plásticos fechados de polietileno e mantidas refrigeradas em geladeira a 10°C até a realização das análises de caracterização e produção dos biscoitos.

Figura 2 – Fluxograma do processo de obtenção das farinhas de coprodutos do processamento do abacate



Fonte: elaboração própria

Figura 3 – Célula extratora desenvolvida pela Universidade de Maringá



Fonte: LEAL, 2021

4.3 Caracterização das farinhas

4.3.1 Umidade e atividade de água

O teor de umidade foi avaliado em analisador de umidade MA145 (Sartorius, Alemanha) utilizando 1 g de amostra conforme método descrito por NIELSEN (2010). A atividade de água foi verificada em equipamento Aqualab serie 3 (Meter, Alemanha) utilizando com aproximadamente 7 mL de amostra.

4.3.2 Isotermas de sorção

As isotermas de sorção foram realizadas pela exposição das farinhas a diferentes atmosferas com diferentes atividades de água segundo o método estático gravimétrico adaptado de Sahin, Sumnu, (2006). As farinha (1 g) foram armazenadas por 7 dias em dessecadores que possuíam em seus fundos soluções salinas saturadas conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3 – Soluções salinas supersaturadas

Sais	Quantidade (g/100g H ₂ O)	A _w a 25°C
LiCl	150,39	0,093
MgCl ₂	200,05	0,327
K ₂ CO ₃	200,06	0,438
NaCl	198,72	0,753
BaCl ₂	249,98	0,903
H ₂ O pura	-----	1,000

Fonte: adaptado de GRESMSPAN (1977)

As curvas que representam as isotermas de sorção mostram a relação entre a atividade de água (a_w) e a umidade de equilíbrio (X_{eq}). A partir dos dados experimentais foi feita uma estimativa inicial da umidade na monocamada (X_m) usando o software Excel. Um ajuste não linear dos dados à equação proposta por GAB (ANDERSON, 1946; BOER, 1953; GUGGENHEIM, 1967) foi conduzido usando-se o software STATISTICA (v13.0), obtendo-se os valores dos 3 parâmetros do modelo: X_{eq} , C e K. C e K são constantes de adsorção que relacionadas às energias de interação entre a primeira e outras moléculas sorvidas. Com estes parâmetros pode-se estimar a umidade de equilíbrio em função da atividade de água do meio, o que possibilita selecionar as condições ideais de armazenamento das farinhas.

4.3.3 Cor

A cor foi avaliada em colorímetro CR-400 (Konica Minolta, Japão) empregando sistema de cor CIEL*C*h conforme KONICA MINOLTA (2015) com iluminante D65 e ângulo de visão de 10°.

4.4 Produção do biscoito

4.4.1 Formulação

Para a produção dos biscoitos tipo *snack cracker* utilizou-se formulação de Manley (2001) com pequenos ajustes de aditivação e quantidades de amido e água devido à variação da farinha de trigo empregada (Tabela 4). Foram realizados pré-testes para ajustar a formulação em função das características reológicas necessárias da massa ao processo (a massa deveria passar adequadamente pelos rolos de laminação e formatação sem contração).

Tabela 4 – Formulação padrão do biscoito tipo *snack cracker*

Ingrediente	Massa (% base farinha*)	Marca	Lote
Farinha de trigo (5% proteína)	85	Dona Benta (J.Macedo S.A.)	07/2022
Amido de milho	15	Maizena (Unilever Brasil Industrial LTDA)	G9F
Água	25	-	-
Glicose de milho	16	Arcólor (Arco-íris Brasil ind. Com. De prod. Alimentícios LTDA)	244667
Gordura de palma	14	Tauá (Dendê do Tauá S/A)	199 BD
Bicarbonato de amônio	3	Adicel Ind. E Com. LTDA	084811
Açúcar	3	União	B11L110822
Sal	1	Cisne (Refinário Nacional de Sal S.A.)	106221
Bicarbonato de sódio	1	Adicel Ind. E Com. LTDA	06102021
Lecitina de soja	0,28	Adicel Ind. E Com. LTDA	LC050511052 2ORL
Metabissulfito de sódio	0,008	Adicel Ind. E Com. LTDA	086119
Glutaciona	0,006	Granolab (Granotec do Brasil S.A. Biotecnologia e Ingredientes)	461L.18

* Farinha = farinha de trigo + amido de milho
Fonte: elaboração própria.

Além do biscoito com a formulação padrão, foram produzidos biscoitos com 4 formulações diferentes por substituir 10% base farinha do amido de milho por cada uma das farinhas FC, FP, FCP ou FCP – SC, ou seja, as formulações elaboradas com as farinhas de coprodutos tiveram adição de apenas 5% base farinha de amido de milho ao invés de 15% base farinha da formulação padrão.

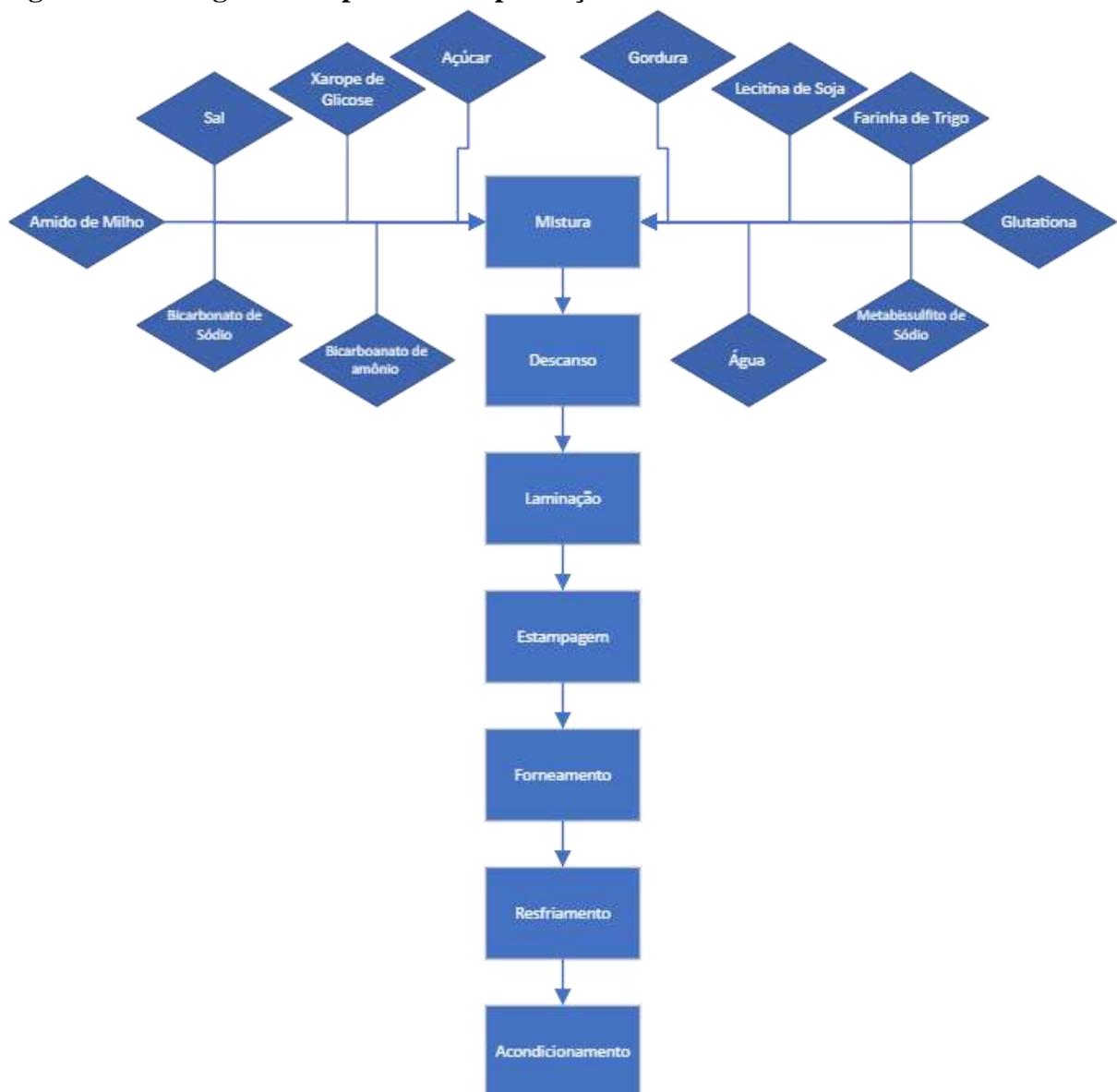
4.4.2 Processo de produção

Para a produção da massa foi utilizada batedeira planetária Deluxe Inox SX84 (Arno, Brasil) utilizando misturador tipo globo. Farinha, amido de milho, sal e glutatona foram pesados, misturados e reservados. Na batedeira foram adicionados a gordura de palma, o xarope de glicose, a lecitina de soja e o açúcar e misturados em velocidade baixa por 5 min até apresentar consistência de creme. Posteriormente, foi adicionada a mistura reservada anteriormente e realizou-se mistura em velocidade baixa por 7 min. Foi adicionado o bicarbonato de sódio e após, o metabissulfito dissolvido em pequena quantidade da água e misturados por 1 min. Foi dissolvido no restante da água, o bicarbonato de amônio, adicionado e misturado em velocidade baixa por 5 min. Foi observada a formação de uma farofa (grânulos soltos) que tende a se aglomerar ao misturar. A massa foi reunida, acondicionada em filme PVC para evitar o contato com o ambiente e, deixada em descanso por 15 min. A massa foi então laminada em cilindro laminador Cilindro Multiuso PRO (Anodilar, Brasil) até a espessura de 1 mm, a qual foi verificada utilizando a haste de profundidade do paquímetro digital 150 (MTX, Brasil): ajustada a 1,05 mm sem marcar a massa e quando ajustada em 0,95mm o encosto do guia do paquímetro marcando a massa, medidos em pontos aleatórios na extensão da massa. A massa foi estampada com rolo estampador (Graver, Brasil), contendo quadrados de 2 x 2 cm, e pinos internos, e após disposta em assadeira perfurada e assada ao forno turbo FTT 150E (Tedesco, Brasil) a 160°C por 7 min de acordo com as condições do Quadro 3. Os biscoitos foram retirados do forno e acondicionados em embalagens laminadas após resfriados. A Figura 4 traz um fluxograma do processo descrito acima.

Quadro 3 – Condições utilizados durante o forneamento

Tempo (min)	Turbina	Exaustão
2	Ligada	Fechada
3	Ligada	Aberta
2	Desligada	Aberta

Fonte: elaboração própria

Figura 4 – Fluxograma do processo de produção dos biscoitos

Fonte: elaboração própria

4.5 Caracterização da massa e dos biscoitos

4.5.1 Maquinabilidade

A maquinabilidade traz informações sobre o comportamento da massa perante os equipamentos e etapas de produção, seguindo escalas de pontuação descritas por Penteado (2012) com modificações. A qualidade de laminação diz sobre a facilidade da passagem da massa pelos cilindros laminadores de acordo com a escala descrita do Quadro 4. A pegajosidade da massa, tendência a retração e perda de coesão seguem a escala apresentada no Quadro 5.

Quadro 4 - Escala de pontuação para a qualidade de laminação

Nota	Classificação	Comportamento da massa
1	Péssima	Não passa pelos cilindros
2	Ruim	Passa pelos cilindros perdendo massa
3	Regular	Passa pelos cilindros com dificuldade
4	Boa	Passa pelos cilindros sem dificuldade
5	Ótima	Passa perfeitamente pelos cilindros

Fonte: Penteado (2012), adaptado

Quadro 5 - Escala de pontuação para avaliação da pegajosidade, da tendência à retração e da perda de coesão da massa durante as etapas de laminação e estampagem

Nota	Classificação
1	Pouco
2	Regular
3	Muito

Fonte: Penteado (2012), adaptado

4.5.2 Perda de massa

A perda de massa avalia a capacidade de desidratação do biscoito quando exposto ao forneamento. O cálculo é feito através da Equação 4 e os valores de ‘massa antes’ e ‘massa após’ são uma média de 10 biscoitos escolhidos aleatoriamente antes e após o forneamento.

$$Perda\ de\ Massa = \frac{massa\ antes - massa\ após}{massa\ antes} \quad (Eq. 4)$$

4.5.3 Volume específico

O volume específico foi determinado de acordo com o método n° 10.05-01 da AACC Internacional Methods.

4.5.4 Medidas de alteração de dimensões do forneamento

O fator de crescimento vertical (Fc_{vert}) foi calculado pela Equação (5). A medida da espessura dos biscoitos é determinada pela média da espessura de 6 biscoitos, escolhidos aleatoriamente, empilhados e medidos por paquímetro 150 (MTX, China). O valor da espessura da massa foi definido em 1 mm e especificado no item 4.4.2

$$Fc_{vert} = \frac{espessura_{biscoito} - espessura_{massa}}{espessura_{massa}} \times 100 \quad (5)$$

O fator de crescimento horizontal (Fc_{horiz}) é calculado pela Equação (6). O comprimento dos biscoitos é obtido pela média da medida com régua de 6 biscoitos escolhidos aleatoriamente dispostos lado e após igualmente girados de 90°. O comprimento da massa é a medida interna da forma do rolo estampador e foi medido com paquímetro 150 (MTX, China).

$$Fc_{horiz} = \frac{comprimento_{biscoito} - comprimento_{massa}}{comprimento_{massa}} \times 100 \quad (6)$$

4.5.5 Cor

A cor dos biscoitos foi determinada de acordo com o exposto na seção 4.3.3.

4.5.6 Textura

A textura dos biscoitos foi realizada em texturômetro (TA-XT plus, Stable Micro Systems, USA), com célula de carga de 30 Kgf e *probe* tipo *three-point bending* (HDP/3PB), com plataforma inferior HDP/90 ajustada para espaçamento de 18 mm. Os parâmetros de análise foram extraídos e adaptados da metodologia “*Measurements of the hardness and resistance of biscuits/cookies to bend or snap*” (Ref: BIS4/3PB), fornecida pelo fabricante, utilizando como velocidade de teste 3,0 mm/s, velocidade pré-teste de 1,0 mm/s, velocidade pós-teste de 10,0 mm/s; distância de 5,0 mm; e medida de força em compressão. Foram

utilizados os valores da força máxima obtida durante a quebra do biscoito (dureza) e a distância que o *probe* percorre até atingir a máxima força (fraturabilidade).

4.5.7 Umidade e atividade de água

Os biscoitos foram triturados e em processador de alimentos BL 3009 BS (TGK, China) e após os procedimentos foram realizadas de acordo com o item.4.3.1.

4.6. Análise estatística

O processo de produção dos biscoitos foi realizado em triplicata. As medidas dos itens umidade e atividade de água, cor da farinha, maquinabilidade, perda de massa, volume específico, medidas de alteração de dimensões do forneamento, cor do biscoito, umidade e atividade de água do biscoito foram realizadas em triplicata e seus resultados submetidos à Análise de Variância e posteriormente, ao Teste de Tukey, se necessário, ao nível de significância de 5%. As isotermas de sorção foram realizadas em triplicata e os dados foram utilizados para ajustar uma equação não linear através do software STATISTICA (v.13). Os valores de X_m foram estimados e a triplicata da massa X_m foi submetida à Análise de Variância e posteriormente, ao Teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. A determinação dos parâmetros de textura dos biscoitos foi repetida 20 vezes; desses valores foram retirados os *outliers* até o coeficiente de variação ser menor que 20%, e então foi submetido à Análise de Variância e posteriormente, ao Teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização das farinhas

5.1.1 Umidade

FCP-SP apresentou maior teor de umidade em relação a todas demais farinhas ($p < 0,05$). FC, FP e FCP contém teores aproximados de lipídeos de respectivamente 3,52%, 60,17% e 52,1%. A FP e a FCP não apresentaram diferença no teor de umidade ($p < 0,05$), o que pode ser justificado pela pequena diferença de composição, onde a primeira é composta exclusivamente pela polpa de abacate, e a outra a junção da polpa com a casca do abacate, onde a casca representa 13% desta farinha. O alto teor de lipídeos em FP e FCP pode explicar o baixo teor de umidade destas pela insolubilidade à água que as longas cadeias dos triglicerídeos apresentam (BELITZ; GROSCH; SCHIEBERLE, 2009). Todas as farinhas apresentam umidade abaixo do exigido pela legislação: abaixo de 15% (ANVISA, 2022).

Tabela 5 – Umidade das farinhas de coprodutos do processamento do abacate

	FC	FP	FCP	FCP-SC**
Umidade (%)	$4,67 \pm 0,10^b$	$3,64 \pm 0,16^c$	$3,93 \pm 0,46^c$	$5,64 \pm 0,02^a$

* FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: ** LEAL, 2022 e elaboração própria

5.1.2 Atividade de água

Todas as farinhas apresentaram atividade de água inferior a 0,6, indicando que elas apresentarão estabilidade microbiológica ($a_w < 0,7$) e estabilidade quanto a reações enzimáticas (que ocorrem na faixa $0,6 < a_w < 0,7$) durante o armazenamento (FORSYTHE, 2013; OKOS et al., 2019). Todas as farinhas apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre si quanto à atividade de água (Tabela 6), sendo o menor valor o da FCP-SC, o que pode ser explicado pelo processo de extração supercrítica a que foi submetido, que tem por características retirar a água juntamente com o CO₂ pela exposição a temperatura e pressão exercidas. FP e FCP apresentam valores mais próximos, o que se relaciona com a composição muito semelhante.

Tabela 6 – Atividade de água das farinhas de coproduto do processamento do abacate

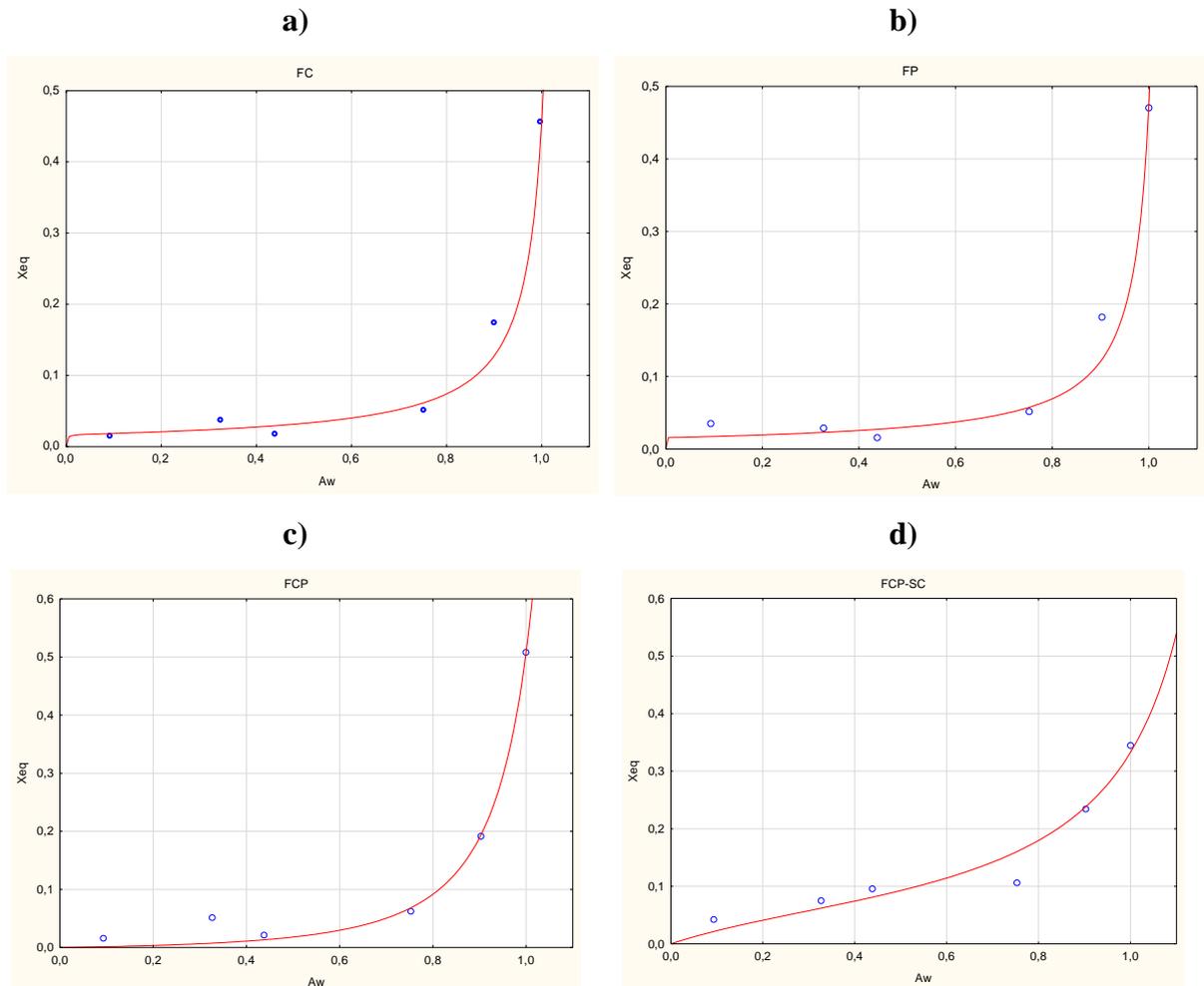
	FC	FP	FCP	FCP-SC
a_w	$0,486 \pm 0,003^c$	$0,515 \pm 0,003^b$	$0,521 \pm 0,01^a$	$0,244 \pm 0,004^d$

* FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

5.1.3 Isotermas de Sorção

As curvas das isotermas de sorção das farinhas estão apresentadas na Figuras 5. Os pontos representam as médias das medidas (X_{eq}) e as linhas o modelo ajustado de acordo com a Equação (2) de GAB.

Figura 5 – Isotermas de sorção das farinhas de coprodutos do processamento do abacate

a) FC, b) FP, c) FCP e d) FCP=SP. FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

Todas as curvas têm características de isotermas do Tipo II, típica de matérias-primas hidrofílicas. Ocorrem em sistema não poroso ou com poros cujos diâmetros se encontram no intervalo de 2 a 50 nm (mesoporos). O ponto de inflexão da isoterma corresponde à ocorrência da formação da primeira camada adsorvida que recobre toda a superfície do material (SAHIN; SUMNU, 2006).

Os coeficientes dos modelos estão apresentados na Tabela 7 e as equações na Tabela 8.

Tabela 7 – Coeficientes do Modelo GAB das isotermas de sorção das farinhas de coprodutos do processamento do abacate

Farinha	C	K	X _m
FC	0,5446	0,9302	0,0361 ^c
FP	1,2474	0,9424	0,0285 ^d
FCP	0,3526	0,9186	0,0517 ^b
FCP-SC	4,557	0,7866	0,0752 ^a

* FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

Tabela 8 – Relação entre X_{eq} e a_w obtidos pelo ajuste ao modelo de GAB

Farinha	Equação
FC	$X_{eq} = \frac{0,0361 * 0,5446 * 0,9302 * a_w}{(1 - 0,9302 * a_w) * (1 - 0,9302 * a_w + 0,5446 * 0,9302 * a_w)}$
FP	$X_{eq} = \frac{0,0285 * 1,2474 * 0,9424 * a_w}{(1 - 0,9424 * a_w) * (1 - 0,9424 * a_w + 1,2474 * 0,9424 * a_w)}$
FCP	$X_{eq} = \frac{0,0517 * 0,3526 * 0,9186 * a_w}{(1 - 0,9186 * a_w) * (1 - 0,9186 * a_w + 0,3526 * 0,9186 * a_w)}$
FCP-SC	$X_{eq} = \frac{0,0752 * 4,5570 * 0,7866 * a_w}{(1 - 0,7866 * a_w) * (1 - 0,7866 * a_w + 4,5570 * 0,7866 * a_w)}$

* FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

Os valores estimados para a umidade na monocamada (X_m) apresentaram diferença significativa (p<0,05). A FCP-SC, obtida a partir do subproduto da extração do óleo com CO₂ supercrítico, apresentou maior valor, o que é esperado uma vez que a torta resultante da extração supercrítica tem menor teor de óleo, o que aumenta sua capacidade de adsorção de água. Essas equações e coeficientes permitem fazer uma predição da atividade de água da farinha de acordo com a sua umidade, podendo ser usada para definir parâmetros de conservação dessas farinhas. FC, FP e FCP podem ser armazenadas em ambientes com umidade relativa menor que 60%, e a FCP-SC deve ser armazenada em ambientes com umidade relativa menor que 40%.

5.1.4 Cor

As farinhas apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) de luminosidade (L^*) entre si (Tabela 9). A FCP-SC apresentou L^* superior às demais farinhas por ter seu processo de obtenção mais distinto (extração por CO_2 supercrítico). FCP-SC apresentou luminosidade muito superior a FCP devido a diferença do teor de lipídeos entre as farinhas. Os lipídeos do abacate apresentam altos níveis de clorofila e carotenoides (ASHTON *et al.*, 2006), o que justifica a diferença grande entre a FCP-SC e as demais, onde altos valores de L^* caracterizam produtos com menor teor de pigmentação. Entre as farinhas FP e FCP não houve diferença significativa ($p < 0,05$) de luminosidade, o que pode ser explicado pela pequena diferença de composição entre elas (FCP contendo polpa e casca e FP apenas polpa).

Com relação ao croma (C^*), as farinhas também apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) entre si (Tabela 9). O maior valor de C^* foi observado na FP e o menor na FCP-SC. Portanto, FCP-SC foi a farinha menos saturada, mais pálida. A extração supercrítica extrai juntamente com o óleo diversos compostos que dão cor à polpa e à casca do abacate como clorofilas e carotenoides (ASHTON *et al.*, 2006). O croma de $FP > FCP > FC$. Portanto, verifica-se que a casca contribuiu para reduzir a saturação das farinhas.

Com relação à matiz (h), as farinhas apresentaram valores entre 83 e 89°, o que indica uma tonalidade amarelada (Tabela 9). A FC apresentou matiz diferente das demais farinhas, as quais não apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) entre elas. A FC foi a que apresentou tonalidade menos amarelada em relação às demais, que se deve à redução de carotenoides que ocorre na casca quando do amadurecimento do fruto (ASHTON *et al.*, 2006).

Tabela 9 – Cor instrumental das farinhas de coproduto do processamento do abacate

Farinha	L^*	C^*	h (°)
FC	$38,32 \pm 1,15^c$	$26,34 \pm 0,09^c$	$83,46 \pm 0,41^b$
FP	$45,62 \pm 1,10^b$	$34,76 \pm 0,48^a$	$88,43 \pm 0,34^a$
FCP	$45,69 \pm 0,14^b$	$32,81 \pm 0,54^b$	$89,19 \pm 0,54^a$
FCP-SP	$72,11 \pm 0,66^a$	$16,68 \pm 0,32^d$	$88,99 \pm 1,16^a$

* FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

5.2 Caracterização da massa e do biscoito

5.2.1 Maquinabilidade da massa

As massas elaboradas com as farinhas de coprodutos do processamento do abacate não apresentaram diferença significativa entre si e entre a massa padrão quanto aos parâmetros de pegajosidade e tendência a retração ($p < 0,05$) (Tabela 10), o que não foi observado para a qualidade da laminação e perda de coesão. Nestes dois últimos parâmetros citados, a massa elaborada com a FCP-SC diferiu significativamente ($p < 0,05$) da massa padrão. A massa com FCP-SC apresentou ligeira dificuldade ao passar pelo rolo laminador, apresentando perda de coesão. As massas com FC, FP e FCP apresentaram boa maquinabilidade no processo.

Tabela 10 – Parâmetros de maquinabilidade das massas de biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do abacate

Massa	Qualidade da laminação	Pegajosidade	Tendência à retração	Perda de coesão
Padrão	$4,7 \pm 0,6^a$	$1,0 \pm 0^{ns}$	$1,0 \pm 0^{ns}$	$1,0 \pm 0^b$
FC	$4,3 \pm 0,6^a$	$1,0 \pm 0^{ns}$	$1,3 \pm 0,6^{ns}$	$1,3 \pm 0,6^{ab}$
FP	$4,0 \pm 0^a$	$1,7 \pm 0,6^{ns}$	$1,7 \pm 0,6^{ns}$	$1,3 \pm 0,6^{ab}$
FCP	$4,0 \pm 0^a$	$1,7 \pm 0,6^{ns}$	$1,3 \pm 0,6^{ns}$	$1,0 \pm 0,0^b$
FCP-SC	$3,0 \pm 0,0^b$	$1,0 \pm 0^{ns}$	$2,0 \pm 0^{ns}$	$2,0 \pm 0^a$

* Padrão: sem adição de farinha de coproduto de abacate; FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

5.2.2 Perda de massa no forneamento

Os biscoitos elaborados com farinha de coproduto do processamento de abacate não apresentaram diferença significativa de peso ($p < 0,05$) no forneamento em relação ao biscoito padrão (Tabela 11) devido ao alto desvio padrão obtido, que pode ter sido devido à variação dos fatores ambientais, como temperatura e umidade relativa do ambiente do dia em que as formulações foram preparadas. Se observa que os biscoitos FC e FCP-SC apresentam menos perda de massa, o que era esperado já que as farinhas adicionadas são as que apresentam maior teor de fibras, o biscoito produzido com a farinha exclusiva da casca (FC) também apresenta considerável teor de fibras. A presença de fibras faz com que haja uma tendência a retenção de água (BELITZ; GROSCH; SCHIEBERLE, 2009).

Tabela 11 – Perda de massa dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Biscoito	Perda de massa
Padrão	25,31 ± 7,87 ^{ab}
FC	16,31 ± 2,41 ^a
FP	21,29 ± 6,89 ^{ab}
FCP	29,96 ± 5,93 ^b
FCP-SC	17,72 ± 5,13 ^a

* Padrão: sem adição de farinha de coproduto de abacate; FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

5.2.3 Volume específico

Os biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento de abacate não apresentaram diferença significativa de volume específico em relação ao biscoito padrão (Tabela 12), o que garante que as substituições são adequadas e promovem expansão de volume esperada durante o forneamento e porosidade adequadas em comparação com o biscoito padrão.

Tabela 12 – Volume específico dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Biscoito	Volume específico
Padrão	1,70 ± 0,11 ^{ab}
FC	1,24 ± 0,25 ^b
FP	2,02 ± 0,39 ^a
FCP	1,7 ± 0,62 ^{ab}
FCP-SC	1,33 ± 0,14 ^b

* Padrão: sem adição de farinha de coproduto de abacate; FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

5.2.4 Alteração de dimensões do forneamento

Os biscoitos apresentaram valores de fator de crescimento horizontal negativos, o que significa que a massa apresentou retração no forneamento. Os biscoitos não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre eles quanto a este parâmetro. Com relação ao fator de crescimento vertical, os biscoitos elaborados com as farinhas de coprodutos do processamento do abacate não apresentaram diferença em relação ao biscoito padrão, exceto o biscoito elaborado com FC, que apresentou maior crescimento. A maior quantidade de lipídeos nos biscoitos FP e FCP propicia a tendência de espalhamento, quando ocorre a fusão da gordura,

gerando então dificuldade para crescimento vertical. Ambos FP e FCP tem os menores fatores de crescimento vertical, juntamente com o biscoito padrão.

Tabela 13 – Resultados dos fatores de crescimento vertical e horizontal dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Farinha	Fc_{vert}	Fc_{horiz}
Padrão	$19,3 \pm 1,0^{bc}$	$-0,4 \pm 0^{ns}$
FC	$27,4 \pm 2,0^a$	$-0,4 \pm 0^{ns}$
FP	$18,1 \pm 2,0^c$	$-0,4 \pm 0^{ns}$
FCP	$21,8 \pm 4,2^{bc}$	$-0,4 \pm 0^{ns}$
FCP-SC	$23,6 \pm 3,3^{ab}$	$-0,4 \pm 0^{ns}$

* Padrão: sem adição de farinha de coproduto de abacate; FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

5.2.5 Cor

Os valores de luminosidade (L^*), diferiram significativamente ($p < 0,05$) do biscoito padrão, apresentando valores abaixo deste, confirmado na Figura 6 onde o biscoito padrão se apresenta mais claro que os demais. Compostos de cor como carotenoides e clorofilas presentes nas farinhas FP e FCP, mesmo em pequena quantidade colaboram para os menores valores de luminosidade. O biscoito FC apresenta esses compostos em menor quantidade, decorrente do ponto de maturação do fruto (ASHTON *et al.*, 2006), o que se aproxima da característica do biscoito FCP-SC que passou por extração dos lipídeos e seus compostos de cor.

Nos valores de saturação (C^*) os biscoitos produzidos a partir da farinha FCP-SC, FP e FC diferiram significativamente ($p < 0,05$) do biscoito padrão, o que demonstra que eles têm diferentes intensidades de cor comparados com o padrão. Essa diferença de C^* se deve a composição da farinha utilizada, como na farinha FCP-SC que tem menos compostos de cor como clorofilas e carotenoides que foram extraídos juntamente com o óleo. O biscoito elaborado com FC também apresenta menor valor de C^* , o que se justifica pela menor presença de compostos de cor na casca do abacate, o que pode ser confirmado pelo menor teor de gorduras presente nessa fração do abacate se comparado com a polpa. O parâmetro matiz (h) variou de 75° a 84° o que indica que a cor vai de alaranjado a amarelo, sendo os valores de FP, FCP e FCP-SP mais próximos do alaranjado e os valores de FC e do biscoito padrão indicam cores mais amareladas.

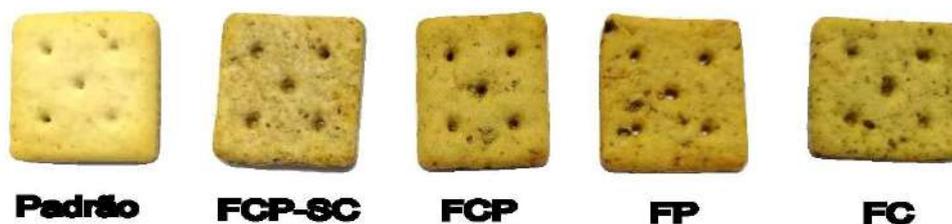
Tabela 14 – Parâmetros de cor instrumental dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Farinha	L*	C*	h(°)
Padrão	75,07 ± 2,54 ^a	32,29 ± 81,60 ^a	81,60 ± 2,42 ^b
FC	64,10 ± 2,71 ^{bc}	28,39 ± 2,99 ^c	84,00 ± 1,87 ^a
FP	60,79 ± 2,74 ^d	35,68 ± 1,12 ^b	75,42 ± 1,86 ^d
FCP	62,73 ± 2,14 ^{cd}	34,39 ± 2,01 ^{ab}	78,30 ± 1,95 ^c
FCP-SC	65,92 ± 3,26 ^b	25,83 ± 3,82 ^c	79,28 ± 1,61 ^c

* Padrão: sem adição de farinha de coproduto de abacate; FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

Figura 6 – Biscoitos elaborados com as diferentes farinhas de coprodutos do processamento do abacate



* Padrão: sem adição de farinha de coproduto de abacate; FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

5.2.6 Textura

Todos os biscoitos apresentaram dureza e fraturabilidade dentro do esperado para biscoitos tipo *snack cracker*: 6 a 14 N e < 0,8 mm, respectivamente (HOWARD et al., 2009). O biscoito elaborado com FP não diferiu significativamente ($p < 0,05$) do biscoito padrão em dureza e em fraturabilidade, o que indica que essa formulação tem melhor equivalência nesses parâmetros com o biscoito padrão. Os biscoitos produzidos com as farinhas FC e FCP-SC não diferiram significativamente ($p < 0,05$) entre si em dureza e em fraturabilidade, o que se justifica pelas características semelhantes de menor quantidade de gordura em ambas as farinhas, trazendo características de textura semelhantes.

Tabela 15 –Dureza e fraturabilidade dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Farinha	Dureza (N)	Fraturabilidade (mm)
Padrão	7,523 ± 1,251 ^c	0,270 ± 0,039 ^b
FC	12,531 ± 2,446 ^a	0,343 ± 0,075 ^a
FP	7,218 ± 1,537 ^c	0,286 ± 0,081 ^b
FCP	8,525 ± 1,819 ^b	0,296 ± 0,074 ^b
FCP-SC	12,127 ± 2,648 ^a	0,331 ± 0,064 ^a

* Padrão: sem adição de farinha de coproduto de abacate; FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

5.2.7 Umidade

Os biscoitos elaborados com FC, FP e FCP apresentaram maior umidade em relação ao biscoito padrão (Tabela 16), enquanto o biscoito elaborado com FCP-SC não apresentou diferença significativa em relação ao biscoito padrão. Todas as formulações de biscoitos apresentam umidades adequadas para a manutenção da estabilidade durante o armazenamento.

Tabela 16 –Umidade dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Biscoito	Umidade (%)
Padrão	2,23 ± 0,15 ^b
FC	2,68 ± 0,05 ^a
FP	2,57 ± 0,23 ^a
FCP	2,51 ± 0,01 ^a
FCP-SC	2,23 ± 0,20 ^b

* Padrão: sem adição de farinha de coproduto de abacate; FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCP-SP = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

5.2.8 Atividade de água

Os biscoitos não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) quanto à atividade de água (Tabela 17). Ambos apresentam atividade de água inferior 0,7, o que garante resistência ao crescimento microbológico (FORSYTHE, 2013) e ao acontecimento de reações enzimáticas ($0,6 < a_w < 0,7$) (OKOS et al., 2019). Isso garante estabilidade durante o armazenamento.

Tabela 17 – Atividade de água dos biscoitos elaborados com farinha de coprodutos do processamento do abacate

Biscoito	a_w
Padrão	$0,132 \pm 0,059^{ns}$
FC	$0,153 \pm 0,022^{ns}$
FP	$0,129 \pm 0,047^{ns}$
FCP	$0,128 \pm 0,053^{ns}$
FCC-SC	$0,129 \pm 0,051^{ns}$

* Padrão: sem adição de farinha de coproduto de abacate; FC = farinha de casca de abacate; FP = farinha de polpa de abacate; FCP = farinha de casca e polpa de abacate; FCC-SC = farinha de casca e polpa de abacate após extração supercrítica

Fonte: elaboração própria

6 CONCLUSÕES

A partir de todos os coprodutos do processamento do abacate avaliados foi possível obter farinhas que apresentam baixa umidade e atividade de água. Suas isotermas de sorção indicam que devem ser armazenadas em ambientes com umidade relativa abaixo de 40% para manterem os parâmetros determinados para farinhas pela RDC 711 de 1 de julho de 2022 (umidade menor que 15%).

Através da análise dos parâmetros tecnológicos de qualidade da laminação, pegajosidade, tendência a retração, perda de coesão, dureza e coesividade, o biscoito preparado com a farinha FP (biscoito preparado com a farinha a partir da polpa de abacate) foi o biscoito significativamente ($p < 0,05$) semelhante ao biscoito padrão nesses parâmetros, o que garante a qualidade tecnológica sendo então o mais indicado para uma substituição proposta no trabalho.

Os biscoitos produzidos com as farinhas FCP e FCP-SP tiveram resultados tecnológicos diferentes, onde a farinha FCP se aproxima mais do biscoito padrão.

Todos os biscoitos produzidos com as farinhas elaboradas com coprodutos do processamento do abacate foram viáveis.

Trabalhos Futuros:

- Avaliar sensorialmente a aceitação do biscoito produzido com a farinha FP;
- Ajustar a formulação do biscoito FCP-SC para que ele tenha melhor performance tecnológica e avaliá-lo sensorialmente;
- Avaliar tortas providas de outros métodos de extração de óleo de abacate como substitutos a parte da farinha de trigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMAPI. **Em 2020 fomos essenciais**. [s.l.] Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães Industrializados, Anuário, 2021.

ALCARAZ, M. L.; HORMAZA, J. I. Molecular characterization and genetic diversity in an avocado collection of cultivars and local Spanish genotypes using SSRs: Molecular characterization and genetic diversity in avocado. **Hereditas**, v. 144, n. 6, p. 244–253, 26 nov. 2007.

ANDERSON, R. B. Modifications of the Brunauer, Emmett and Teller Equation. **Journal of the American Chemical Society**, v. 68, n. 4, p. 686–691, abr. 1946.

ANVISA. 711. RDC 711 de 1 de Julho de 2022. . 2022.

ARAUJO, P. C. DESENVOLVIMENTO DE BISCOITO TIPO COOKIE A PARTIR DA SUBSTITUIÇÃO PERCENTUAL DE FARINHA DE CASCA DE ABACAXI PÉROLA E MARACUJÁ RUBI DO CERRADO. 2019.

ARAÚJO, R. G. et al. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 80, p. 51–60, out. 2018.

ASHTON, O. B. O. et al. Pigments in Avocado Tissue and Oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 26, p. 10151–10158, 1 dez. 2006.

BELITZ, H.-D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009.

BOER, VON H. J. The dynamical character of adsorption. **Angewandte Chemie**, v. 65, n. 16, p. 431–431, 21 ago. 1953.

CARVALHO, F. C. DE. **DISPONIBILIDADE DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E DO BENEFICIAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**. Simpósio de utilização de subprodutos agroindustriais e resíduos de colheita na alimentação de ruminante, , 1992. Disponível em: <iea.sp.gov.br>

CHEN, H. et al. Tracing the Geographic Origins of Major Avocado Cultivars. **The Journal of heredity**, v. 100, n. 1, p. 56–65, 2009.

DAVIDSON, I. **Biscuit, cookie and cracker production: process, production and packaging equipment**. London [England] ; San Diego, CA: Academic Press, 2019.

DOS SANTOS, D. S. D.; STORCK, C. R.; FOGAÇA, A. DE O. BISCOITO COM ADIÇÃO DE FARINHA DE CASCA DE LIMÃO. **Ciências da Saúde**. v. 15, p. 123–135, 2014.

FAOSTAT. **Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de Abacate no ano de 2020**. , 2020. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>

FERRARI, R. A. Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 79–84, mar. 2015.

FIGUEROA, J. G. et al. Comprehensive identification of bioactive compounds of avocado peel by liquid chromatography coupled to ultra-high-definition accurate-mass Q-TOF. **Food Chemistry**, v. 245, p. 707–716, abr. 2018.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. [s.l.] Artmed Editora, 2013.

FUMES, J. G. F. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS CÂMPUS DE BOTUCATU. **Energia na Agricultura**, 2015.

GONDIM, J. A. M. et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 825–827, dez. 2005.

GUGGENHEIM, V. W. A. Applications of Statistical Mechanics. **Angewandte Chemie**, v. 79, n. 16, p. 732–732, 21 ago. 1967.

HOWARD, B. M. et al. Formulation and Evaluation of Snack Crackers Made with Peanut Flour. **Cereal Foods World**, 2009.

IBGE. **Produção agropecuária**, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abacate/br>>

IBGE. **Produção agropecuária**, 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abacate/br>>

JÚNIOR, M. S. S. et al. QUALIDADE DE BISCOITOS FORMULADOS COM DIFERENTES TEORES DE FARINHA DE CASCA DE PEQUI. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, 2009.

KONICA MINOLTA. **Precise Color Communication**. [s.l.: s.n.].

LAI, H. M.; LIN, T. C. Bakery Products. Em: HUI, Y. H.; SHERKAT, F. (Eds.). **Handbook of Food Science, Technology, and Engineering - 4 Volume Set**. 0. ed. [s.l.] CRC Press, 2005.

LEAL, M. F. **EXTRAÇÃO SELETIVA DE COMPOSTOS BIOATIVOS DO AVOCADO (Persea americana Mill c.v. Hass) COM CO2 SUPERCRÍTICO**. , 2022.

MANLEY, D. (ED.). Biscuit, cookie and cracker manufacturing manuals. Em: **Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals**. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. [s.l.] Woodhead Publishing, 1998. p. ii.

MANLEY, D. **Manley’s technology of biscuits, crackers and cookies**. [s.l.] Woodhead Publishing Limited, 2011.

MANLEY, D. J. R. Preface. Em: MANLEY, D. (Ed.). **Biscuit, Cracker and Cookie Recipes for the Food Industry**. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. [s.l.] Woodhead Publishing, 2001. p. ix–x.

MARQUETTI, C. **OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE CASCA DE JABUTICABA (Plinia cauliflora) PARA ADIÇÃO EM BISCOITO TIPO COOKIE**. Dissertação—Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

MATUDA, T. G. **Estudo do congelamento da massa de pão: determinação experimental das propriedades termofísicas e desempenho de panificação**. Doutorado em Engenharia Química—São Paulo: Universidade de São Paulo, 25 set. 2008.

MELLO, L. S. S.; ALMEIDA, E. L.; MELO, L. Discrimination of sensory attributes by trained assessors and consumers in semi-sweet hard dough biscuits and their drivers of liking and disliking. **Food Research International**, v. 122, p. 599–609, ago. 2019.

MORAIS, D. R. et al. Proximate Composition, Mineral Contents and Fatty Acid Composition of the Different Parts and Dried Peels of Tropical Fruits Cultivated in Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 2016.

NASCIMENTO, M. R. F. **Caracterização e Aproveitamento das Farinhas dos Caroços de Abacate (Persea Gratissima Gaertner F.), Jaca (Artocarpus Heterophyllus L.) e Seriguela (Spondias Purpúrea L.) para Elaboração de Biscoitos tipo Cookies**. Rio de Janeiro: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO INSTITUTO DE TECNOLOGIA, 2014.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C. A. et al. Perfil nutricional e benefícios do azeite de abacate (Persea americana): uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, n. 0, 18 out. 2018.

OKOS, M. R. et al. Food Dehydration. Em: **Handbook of Food Engineering**. [s.l.] CRC Press, 2019.

PARK, K. J. B. et al. CONSIDERAÇÕES TEMODINÂMICAS DAS ISOTERMAS. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, p. 83–94, jun. 2008.

PENTEADO, A. A. T. **Aplicação de gorduras “low trans” à base de soja, formuladas utilizando rede neural artificial, em biscoitos laminados**. Mestra em Tecnologia de Alimentos—Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 15 fev. 2012.

RODRÍGUEZ-CARPENA, J.-G. et al. Avocado (Persea americana Mill.) Phenolics, In Vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities, and Inhibition of Lipid and Protein Oxidation in Porcine Patties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 10, p. 5625–5635, 25 maio 2011.

SAHIN, S.; SUMNU, S. G. **Physical properties of foods**. New York: Springer, 2006.

SANTANA, I. et al. Avocado (Persea americana Mill.) oil produced by microwave drying and expeller pressing exhibits low acidity and high oxidative stability. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 117, n. 7, p. 999–1007, jul. 2015.

SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N.; WHILEY, A. W. (EDS.). **The avocado: botany, production and uses**. 2nd ed ed. Cambridge, MA: CABI, 2012.

SHEPHERD, J.; BENDER, G. A History of the Avocado Industry in California. **California Avocado Society 2001 Yearbook**, v. 85, jan. 2002.

SILVA, I. G. D. et al. Elaboração e análise sensorial de biscoito tipo cookie feito a partir da farinha do caroço de abacate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, p. e2018209, 2019.

SILVA, J. B.; SCHLABITZ, C.; DE SOUZA, C. F. UTILIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE SEMENTE DE ABÓBORA NA ELABORAÇÃO DE BISCOITOS FONTES DE FIBRA ALIMENTAR E SEM ADIÇÃO DE AÇÚCAR. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 1, 9 jul. 2010.

SILVA, S.; PINTO, E.; SOARES, D. BISCOITO TIPO COOKIE DE FARINHA DE AMÊNDOA DE PEQUI: AVALIAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 1401–1410, 20 jun. 2018.

SILVEIRA, M. L. R. et al. APROVEITAMENTO TECNOLÓGICO DAS SEMENTES DE GOIABA (*Psidium guajava* L.) COMO FARINHA NA ELABORAÇÃO DE BISCOITOS. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 34, n. 2, 9 jun. 2017.

SULERIA, H. A. R.; BARROW, C. J.; DUNSHEA, F. R. Screening and Characterization of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Capacity in Different Fruit Peels. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1206, 1 set. 2020.

WANG, W.; BOSTIC, T. R.; GU, L. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. **Food Chemistry**, v. 122, n. 4, p. 1193–1198, out. 2010.