

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

PENHA PATRÍCIA CABRAL RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DO ÓLEO E DO RESÍDUO
DA SEMENTE DE FAVELEIRA (*Cnidoscolus quercifolius*): AGREGAÇÃO DE
VALOR A UMA FORRAGEIRA DO SEMIÁRIDO**

Recife
2021

PENHA PATRÍCIA CABRAL RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DO ÓLEO E DO RESÍDUO
DA SEMENTE DE FAVELEIRA (*Cnidoscolus quercifolius*): AGREGAÇÃO DE
VALOR A UMA FORRAGEIRA DO SEMIÁRIDO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito à obtenção do título de Doutor em Nutrição.

Área de Concentração: Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof^a Dr^a Thayza Christina Montenegro Stamford

Coorientadores: Prof^a Dr^a Karla Suzanne Florentino da Silva Chaves Damasceno e Prof Dr Francisco Humberto Xavier Junior

Recife
2021

Catálogo na Fonte
Bibliotecária: Mônica Uchôa, CRB4-1010

R484c Ribeiro, Penha Patrícia Cabral.
Caracterização e utilização sustentável do óleo e do resíduo da semente de faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*): agregação de valor a uma forrageira do semiárido / Penha Patrícia Cabral Ribeiro. – 2021.
156 f.: il.; tab.; 30 cm.

Orientadora: Thayza Christina Montenegro Stamford.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS.
Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Recife, 2021.
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Alimento funcional. 2. Compostos bioativos vegetais. 3. Farinha. 4. Subproduto. 5. Biscoito. I. Stamford, Thayza Christina Montenegro (Orientadora). II. Título.

612.3 CDD (20.ed.)

UFPE (CCS2021-150)

PENHA PATRÍCIA CABRAL RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DO ÓLEO E DO RESÍDUO
DA SEMENTE DE FAVELEIRA (*Cnidoscolus quercifolius*): AGREGAÇÃO DE
VALOR A UMA FORRAGEIRA DO SEMIÁRIDO**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Nutrição da Universidade
Federal de Pernambuco como requisito parcial à
obtenção do título de Doutor em Nutrição.
Área de Concentração: Ciência dos Alimentos.

Aprovada em: 24/05/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Thayza Christina Montenegro Stamford
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof^a Dr^a Tânia Lúcia Montenegro Stamford
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof^a Dr^a Viviane Lansky Xavier
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof^a Dr^a Luciana Leite de Andrade Lima
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Prof Dr Francisco Canindé de Sousa Júnior
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Prof Dr Francisco Humberto Xavier Junior
Universidade Federal da Paraíba – UFPB

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido chegar até aqui, caminhando do meu lado, protegendo, guiando e me dando forças para enfrentar os desafios. Aos meus pais por serem a minha base, por serem responsáveis pelo que sou hoje, por cada conselho, dedicação e pelo apoio que me deram durante toda essa trajetória.

Aos meus orientadores e coorientadores, Thayza, Humberto e Karla. Thayza por acreditar no potencial do projeto, pela confiança depositada, por todo apoio e por me direcionar para pessoas/locais que foram imprescindíveis para realização deste trabalho. Humberto por sempre estar prontamente disposto a auxiliar no que foi preciso, por fazer considerações essenciais para melhoria do trabalho, por despertar o interesse pelas patentes, por ser um exemplo de profissional excelente. Karla, por estar sempre do meu lado, desde da graduação, me ajudando, construindo e vibrando com cada conquista, por todos os ensinamentos passados, por cada análise de dados, de metodologia, de viabilidade que fez junto comigo, por cada orientação, por disponibilizar laboratórios para a realização de diversas análises, pela amizade, por ser um exemplo de pessoa e de profissional.

A Bruno, por cada consideração pertinente feita ao trabalho, por cada ensinamento, por toda paciência, dedicação, generosidade e apoio, por fazer mais do que estava ao seu alcance para me ajudar, por cada análise realizada, por cada dúvida esclarecida, por ser um exemplo de pesquisador.

As alunas de iniciação científica, Thaynar, Camilla, Bianca e Camyla que fizeram seus Trabalhos de Conclusão de Curso na temática da favela e que estiveram comigo na realização de diferentes análises, aprendi muito e agradeço pela dedicação de cada uma. Alberto, Thaisa e Gerlane pela companhia e auxílio nos laboratórios da UFPE no início deste ciclo.

Jovilma, por me apresentar a favela e estar sempre disposta a me ajudar. Dona Vitória e seu Macarrão, por todo carinho e dedicação na coleta das sementes. Ao professor Ubiragi, por disponibilizar a prensa hidráulica e todas as ferramentas necessárias para extração do óleo.

A Camilo e Maciel, pelo auxílio na realização de algumas análises, por todos os ensinamentos e por toda dedicação à profissão. A Cecília e Andréia pela disponibilidade de ajudar sempre que precisei.

À estrutura oferecida pelo Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Núcleo de Processamento Primário e Reuso de Água Produzida e Resíduos/UFRN (NUPPRAR/UFRN), Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos/UFPE (LEAAL/UFPE), Laboratório de Mecânica de Fluidos/UFRN, Laboratório de Bromatologia//UFRN, Laboratório de Técnica Dietética/UFRN, Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos/UFRN, Laboratório de Microbiologia dos Alimentos/UFRN (LABMA/UFRN), Laboratório de Bioquímica dos Alimentos/UFRN e Laboratório de Produtos Naturais (UFPE). À CAPES, pelo apoio financeiro.

RESUMO

A faveleira é uma planta forrageira encontrada no semiárido, faz parte do bioma Caatinga e possui sementes oleaginosas que podem ser utilizadas para obtenção de óleo. Durante a prensagem das sementes para obtenção desse óleo é gerado um resíduo chamado de torta, cuja utilização como ingrediente alimentício é uma forma de agregar valor ao resíduo, diversificar os produtos disponíveis no mercado e promover uma produção de óleo sustentável. O presente trabalho visa caracterizar e utilizar de forma sustentável o óleo e o resíduo da semente de faveleira. Para tanto, a semente foi prensada, o óleo foi caracterizado (análises físico-químicas, composição química, estabilidade, toxicidade e bioatividade), o resíduo foi seco em estufa (60 °C por 10 horas) e triturado para produção de farinha que foi caracterizada (composição centesimal, compostos fenólicos, capacidade antioxidante e propriedades tecnológicas) e empregada na preparação de biscoitos, substituindo a farinha de trigo em diferentes níveis (0, 25 e 50%). Os biscoitos foram avaliados quanto à composição centesimal, conteúdo fenólico, atividade antioxidante e aspectos físicos, microbiológicos e sensoriais. Observou-se que o óleo apresenta teor de acidez igual a $0,33 \pm 0,09\%$ de ácido oleico e índice de peróxido igual a zero imediatamente após a extração, $1,82 \pm 0,01$ mg de clorofila, $0,79 \pm 0,01$ mg de carotenoides e $0,28 \pm 0,01$ mg β -caroteno por quilo de óleo e predominância de ácidos graxos insaturados ($71,61 \pm 0,08\%$). Além de apresentar estabilidade térmica e oxidativa e conteúdo fenólico total igual a $108,11 \pm 8,14$ mg AGE/100 g de óleo, predominando vanilina ($2,60 \pm 0,24$ mg/Kg de óleo), eugenol ($2,08 \pm 0,03$ mg/Kg de óleo) e quercetina ($1,33 \pm 0,05$ mg/Kg de óleo). O óleo não apresentou toxicidade *in vitro* e *in vivo* e apresentou atividade antioxidante, anti-inflamatória e antinociceptiva. A farinha é rica em fibras ($35,94 \pm 0,11\%$), tem atividade antioxidante e conteúdo fenólico total igual a $2070,94 \pm 81,70$ mg AGE/100 g de extrato seco, predominando ácido gálico ($21015,85 \pm 4981,76$ μ g/g de extrato seco). Os ácidos graxos insaturados estão em maior proporção (71,42%) e a farinha possui $0,18 \pm 0,01$ de atividade de água e $92,00 \pm 2,83\%$ de capacidade de absorção de óleo. A substituição parcial da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira melhorou a qualidade nutricional e bioativa dos biscoitos, aumentando o teor de cinzas, lipídeos, proteínas, fibras, conteúdo fenólico total e atividade antioxidante. Os ácidos graxos predominantes nas 3 formulações foram

palmitico (31,20-37,38%) e oleico (26,43-30,47%). Diâmetro, espessura, volume e fator de expansão foram iguais para as 3 formulações, mas a adição da farinha de faveleira aumentou a massa dos biscoitos. Além disso, não houve contaminação em nenhuma das formulações e todas foram bem aceitas e passíveis de comercialização. Sendo assim, sugere-se que o óleo, bem como a farinha da torta da semente de faveleira e os biscoitos formulados com essa farinha, têm boas características para serem empregados na alimentação humana como alimentos funcionais, agregando valor a uma forrageira do semiárido e evitando o descarte de resíduos.

Palavras-chave: alimento funcional; compostos bioativos vegetais; farinha; subproduto; biscoito.

ABSTRACT

The faveleira is a forage plant found in the semiarid, in the Caatinga biome and has oilseeds that can be used to obtain oil. During the pressing of the seeds to obtain this oil, a residue called a press cake is generated, whose use as a food ingredient adds value to the residue, diversifying the products available on the market and promoting a sustainable oil production. This work aims to characterize and sustainably use oil and faveleira seed residue. For this, the seed was pressed, the oil was characterized (physical-chemical analysis, chemical composition, stability, toxicity and bioactivity), the residue was dried in an oven (60 °C for 10 hours) and crushed to produce flour that was characterized (proximate composition, phenolic compounds, antioxidant capacity and technological properties) and used in the preparation of cookies, replacing wheat flour at different levels (0, 25 and 50%). The cookies were evaluated for their chemical composition, phenolic content, antioxidant activity and physical, microbiological and sensory aspects. It was observed that the oil has an acid content equal to $0.33 \pm 0.09\%$ oleic acid and a peroxide index equal to zero immediately after extraction, 1.82 ± 0.01 mg of chlorophyll, 0.79 ± 0.01 mg of carotenoids and 0.28 ± 0.01 mg β -carotene per kilogram of oil and predominance of unsaturated fatty acids ($71.61 \pm 0.08\%$). In addition to having thermal and oxidative stability and total phenolic content equal to 108.11 ± 8.14 mg AGE/100 g of oil, mainly vanillin (2.60 ± 0.24 mg/Kg of oil), eugenol (2.08 ± 0.03 mg/Kg of oil) and quercetin (1.33 ± 0.05 mg/Kg of oil). The oil showed no toxicity *in vitro* and *in vivo* and showed antioxidant, anti-inflammatory and antinociceptive activity. The flour is rich in fiber ($35.94 \pm 0.11\%$), it has antioxidant activity and total phenolic content equal to 2070.94 ± 81.70 mg AGE/100 g of dry extract, with a predominance of gallic acid (21015.85 ± 4981.76 μ g/g of dry extract). Unsaturated fatty acids are in greater proportion (71.42%) and flour has 0.18 ± 0.01 water activity and $92.00 \pm 2.83\%$ oil absorption capacity. The partial replacement of wheat flour by the faveleira seed press cake flour improved the nutritional and bioactive quality of the cookies, increasing the content of ash, lipids, proteins, fibers, total phenolic content and antioxidant activity. The predominant fatty acids in the 3 formulations were palmitic (31.20-37.38%) and oleic (26.43-30.47%). Diameter, thickness, volume and expansion factor were the same for the 3 formulations, but the addition of faveleira flour increased the mass of the cookies. In addition, there was no

contamination in any of the formulations and all were well accepted and amenable to commercialization. Therefore, it is suggested that the oil, as well as the seed press cake flour and the cookies formulated with this flour, have good characteristics to be used in human food as bioactive foods, adding value to a forage in the semiarid and avoiding the disposal of waste.

Keywords: functional food; plant bioactive compounds; flour; by-product; cookie.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Faveleira (<i>Cnidoscolus quercifolius</i>).....	23
Figura 2 – Fruto (A) e semente (B) de faveleira.....	42
Figura 3 – Fluxograma das análises <i>in vivo</i> realizadas com o óleo da semente de faveleira.....	50
Figura 4 – Torta da semente de faveleira.....	52
Figura 5 – Fluxograma do processo de obtenção e das análises realizadas no óleo, na farinha e no biscoito.....	63
Figura 6 – Óleo da semente de faveleira.....	64
Figura 7 – Acidez do óleo da semente de faveleira durante 180 dias de armazenamento a 25 ± 2 °C.	65
Figura 8 – Acidez do óleo da semente de faveleira durante 30 dias de armazenamento a 60 ± 2 °C.....	65
Figura 9 – Índice de peróxido do óleo da semente de faveleira durante 180 dias de armazenamento a 25 ± 2 °C.....	66
Figura 10 – Índice de peróxido do óleo da semente de faveleira durante 30 dias de armazenamento a 60 ± 2 °C.....	66
Figura 11 – Curvas TG (—) e DSC (—) do óleo da semente de faveleira.....	68
Figura 12 – Níveis de TNF- α de animais com inflamação induzida por carragenina.....	71
Figura 13 – Atividade antinociceptiva do óleo de semente de faveleira para contorção abdominal induzida por injeção intraperitoneal de ácido acético.....	72
Figura 14 – Farinha da torta da semente de faveleira.....	73
Figura 15 – Microestrutura da farinha da torta da semente de faveleira.....	75
Figura 16 – Biscoitos com 0, 25 e 50% de substituição, respectivamente, da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.....	78
Figura 17 – Mapa de preferência interno gerado pela análise de componente principal (CP) para aceitação global obtido para biscoitos com 0, 25 e 50% de substituição da farinha de trigo refinada pela farinha da torta de prensa da semente de faveleira (0-FTSF, 25-FTSF e 50-FTSF, respectivamente).....	82

Figura 18 – Queda na média da substituição de 0% da farinha de trigo refinada pela farinha da torta da semente de faveleira (0-FTSF).	84
Figura 19 – Queda na média da substituição de 25% da farinha de trigo refinada pela farinha da torta da semente de faveleira (25-FTSF).....	84
Figura 20 – Queda na média da substituição de 50% da farinha de trigo refinada pela farinha da torta da semente de faveleira (50-FTSF).....	85
Figura 21 – Distribuição das notas atribuídas pelos provadores para o teste de intenção de compra dos biscoitos com 0, 25 e 50% de substituição da farinha de trigo refinada pela farinha da torta de prensa da semente de faveleira (0-FTSF, 25-FTSF e 50-FTSF, respectivamente).....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formulações dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.....	59
Tabela 2 – Perfil de ácidos graxos do óleo da semente de faveleira.....	67
Tabela 3 – Perfil fenólico do óleo da semente de faveleira.....	69
Tabela 4 – Porcentagem de células normal RAW 264.7 viáveis (%) após administração de diferentes concentrações do óleo da semente de faveleira pelo ensaio do MTT.....	70
Tabela 5 – Atividade anti-inflamatória do óleo de semente de faveleira avaliada pelo edema de pata induzido por carragenina (mm).....	71
Tabela 6 – Minerais encontrados na farinha da torta da semente de faveleira.....	73
Tabela 7 – Perfil de ácidos graxos da farinha da torta da semente de faveleira.....	74
Tabela 8 – Perfil fenólico encontrado na farinha da torta da semente de faveleira.....	74
Tabela 9 – Distribuição do tamanho das partículas da farinha da torta da semente de faveleira.....	76
Tabela 10 – Índice de solubilidade em água da farinha da torta da semente de faveleira em diferentes temperaturas.....	77
Tabela 11 – Composição centesimal dos biscoitos com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.....	78
Tabela 12 – Perfil de ácidos graxos dos biscoitos com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.....	79
Tabela 13 – Atividade antioxidante dos biscoitos com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.....	80
Tabela 14 – Análises físicas dos biscoitos com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.....	80
Tabela 15 – Resultados da análise de penalidade dos biscoitos.....	83

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	BIOMA CAATINGA E SEU POTENCIAL BIOATIVO	21
2.2	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA FAVELEIRA.....	22
2.3	SEMENTE DE FAVELEIRA: APLICAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO HUMANA, VALOR NUTRICIONAL E ATIVIDADE BIOATIVA	24
2.4	POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE FAVELEIRA NA ALIMENTAÇÃO HUMANA	26
2.5	FUNÇÕES BIOATIVAS E TOXICIDADE DE ÓLEOS VEGETAIS.....	27
2.6	SUSTENTABILIDADE E UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS DURANTE A EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL	31
2.7	VALOR NUTRICIONAL E ATIVIDADE BIOATIVA DE RESÍDUOS GERADOS DURANTE A EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL.....	33
2.8	APLICAÇÃO DE FARINHAS DE RESÍDUOS NA FORMULAÇÃO DE PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO	35
3	HIPÓTESES	40
4	OBJETIVOS	41
4.1	OBJETIVO GERAL.....	41
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
5	MÉTODOS	42
5.1	COLETA DAS SEMENTES	42
5.2	OBTENÇÃO DO ÓLEO	42
5.3	CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE FAVELEIRA	43
5.3.1	Análises físico-químicas.....	43
5.3.2	Perfil de ácidos graxos	44
5.3.3	Clorofila e carotenoides.....	44
5.3.4	Estabilidade térmica.....	46

5.3.5	Estabilidade oxidativa.....	46
5.3.6	Conteúdo fenólico total.....	46
5.3.7	Perfil fenólico.....	47
5.3.8	Atividade antioxidante	48
5.3.9	Citotoxicidade.....	49
5.3.10	Toxicidade oral aguda, atividade anti-inflamatória e atividade antinociceptiva <i>in vivo</i>.....	49
5.3.10.1	Animais.....	49
5.3.10.2	Toxicidade oral aguda	50
5.3.10.3	Atividade anti-inflamatória	51
5.3.10.4	Atividade antinociceptiva	52
5.4	OBTENÇÃO DA FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA...52	
5.5	CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA.....53	
5.5.1	Composição centesimal.....	53
5.5.2	Minerais.....	53
5.5.3	Perfil de ácido graxo	54
5.5.4	Conteúdo fenólico total.....	54
5.5.5	Perfil fenólico.....	55
5.5.6	Atividade antioxidante	56
5.5.7	Propriedades tecnológicas.....	56
5.5.7.1	Características morfológicas	56
5.5.7.2	Granulometria.....	57
5.5.7.3	Atividade de água.....	57
5.5.7.4	Solubilidade em água	57
5.5.7.5	Capacidade de absorção de água e óleo	58

5.6	ELABORAÇÃO DOS BISCOITOS CONTENDO A FARINHA DA TORTA DA FAVELEIRA.....	58
5.7	CARACTERIZAÇÃO DOS BISCOITOS CONTENDO A FARINHA DA TORTA DA FAVELEIRA.....	59
5.7.1	Composição centesimal, perfil de ácidos graxos, conteúdo fenólico total e atividade antioxidante	59
5.7.2	Avaliação física.....	59
5.7.3	Análise microbiológica	60
5.7.4	Análise sensorial	60
5.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA	61
6	RESULTADOS	63
6.1	CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE FAVELEIRA	64
6.1.1	Análises físico-químicas.....	64
6.1.2	Perfil de ácidos graxos	67
6.1.3	Clorofila e carotenoides.....	67
6.1.4	Estabilidade térmica.....	68
6.1.5	Estabilidade oxidativa.....	68
6.1.6	Conteúdo fenólico total.....	69
6.1.7	Perfil fenólico.....	69
6.1.8	Atividade antioxidante	69
6.1.9	Citotoxicidade.....	69
6.1.10	Toxicidade oral aguda <i>in vivo</i>	70
6.1.11	Atividade anti-inflamatória e antinociceptiva <i>in vivo</i>	70
6.2	CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA.....	72
6.2.1	Composição centesimal.....	72
6.2.2	Minerais.....	73

6.2.3	Perfil de ácidos graxos	73
6.2.4	Conteúdo fenólico total.....	74
6.2.5	Perfil fenólico.....	74
6.2.6	Atividade antioxidante	74
6.2.7	Propriedades tecnológicas.....	75
6.2.7.1	Características morfológicas	75
6.2.7.2	Granulometria.....	76
6.2.7.3	Atividade de água.....	76
6.2.7.4	Solubilidade em água	76
6.2.7.5	Capacidade de absorção de água e óleo	77
6.3	CARACTERIZAÇÃO DOS BISCOITOS CONTENDO A FARINHA DA TORTA DA FAVELEIRA.....	77
6.3.1	Composição centesimal.....	77
6.3.2	Perfil de ácidos graxos	79
6.3.3	Conteúdo fenólico total.....	79
6.3.4	Atividade antioxidante	80
6.3.5	Avaliação física.....	80
6.3.6	Análise microbiológica	81
6.3.7	Análise sensorial	81
7	DISCUSSÃO	87
7.1	CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE FAVELEIRA	87
7.1.1	Análises físico-químicas.....	87
7.1.2	Perfil de ácidos graxos	88
7.1.3	Clorofila e carotenoides.....	89
7.1.4	Estabilidade térmica.....	89
7.1.5	Estabilidade oxidativa.....	90
7.1.6	Conteúdo fenólico total.....	91

7.1.7	Perfil fenólico.....	91
7.1.8	Atividade antioxidante	91
7.1.9	Citotoxicidade.....	92
7.1.10	Toxicidade oral aguda <i>in vivo</i>	92
7.1.11	Atividade anti-inflamatória e antinociceptiva <i>in vivo</i>	93
7.2	CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA.....	93
7.2.1	Composição centesimal.....	93
7.2.2	Minerais.....	95
7.2.3	Perfil de ácidos graxos	96
7.2.4	Conteúdo fenólico total.....	96
7.2.5	Perfil fenólico.....	97
7.2.6	Atividade antioxidante	98
7.2.7	Propriedades tecnológicas.....	98
7.2.7.1	Características morfológicas	98
7.2.7.2	Granulometria.....	99
7.2.7.3	Atividade de água.....	99
7.2.7.4	Solubilidade em água	100
7.2.7.5	Capacidade de absorção de água e óleo	100
7.3	CARACTERIZAÇÃO DO BISCOITO CONTENDO A FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA	101
7.3.1	Composição centesimal.....	101
7.3.2	Perfil de ácidos graxos	102
7.3.3	Conteúdo fenólico total.....	103
7.3.4	Atividade antioxidante	104
7.3.5	Avaliação física.....	104
7.3.6	Análise microbiológica	105

7.3.7	Análise sensorial	105
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
	REFERÊNCIAS	109
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	128
	APÊNDICE B – FICHA DE RECRUTAMENTO.....	131
	APÊNDICE C – FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL.....	132
	APÊNDICE D – ARTIGO PUBLICADO NA FOOD CHEMISTRY.....	133
	APÊNDICE E – PATENTE PUBLICADA PELO INPI.....	142

1 INTRODUÇÃO

Na região semiárida do Brasil pode ser encontrado o bioma Caatinga que possui uma rica biodiversidade (MAGALHÃES et al., 2019). Entre as plantas encontradas na Caatinga, está a *Cnidoscolus quercifolius* (CORRÊA et al., 2019), popularmente conhecida como faveleira (MELO; SALES, 2008). Galhos e folhas da faveleira são utilizados para fins medicinais (GOMES et al., 2014a) e empregados como forragem conferindo nutrientes para ruminantes (ROBERTO et al., 2016).

A faveleira também é utilizada na alimentação humana, principalmente em períodos de escassez de alimentos, contribuindo para a segurança alimentar da população que reside na região semiárida do Brasil (RIBEIRO; MEDEIROS; DAMASCENO, 2020). Entretanto, neste caso, se faz o consumo das sementes (SANTOS et al., 2017; RIBEIRO; MEDEIROS; DAMASCENO, 2020). Essas sementes são oleaginosas (MEDEIROS et al., 2018) e são consumidas *in natura* ou adicionadas em diferentes preparações (SANTOS et al., 2017). A semente de faveleira, pode ainda, ser destinada para obtenção de óleo vegetal (RIBEIRO et al., 2019) de aroma e sabor agradáveis (SANTOS et al., 2005), alta estabilidade térmica e atividade antioxidante (SANTOS et al., 2017). Em óleos vegetais, essas propriedades podem ser influenciadas pela presença de diferentes componentes como clorofilas (SIGER et al., 2017), carotenoides (CECI; MATTAR; CARELLI, 2017) e fenólicos (MOHANAN; NICKERSON; GHOSH, 2018), entretanto não foram encontrados estudos que investiguem a presença de clorofilas e carotenoides no óleo da semente de faveleira e que analisem o perfil fenólico deste.

O que já faz parte do conhecimento científico, é que esse óleo tem alto teor de ácido linoleico (RIBEIRO et al., 2017) e possui β -sitoesterol, tocoferóis e conteúdo fenólico total (SANTOS et al., 2017). Essa composição pode fazer com que o óleo da semente de faveleira tenha algumas atividades bioativas. Isso porque, o ácido linoleico pode exercer papéis anti-inflamatórios (INNES; CALDER, 2018) e cardioprotetores (MARANGONI et al., 2020), enquanto o β -sitoesterol pode atuar reduzindo citocinas inflamatórias (KURANO et al., 2018). Além do mais, os tocoferóis são antioxidantes (FLAKELAR et al., 2015) e os compostos fenólicos podem desempenhar diversas atividades como: antioxidante, anti-inflamatória (CHANG et al., 2016) e analgésica (UENO et al., 2019). No entanto, o potencial bioativo do óleo da

semente de faveleira ainda não foi amplamente estudado. Além disso, esses possíveis benefícios não podem estar associados a efeitos tóxicos, sendo imprescindível verificar se esse óleo é um alimento seguro.

Durante o processo de prensagem para obtenção de óleos vegetais é gerado um subproduto chamado de torta (RIBEIRO et al., 2017) e evitar o descarte desse resíduo é uma forma de promover a sustentabilidade (ONU, 2015), diminuindo os impactos ambientais, a quantidade de alimentos produzidos (SCHERHAUFER et al., 2018) e os custos de produção (BORA; RAGAE; ABDEL-AAL, 2019). Além do mais, a utilização desses resíduos pode aumentar a diversidade de alimentos no mercado (MANNUCCI et al., 2019) e atrair consumidores (VICIUNAITE; ALFNES, 2020).

Os resíduos do processamento de sementes possuem alto valor nutricional (GARCIA-HERRERO et al., 2019) e bioativo (RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019). Ribeiro et al. (2017) analisaram a torta da semente de faveleira e encontraram que ela possui alta quantidade de fenólicos e flavonoides totais e elevada atividade antioxidante. Esses autores sugerem que essa torta pode ser aplicada como alimento ou ingrediente funcional para melhorar o potencial antioxidante dos alimentos.

Uma forma de viabilizar a utilização de tortas bioativas em produtos alimentícios é por meio da elaboração de farinhas. Essas farinhas podem ser utilizadas na preparação de produtos de panificação (PASQUALONE et al., 2018), entre os quais os biscoitos se destacam. Isso porque, representam a maior categoria de lanches e podem servir como veículo efetivo de fornecimento de nutrientes (JAN; PANESAR; SINGH, 2018) e compostos bioativos ao consumidor (BORA; RAGAE; ABDEL-AAL, 2019). No entanto, não existem trabalhos que produzam e caracterizem farinhas do resíduo da semente de faveleira e as apliquem em produtos alimentícios.

Sendo assim, mesmo diante de todo esse potencial do óleo da semente de faveleira, bem como da farinha da torta e do biscoito feito com essa farinha, muitas lacunas ainda precisam ser preenchidas, surgindo o seguinte questionamento: Seria possível agregar valor a semente de faveleira, bem como aos seus produtos e subprodutos de forma sustentável? O preenchimento dessas lacunas pode auxiliar na valorização de um recurso natural, na preservação de uma espécie nativa da Caatinga, diversificar suas formas de consumo, gerar renda para a região e impulsionar sua utilização em escala industrial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BIOMA CAATINGA E SEU POTENCIAL BIOATIVO

O bioma Caatinga é chamado de floresta seca (ARAGÃO; GROENENDIJK; LISI, 2019) e está inserido na região semiárida do Brasil, sendo encontrado nos estados do Piauí (PI), Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Alagoas (AL), Sergipe (SE), Bahia (BA) e Minas Gerais (MG) (MAGALHÃES et al., 2019). Esse bioma passa por um ciclo sazonal com chuvas de fevereiro a maio (estação chuvosa) e menor precipitação entre junho e janeiro (período seco) (BARBOSA et al., 2019).

A vegetação da Caatinga é adaptada e tolerante à baixa precipitação e às altas temperaturas (CARVALHO; MOURA; SILVA, 2018). Durante os períodos de seca, essa vegetação perde folhas e a temperatura do ar circundante se eleva (BARBOSA et al., 2019). Como essas plantas da Caatinga precisam de baixo suprimento de água, elas podem se tornar culturas sustentáveis de alimentos, auxiliando na promoção da segurança alimentar e, por mais que elas não estejam disponíveis globalmente, estudos podem ser feitos visando verificar a viabilidade do seu cultivo em larga escala (LILLFORD; HERMANSSON, 2021).

Uma rica biodiversidade pode ser encontrada no bioma Caatinga (MAGALHÃES et al., 2019) incluindo cactos, arbustos e árvores de maior porte (BARBOSA et al., 2019). Essas plantas pertencem a diversas famílias sendo Fabaceae, Euphorbiaceae, Cactaceae e Arecaceae, as mais frequentes (JACOB; MEDEIROS; ALBUQUERQUE, 2020). Toda essa biodiversidade pode ser destinada a diversas formas de utilização e muitas vezes a população a utiliza no tratamento de doenças (MAGALHÃES et al., 2019), como dores, infecções e prevenção do desenvolvimento do câncer (VERAS et al., 2020).

A vegetação da Caatinga também é utilizada como alimento. Diversos frutos e sementes possuem características sensoriais atraentes que contribuem para o consumo direto e desenvolvimento de produtos alimentícios. Além do mais, esses frutos e sementes são de alto valor nutricional e geralmente possuem atividades bioativas como antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória e antitumoral. Dessa

forma, a utilização da vegetação da Caatinga como alimento pode implicar potenciais benefícios à saúde (TEIXEIRA et al., 2019).

A descoberta de bioativos a partir de produtos naturais, alcançou muito reconhecimento da comunidade científica (SALEEM et al., 2019). Entretanto, o bioma Caatinga ainda tem sido negligenciado cientificamente com base na percepção equivocada de que o mesmo é homogêneo e de baixo endemismo. Sendo assim, há uma necessidade urgente de estudar e documentar a biodiversidade dessa região, bem como de buscar o desenvolvimento de estratégias viáveis de conservação e uso sustentável (MAGALHÃES et al., 2019). O mercado e o gerenciamento dessas plantas podem contribuir para a conservação da biodiversidade e melhorar a renda das populações locais (TEIXEIRA et al., 2019).

2.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA FAVELEIRA

Cnidoscolus quercifolius (sinônimo: *C. phyllacanthus*, Figura 1) é uma planta endêmica da Caatinga pertencente à família Euphorbiaceae (CORRÊA et al., 2019), popularmente conhecida como “cansação” (BA, MG, RN), “favela” (BA, PB, PI), “favela-de-cachorro” (PE), “favela-de-galinha” (PI), “faveleiro” (PE) e “faveleira” (BA, PE, PI, RN, SE) (MELO; SALES, 2008). A faveleira é uma planta arbórea, xerófila, lactescente (OLIVEIRA et al., 2008), que pode atingir de 2 a 12 metros de altura e que, na maioria dos seus exemplares, podem ser encontrados pelos urticantes recobrendo toda a planta (MELO; SALES, 2008).

As raízes dessa planta não atingem grandes profundidades, o que facilita o encontro com a água das chuvas escassas características da região semiárida (RIBEIRO FILHO et al., 2011). A faveleira, além de necessitar de pouca água para se desenvolver, é altamente resistente a elevadas temperaturas (PAREDES et al., 2016). Plantas com essas características podem ser uma alternativa àquelas culturas que necessitam de alto consumo de água e que ameaçam a sustentabilidade hídrica do planeta (CAPARRÓS-MARTÍNEZ et al., 2020). Porém, mais estudos seriam necessários para analisar a viabilidade de cultivo da faveleira em localidades nas quais ela não ocorre naturalmente e para investigar a manutenção do seu valor nutricional e atividades bioativas (RIBEIRO; MEDEIROS; DAMASCENO, 2020).

Essa espécie produz pequenas folhas durante a estação seca, as quais atingem seu tamanho máximo durante a estação chuvosa. Enquanto suas flores aparecem no final da estação seca e imediatamente antes do início da estação chuvosa (LIMA; RODAL, 2010).

Figura 1 – Faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*).



Fonte: Própria.

O fruto da faveleira tem o formato de cápsula, apresenta seções transversais e é deiscente (MELO; SALES, 2008). Ou seja, possui um mecanismo de auto dispersão (CARRIÓN et al., 2017), de forma que, quando maduros, os frutos lançam suas sementes a uma distância de mais de 30 metros da copa da árvore, o que ocasiona a disseminação da planta pela região (RIBEIRO FILHO et al., 2011). As sementes possuem cerca de 1 centímetro, são ovoides e de coloração amarronzada ou acinzentada, com ou sem manchas escuras (MELO; SALES, 2008). A semente de

faveleira apresenta pericarpo ou casca rígida e amêndoa de coloração amarela de baixa intensidade que corresponde a cerca de 56% do peso total da semente (CAVALCANTI et al., 2011).

A respeito das formas de utilização da faveleira, sabe-se que ela é utilizada na medicina popular (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2018a; MOURA et al., 2019). Autores afirmam que suas cascas e folhas são utilizadas para fazer chá e possuem ação anti-inflamatória (GOMES et al., 2014a) e analgésica *in vivo* (GOMES et al., 2014b). Outros autores encontraram que a casca do caule da faveleira tem atividade antibacteriana *in vitro* e pode ser utilizada no tratamento de infecções do trato urinário (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2018a). O emprego de plantas medicinais na solução dos problemas de saúde está ganhando cada vez mais atenção. O número de pesquisas tem aumentado, bem como é crescente o número de pessoas buscando a medicina popular para seus cuidados primários de saúde (PAREDES et al., 2016).

A faveleira também é amplamente utilizada como forragem para ruminantes, principalmente nos períodos de seca, satisfazendo os requisitos de nutrientes desses animais (ROBERTO et al., 2016). Autores afirmam que a utilização da faveleira como forragem pode fazer com que os ruminantes emitam uma menor quantidade de gás metano (OLIVEIRA et al., 2018), um dos agentes do aquecimento global (SHINDELL et al., 2017). Essa forragem utilizada na alimentação animal é obtida após a moagem de galhos e folhas secas (ROBERTO et al., 2016).

A semente de faveleira também tem sido utilizada na alimentação de ruminantes (SANTOS et al., 2005), bem como na alimentação humana (SANTOS et al., 2017). Estudos desenvolvidos com essa semente ainda são escassos, representando-se assim uma planta na qual existe a oportunidade de se encontrar novas moléculas bioativas (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2018b; MOURA et al., 2019).

2.3 SEMENTE DE FAVELEIRA: APLICAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO HUMANA, VALOR NUTRICIONAL E ATIVIDADE BIOATIVA

As sementes de faveleira são consumidas há muito tempo pelas populações locais na sua forma *in natura* ou moídas e adicionadas a cocadas, bolos e biscoitos (SANTOS et al., 2017). Essas sementes têm sido estudadas pelo seu valor nutricional

e atividade bioativa (RIBEIRO; MEDEIROS; DAMASCENO, 2020). A semente de faveleira é uma oleaginosa de grande valor nutricional, apresentando, em média, 28,18% de proteína, 29,33% de lipídeos, 10,92% de umidade, 4,72% de cinzas e 26,85% de carboidratos (MEDEIROS et al., 2018).

Autores avaliaram atividades bioativas da semente de faveleira e encontraram que ela não possui atividade antimicrobiana (*in vitro*) sobre culturas de *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* e *Enterobacter aerogenes* (RIBEIRO et al., 2017).

Entretanto, essa semente apresenta atividade antioxidante (*in vitro*) avaliada por diversos métodos, incluindo: capacidade de sequestro de espécies de oxigênio (ORAC) (23,40 µM Trolox equivalente/g de semente) e capacidade de sequestro do radical DPPH (2,2-diphenyl-1-picrilhydrazil) (7,31 µM Trolox equivalente/g de semente). A atividade antioxidante encontrada pode ser consequência da alta quantidade de compostos fenólicos totais (324,92 mg ácido gálico equivalente/100 g de semente), incluído os flavonoides totais (18,70 mg de rutina equivalente/g de semente) (RIBEIRO et al., 2017). Ribeiro et al. (2020), analisaram o perfil fenólico da semente de faveleira e encontraram que o ácido gálico (76908,74 µg/g de semente) é o predominante, seguido de vanilina (14,43 µg/g de semente), quercetina (12,71 µg/g de semente) e catequina (10,06 µg/g de semente).

O consumo de alimentos contendo compostos antioxidantes implica benefícios para saúde. Isso porque, antioxidantes são compostos que combatem os radicais livres, os quais estão estreitamente relacionados com o desenvolvimento de diversas doenças como Alzheimer, Parkinson, acidente vascular cerebral, diabetes, artrite reumatoide e dislipidemia. Além do mais, os compostos antioxidantes também protegem os alimentos, conservando suas propriedades (CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2018).

Mesmo diante de todo esse potencial nutricional e bioativo, o potencial tecnológico e as aplicações industriais da semente de faveleira ainda não foram totalmente compreendidos e explorados (RIBEIRO et al., 2017). A faveleira, sendo uma planta com sementes oleaginosas amplamente encontrada na Caatinga, merece uma investigação mais aprofundada. Além disso, a descoberta de novas propriedades

e de novas formas de utilização poderiam contribuir para o cultivo da faveleira e ajudar a fazer uso sustentável de um habitat marginal em risco de desertificação (SILVA et al., 2014).

2.4 POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE FAVELEIRA NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

A semente de faveleira tem alto teor de lipídeos em sua composição (SILVA et al., 2014; SANTOS et al., 2017; MEDEIROS et al., 2018; RIBEIRO; MEDEIROS; DAMASCENO, 2020). Consequentemente, essas sementes podem ser submetidas a diferentes processos de extração para obtenção de óleo vegetal. A prensagem a frio é um dos métodos mais indicados quando o objetivo é obter um óleo que possa ser diretamente destinado a alimentação humana. Isso porque, esse método não emprega solventes e permite que o óleo tenha melhores características físico-químicas, como baixo teor de acidez, peróxido e umidade. Esses são parâmetros que estão estreitamente relacionados à qualidade e ao estado de conservação do óleo (RIBEIRO et al., 2019).

Não existem dados na literatura sobre a comercialização do óleo da faveleira no Brasil, nem sobre o quanto ele é consumido no país. Entretanto, esse óleo é considerado um recurso alimentar emergente (RIBEIRO; MEDEIROS; DAMASCENO, 2020), com aroma e o sabor agradáveis que incentivam seu uso como óleo comestível (SANTOS et al., 2005). O óleo da semente de faveleira pode ser utilizado em saladas, como acontece com o azeite de oliva para agregar mais efeitos benéficos à saúde e pode ser empregado em frituras de forma similar ao óleo de soja, milho e girassol (RIBEIRO; MEDEIROS; DAMASCENO, 2020). Com o diferencial de ser um óleo proveniente de uma planta que necessita de pouca água para se desenvolver (PAREDES et al., 2016), reduzindo a ameaça de esgotamento dos recursos hídricos do planeta (CAPARRÓS-MARTÍNEZ et al., 2020),

Autores afirmam que o óleo da semente de faveleira tem predominância de ácidos graxos insaturados, principalmente poli-insaturados. O ácido graxo encontrado em maior proporção nesse óleo é o ácido linoleico (53,56%), seguido de ácido oleico (17,78%) (RIBEIRO et al., 2017). Os óleos de sementes com predominância de ácidos

graxos insaturados, como no caso da faveleira, estão associados a alguns efeitos benéficos para saúde (SILVA et al., 2014). Por exemplo, o ácido linoleico exerce papéis hipolipidêmicos, hepatoprotetores (MAKNI et al., 2008), anti-inflamatórios (INNES; CALDER, 2018) e cardioprotetores (MARANGONI et al., 2020), enquanto o ácido oleico está inversamente associado ao aparecimento de câncer de pâncreas (BANIM et al., 2018), protege contra lesão cardíaca e hepática induzida por cádmio (BHATTACHARJEE et al., 2020) e apresenta efeitos cardioprotetores (LOPEZ-HUERTAS, 2010).

Ribeiro et al. (2019) encontraram alfa (8,82 mg/100 g de óleo) e beta+gamma-tocoferol (20,97 mg/100 g de óleo) no óleo da semente de faveleira extraído por prensagem a frio. Os tocoferóis são antioxidantes lipofílicos (ZHANG et al., 2019a) encontrados nas sementes oleaginosas e extraídos durante o processamento dessas sementes (RIBEIRO et al., 2019). Isso faz desses um grupo de antioxidantes naturais para maioria dos óleos vegetais (GHARBY et al., 2017). Entre os homólogos, o alfa tem a maior atividade biológica *in vivo* e o gama-tocoferol tem mais atividade nos lipídios alimentares (TUBEROSO et al., 2007). Consequentemente, os alimentos com tocoferóis podem ser benéficos para a saúde humana e promover a estabilidade dos alimentos (FLAKELAR et al., 2015).

O óleo da semente de faveleira também possui β -sitoesterol (127,98 mg/100 g de óleo) em sua composição (SANTOS et al., 2017). O β -sitoesterol é um fitoesterol capaz de reduzir colesterol e citocinas inflamatórias (KURANO et al., 2018). Além do mais, autores afirmam que o óleo da semente de faveleira tem um conteúdo fenólico total igual a 23,88 mg AGE/100 g de óleo e alta atividade antioxidante, removendo 76,68% de radicais DPPH após 30 minutos de reação (SANTOS et al., 2017).

2.5 FUNÇÕES BIOATIVAS E TOXICIDADE DE ÓLEOS VEGETAIS

Óleos vegetais amplamente empregados na alimentação humana geralmente apresentam em sua composição predominância de ácidos graxos insaturados: óleos de soja (79,3% de ácidos graxos insaturados), girassol (84,6% de ácidos graxos insaturados), milho (80,5% de ácidos graxos insaturados), canola (88,5% de ácidos graxos insaturados), oliva (78,1% de ácidos graxos insaturados) e semente de uva

(84,8% de ácidos graxos insaturados) (KIM et al., 2010). Isso também ocorre no óleo da semente de faveleira (72,42% de ácidos graxos insaturados) (RIBEIRO et al., 2017). O consumo de alimentos contendo ácidos graxos insaturados está associado a alguns efeitos benéficos para saúde como: hepatoprotetor (MAKNI et al., 2008), anti-inflamatório (INNES; CALDER, 2018), cardioprotetor (LOPEZ-HUERTAS, 2010; MARANGONI et al., 2020) e anticâncer (BURNS; NAKAMURA; MA, 2018).

Nos óleos vegetais também podem ser encontrados outros componentes como: clorofilas, carotenoides e diferentes compostos fenólicos (RABADÁN et al., 2018a). Cada um desses componentes pode desempenhar diversas funções bioativas. As clorofilas são moléculas fundamentais para a vida e, provavelmente, o mais importante de todos os pigmentos naturais. Além de sua função primária na fotossíntese, as clorofilas apresentam propriedades bioativas como antimutagênica e antioxidante (ZEPKA; JACOB-LOPES; ROCA, 2019). Entretanto, nos óleos vegetais, esse pigmento aumenta a probabilidade da ocorrência de foto-oxidação (SIGER et al., 2017). Consequentemente, maior teor de clorofila no óleo vegetal faz com que ele tenha menor estabilidade oxidativa (BORGES et al., 2017).

Os carotenoides são pigmentos amplamente encontrados em plantas e uma propriedade relevante destes para nutrição humana é seu uso como precursores da vitamina A. Entretanto, a atividade da provitamina A é restrita aos carotenoides que possuem em sua estrutura pelo menos um anel β , como o β -caroteno. Este é o precursor dietético mais potente da vitamina A, pois possui dois anéis β . Além dessa atividade de provitamina A, os carotenoides e seus produtos derivados têm outras atividades biológicas, demonstrando atividade antioxidante e efeitos positivos em doenças crônicas e nas funções cognitivas, por exemplo. Essas propriedades benéficas dos carotenoides da dieta estimularam o interesse nas fontes alimentares desse composto (CONCEPCION et al., 2018).

Nos alimentos, os carotenoides também podem desempenhar funções benéficas. Nos óleos vegetais, esses compostos, especialmente o β -caroteno, fornecem proteção eficiente contra a foto-oxidação porque são capazes de absorver luz e sequestrar o oxigênio singlete (CECI; MATTAR; CARELLI, 2017). Consequentemente, essas são moléculas que quando encontradas em óleos vegetais promovem estabilidade (BORGES et al., 2017).

Os compostos fenólicos estão entre os bioativos mais frequentemente pesquisados (WU et al., 2019) e em alguns casos, as propriedades bioativas dos óleos vegetais são influenciadas pela presença destes (ALU'DATT et al., 2017). Os compostos fenólicos podem desempenhar diversas atividades no organismo humano como: atividade antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória (CICERALE; LUCAS; KEAST, 2012) e antinociceptiva (UENO et al., 2019). Além disso, na matriz alimentar do óleo, eles podem proteger contra danos oxidativos e aumentar a estabilidade (WU et al., 2019).

Entre as atividades bioativas que os óleos podem desempenhar, as atividades antioxidante, anti-inflamatória e antinociceptiva se destacam. A atividade antioxidante está relacionada ao combate de radicais livres, os quais estão associados a diversos processos patológicos como os que ocorrem no diabetes, acidente vascular cerebral e dislipidemias (CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2018). Além dos benefícios para o organismo, a atividade antioxidante de uma amostra de óleo está diretamente relacionada a sua estabilidade e o tempo de “vida útil” (ANANTH et al., 2019).

Visando avaliar a atividade antioxidante de diversos produtos, pode-se fazer uso de radicais sintéticos *in vitro* como DPPH e ABTS. A atividade de inibição do radical DPPH é considerada um método preciso, reprodutivo e de fácil execução (ALVES et al., 2010). Nesse ensaio é observada a capacidade que a amostra tem de doar próton ao DPPH. Quando há essa doação ocorre mudança de cor púrpura para amarela (ANANTH et al., 2019). Entretanto, no ensaio de inibição do radical ABTS é verificada a capacidade que a amostra tem de reduzir o ABTS à sua forma não-radical, implicando mudança de coloração de verde para amarelo (CHANDRASEKARA; SHAHIDI, 2011).

O estudo da atividade anti-inflamatória também merece destaque pois está bem estabelecido que estados patológicos comuns, como câncer, doenças cardiovasculares, artrite e doenças neurodegenerativas, estão associados à inflamação (CICERALE; LUCAS; KEAST, 2012). Alguns alimentos podem ser consumidos visando reduzir a inflamação e, conseqüentemente, prevenir ou auxiliar no tratamento dessas doenças (ZHANG; VIRGOUS; SIA, 2019).

A inflamação é um processo que faz parte da defesa do hospedeiro, entretanto, quando esta descontrolada ou não é resolvida pode trazer danos aos

tecidos e causar doenças. Os primeiros passos na resposta inflamatória são um aumento no suprimento de sangue e um aumento na permeabilidade da parede vascular. Isso permite que o plasma e grandes moléculas atravessem o endotélio, fornecendo mediadores químicos no local da inflamação (INNES; CALDER, 2018). As citocinas, como por exemplo, o fator de necrose tumoral alfa (TNF- α), estão entre os mediadores químicos que apresentam atividade pró-inflamatória (OU et al., 2019). O influxo de células e a presença de uma infinidade de mediadores inflamatórios resultam nos principais sinais de inflamação: vermelhidão, inchaço, calor, dor e perda de função (INNES; CALDER, 2018).

Edema de pata e peritonite induzidos por carragenina são métodos que podem ser utilizados para investigar a atividade anti-inflamatória. A carragenina é um polissacarídeo proveniente de algas marinhas e amplamente usado como agente pró-inflamatório em pesquisas. A injeção intraplantar de carragenina em camundongos é um modelo de inflamação aguda bem documentado que induz edema, de forma que quanto menor o edema, maior a atividade anti-inflamatória do produto testado (OU et al., 2019). Entretanto, a injeção de carragenina na região peritoneal dos animais causa peritonite, ou seja, inflamação na cavidade peritoneal. Esse processo cursa com migração celular (SANTOS et al., 2020) e acúmulo de citocinas pró-inflamatórias (OU et al., 2019).

O tratamento da dor é um dos aspectos mais comuns e complicados da prática médica (VERAS et al., 2020). Em modelo animal, a injeção intraperitoneal de ácido acético é um estímulo químico que causa contorção abdominal por sensibilização de receptores nociceptivos, os quais estão associados a dor. Um menor número de contorções abdominais indica menor sensibilização de receptores nociceptivos e consequentemente maior atividade antinociceptiva (ZADEH-ARDABILI; RAD, 2019).

Diante do potencial nutricional e bioativo que os óleos vegetais podem apresentar é essencial avaliar se o uso destes como alimento é seguro. Entretanto, estudos que avaliam essa toxicidade ainda são escassos (ZHAO et al., 2017). Testes de toxicidade podem ser realizados em grupos de animais que são expostos a diferentes concentrações de uma substância teste (HODSON; ADAMS; BROWN, 2019). Além disso, podem ser realizados testes em células saudáveis como o ensaio com brometo de 3-(4,5-dimetil-tiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazólio, um sal que é reduzido pela

desidrogenase mitocondrial na célula viva gerando o formazan (produto de cor azul escura). Sendo assim, quanto mais células vivas, mais formazan será formado (PRZYSTUPSKI et al., 2019). Esses ensaios podem gerar dados sobre a concentração letal (HODSON; ADAMS; BROWN, 2019) e servir como uma referência para a identificação de uma dosagem segura a ser utilizada por humanos (ZHANG et al., 2019b).

Zhang et al. (2019b) avaliaram a toxicidade aguda do óleo da semente de perilla (*Perilla frutescens*) que é utilizado na terapia de asma e doenças relacionadas. Esses autores observaram que o óleo de perilla foi bem tolerado pelos roedores, não apresentando toxicidade significativa. Outros autores fizeram uma avaliação toxicológica do óleo da semente de espinheiro (*Hippophae rhamnoides*), fonte de diversos compostos bioativos. Após o ensaio de toxicidade aguda, os autores não observaram efeitos adversos e nem sinais de lesões patológicas nos animais (ZHAO et al., 2017). Đurđević et al. (2018) estudaram o óleo extraído da semente de romã (*Punica granatum*) e encontraram que este além de ter alta atividade antioxidante, não apresentou toxicidade em ensaios realizados com células saudáveis. Entretanto, o óleo da semente de andiroba (*Carapa guianensis*), amplamente utilizado no Brasil, apresentou toxicidade em células saudáveis, fazendo com que os efeitos benéficos da sua ingestão fossem questionados (ARAUJO-LIMA et al., 2018).

Por mais que não haja relatos a respeito de intoxicação pelo consumo da semente de faveleira, ainda não foram realizados estudos científicos conclusivos para avaliar a toxicidade do uso do seu óleo (SANTOS et al., 2005).

2.6 SUSTENTABILIDADE E UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS DURANTE A EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL

Um sistema alimentar sustentável deve ser rentável (sustentabilidade econômica), beneficiar a sociedade (sustentabilidade social) e ter um impacto positivo ou neutro no ambiente (sustentabilidade ambiental). Esse sistema é a base dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas. Muitas discussões nacionais e internacionais têm girado em torno dos ODS, os quais exigem

transformações na agricultura e nos sistemas alimentares, a fim de acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhorar a nutrição até 2030 (FAO, 2018).

Um desses ODS é “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”, evitando que os recursos naturais sejam esgotados. Para tanto, é imprescindível diminuir a quantidade de resíduos gerados durante toda a cadeia de produção dos alimentos, alcançar o manejo adequado dos resíduos e reduzir a liberação destes para o ar, a água e o solo, visando minimizar seus impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde humana (ONU, 2015).

Os resíduos são gerados durante toda a cadeia de produção dos alimentos começando com a produção agrícola e terminando com os consumidores (MUTH et al., 2019). Quanto mais perto do final da cadeia o alimento é desperdiçado, maiores são seus impactos ambientais, pois todos os recursos empregados nas etapas anteriores também são desperdiçados (SCHERHAUFER et al., 2018; TONINI; ALBIZZATI; ASTRUP, 2018; MUTH et al., 2019). O desperdício de alimentos já é reconhecido como uma importante questão global que afeta a sustentabilidade da cadeia de suprimento de alimentos (TONINI; ALBIZZATI; ASTRUP, 2018).

O desperdício de resíduos evitáveis da cadeia de produção de alimentos resultam em um impacto ambiental desnecessário (SCHERHAUFER et al., 2018; MUTH et al., 2019). A redução de resíduos evitáveis poderia diminuir a quantidade de alimentos produzidos, os impactos ambientais (SCHERHAUFER et al., 2018) e os custos com descarte, além de transformar o resíduo em produtos de valor agregado (BORA; RAGAE; ABDEL-AAL, 2019).

Entre esses resíduos evitáveis, estão os subprodutos do processo de obtenção de óleos vegetais. A extração desses óleos resulta na produção de quantidades consideráveis de subprodutos chamados de torta. A utilização desses resíduos faz com que eles não sejam descartados de maneira inapropriada e ainda contribui para que haja uma maior diversidade de alimentos no mercado (MANNUCCI et al., 2019). Essa proposta de utilização sustentável de resíduos naturais vem sendo amplamente discutida a nível mundial e atende aos princípios da química verde (KAUR et al., 2018). Além disso, os consumidores valorizam e estão dispostos a recompensar práticas de produção sustentáveis (VICIUNAITE; ALFNES, 2020).

Os subprodutos obtidos após a extração de óleo vegetal têm recebido mais atenção visando evidenciar suas qualidades nutricionais e potenciais aplicações a nível industrial (MANNUCCI et al., 2019). Entretanto, são necessárias mais informações que possam embasar seu direcionamento para a alimentação humana (MUTH et al., 2019).

2.7 VALOR NUTRICIONAL E ATIVIDADE BIOATIVA DE RESÍDUOS GERADOS DURANTE A EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL

Os subprodutos do processamento de sementes estão entre os alimentos descartados de maior valor nutricional (GARCIA-HERRERO et al., 2019) e bioativo (RIBEIRO et al., 2017; RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019). Subprodutos obtidos de oleaginosas podem apresentar quantidades notáveis de proteínas (RABADÁN et al., 2018b; MACIEL et al., 2019), fibras (MACIEL et al., 2019; RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019), minerais (RABADÁN et al., 2018b) e compostos com atividade bioativa (MARTÍNEZ et al., 2016; RIBEIRO et al., 2017; PASQUALONE et al., 2018; RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019).

As proteínas estão relacionadas a múltiplos mecanismos fisiológicos que fazem com que elas sejam essenciais para a saúde metabólica (KITADA et al., 2019). A população mundial e a busca por dietas baseadas em proteínas vêm aumentando, isso faz com que a segurança alimentar futura dependa de diversos fatores como: redução do desperdício de alimentos, melhorias na eficiência de produção e busca por fontes proteicas alternativas que possam ser adicionadas em preparações ou diretamente consumidas. Proteínas provenientes de alimentos de origem vegetal, incluindo sementes e seus subprodutos, desempenham um papel valioso na nutrição humana (BERRY, 2019). Além disso, o consumo de proteínas vegetais também reduz a utilização de recursos naturais (como água, terra e energia) e os impactos ambientais característicos da produção de proteína de origem animal (AIKING; BOER, 2020).

O consumo de fibras está associado a prevenção de diversas doenças crônicas como cardiopatias, diabetes e câncer, as quais estão entre as principais causas de morte no mundo (DYSHLYUK et al., 2017). Dessa forma, alimentos ricos em fibras dietéticas podem oferecer importantes benefícios à saúde (ZHANG et al.,

2018). Os resíduos que são fontes de fibra são de alto interesse para a indústria de alimentos, uma vez que podem ser usados como ingredientes funcionais em vários produtos alimentícios (PELLEGRINI et al., 2018).

Os minerais estão associados as mais diversas funções no organismo humano, como: contração muscular, saúde do sistema imunológico, coagulação sanguínea, regulação da pressão, reparação celular, produção de energia, equilíbrio adequado de fluidos e transmissão nervosa (GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017). As sementes absorvem minerais do solo e a composição desses minerais vai depender da espécie vegetal e da anatomia das sementes (KRANNER; COLVILLE, 2011).

Compostos com atividade bioativa são de interesse para profissionais de saúde, pesquisadores e para o público em geral, uma vez que, apresentam funções de proteção no corpo contra processos patológicos mediados, por exemplo, pelo estresse oxidativo (SHAHIDI; ZHONG, 2015), o qual está diretamente relacionado a obesidade, hipertensão, câncer e doenças cardiovasculares (NIJHAWAN; ARORA; BEHL, 2019). Por conseguinte, a valorização dos resíduos da indústria de alimentos que apresentam atividade bioativa, além de trazer contribuições para uma cadeia alimentar sustentável do ponto de vista ambiental e econômico, é uma solução benéfica para saúde (KOWALSKA et al., 2017).

Entre os compostos bioativos encontrados nas tortas, os fenólicos se destacam, pois, são, em sua maioria, de natureza polar e ficam retidos na torta durante a etapa de extração do óleo. Consequentemente, tortas podem ser utilizadas em diferentes áreas da indústria de alimentos objetivando a elaboração de alimentos funcionais (RIBEIRO et al., 2017). Além do mais, os compostos bioativos da torta podem ser isolados contribuindo ainda mais para diversificação da sua utilização pela indústria (YUAN et al., 2018).

Vários trabalhos vêm abordado o valor nutricional e a atividade bioativa de resíduos gerados durante a extração de óleo vegetal. Resende, Franca e Oliveira (2019) elaboraram farinhas de subprodutos do Buriti (*Mauritia flexuosa*) e encontraram que elas são fontes relevantes de fibras alimentares e de antioxidantes naturais. A farinha do resíduo de prensagem do pistache (*Pistacia vera*) é rica em compostos fenólicos, podendo ser usada como ingrediente visando incorporar em produtos alimentícios alguns componentes biologicamente ativos, cuja ingestão ajuda a

promover um estilo de vida saudável (MARTÍNEZ et al., 2016). Além do mais, na farinha do resíduo de prensagem do pistache são encontradas quantidades significativas de proteína e diversos minerais como ferro, magnésio, manganês, cálcio e fósforo (RABADÁN et al., 2018b).

Ribeiro et al. (2017) avaliaram a atividade bioativa da torta da semente de faveleira e encontraram que a mesma não apresenta atividade antimicrobiana, porém possui elevada atividade antioxidante, sendo essa maior que a encontrada na semente. A torta da semente de faveleira também tem alto conteúdo fenólico total (398,89 mg AGE/100 g) e flavonoides totais (29,81 mg RE/g) (RIBEIRO et al., 2017), com predominância de ácido gálico (72273,13 µg/g), seguido de catequina (11,88 µg/g) e ácido vanílico (6,07 µg/g) (RIBEIRO et al., 2020). Sendo assim, a torta da semente de faveleira pode ser aplicada como alimento ou ingrediente bioativo para melhorar o potencial antioxidante dos alimentos (RIBEIRO et al., 2017), além de contribuir para uma cadeia alimentar ambiental e economicamente sustentável. Porém, esse subproduto é pouco estudado, sendo importante que mais pesquisas sejam realizadas visando sua utilização na preparação de alimentos funcionais. Além disso, os antioxidantes da torta podem ser isolados, o que contribui para a amplificação de seu uso pela indústria (RIBEIRO; MEDEIROS; DAMASCENO, 2020).

2.8 APLICAÇÃO DE FARINHAS DE RESÍDUOS NA FORMULAÇÃO DE PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO

Os resíduos do processamento de alimentos, como as tortas, podem ser utilizados para produção de farinhas, o que facilita o acondicionamento, prolonga o tempo de estocagem (PASQUALONE et al., 2018) e reduz os custos com transporte e estocagem (LILLFORD; HERMANSSON, 2021). Essas farinhas podem ser utilizadas como ingrediente funcional na elaboração de diferentes produtos direcionados à alimentação humana (PASQUALONE et al., 2018; MACIEL et al., 2019).

Enriquecer produtos alimentícios com essas farinhas bioativas agrega valor aos resíduos, contribui para diversificar os alimentos disponíveis, é uma forma de incluir na alimentação alguns compostos biologicamente ativos, cuja ingestão ajuda a

promover um estilo de vida saudável (PASQUALONE et al., 2018) e ajuda a reduzir a dependência do trigo que tem se tornado um ingrediente caro (KOCK; MAGANO, 2020). Além de todos esses aspectos, as características tecnológicas da farinha também devem ser levadas em consideração (PELLEGRINI et al., 2018). Entre essas características, sabe-se que farinhas com alto teor de fibras podem apresentar baixa solubilidade e alta capacidade de absorção de água, podendo ser usadas como agente emulsionante (GARCÍA-SALCEDO et al., 2018) e aquelas com alto teor de proteínas e gorduras apresentam alta capacidade de absorção de óleo (NOORFARAHZILAH; MANSOOR; HASMADI, 2017), proporcionando maior retenção do sabor e melhorando a palatabilidade do produto (BASHIR et al., 2018).

Pesquisadores e produtores estão focando cada vez mais em melhorar a qualidade nutricional e bioativa de produtos de panificação (CAIRANO et al., 2018), os quais têm como um dos seus principais ingredientes as farinhas (JAN; PANESAR; SINGH, 2018). Devido ao fato das farinhas de resíduos do processamento de alimentos apresentarem alto teor de fibras, compostos bioativos e micronutrientes, a utilização dessas na elaboração de produtos de panificação, gera um produto final caracterizado como alimento funcional (CAIRANO et al., 2018).

Trabalhos afirmam que a adição de farinhas alternativas obtidas por meio de resíduos enriquece o valor nutricional e bioativo do produto final (DYSHLYUK et al., 2017; CAIRANO et al., 2018; MEHTA et al., 2018; PASQUALONE et al., 2018; BARREIRA et al., 2019; BORA; RAGAEI; ABDEL-AAL, 2019). Pães e muffins suplementados com farinha do bagaço de tomate (*Lycopersicon esculentum*) apresentam propriedades nutricionais e bioativas aprimoradas, como maior teor de fibra alimentar, vitamina C, atividade antioxidante e minerais (MEHTA et al., 2018). A farinha da casca de amêndoas (*Prunus dulcis*) também se mostrou apta para ser utilizada em produtos de panificação à base de cereais com alto teor de compostos fenólicos e alta atividade antioxidante (PASQUALONE et al., 2018).

Embora os consumidores busquem saúde ao se alimentar, as características sensoriais dos alimentos não devem ser comprometidas (CAIRANO et al., 2018; LILLFORD; HERMANSSON, 2021), uma vez que, são fatores importantes para impulsionar a apreciação, o prazer e o consumo (ECK; STIEGER, 2020). Entre os métodos que permitem a avaliação sensorial de um alimento, estão: aceitação global

(RAMÍREZ-JIMÉNEZ et al., 2018), *just about right* (JAR) (GERE; SIPOS; HÉBERGER, 2015; RAMÍREZ-JIMÉNEZ et al., 2018; ZAY; GERE, 2019) e intenção de compra (PAGLARIN et al., 2018).

O teste de aceitação global mede se os consumidores gostam ou aceitam um novo produto (RAMÍREZ-JIMÉNEZ et al., 2018). A escala JAR identifica se determinado atributo de um alimento está na categoria fraca, ideal ou forte e determina quais atributos devem ser aumentados ou diminuídos em futuras formulações de produtos (GERE; SIPOS; HÉBERGER, 2015). Sendo assim, a categoria central representa o nível “ideal” ou “certo” para um determinado atributo (RAMÍREZ-JIMÉNEZ et al., 2018) e levando-se em consideração o percentual de consumidores que classificam os atributos como não ideais, a intensidade deles pode ser aumentada (quando insuficientemente intenso) ou diminuída (quando demasiadamente intenso) (ZAY; GERE, 2019). O método mais difundido para análise de dados do teste JAR é o teste de penalidade, pois é um método simples e que permite boa visualização dos dados. Nesse teste além dos dados da escala JAR, são usados os dados da aceitação global da seguinte forma: é verificada a média de aceitação global obtida nos grupos “menos intenso que o ideal”, “ideal” e “mais intenso que o ideal”, em seguida, as quedas na média (penalidades) são calculadas pela diferença entre as médias de aceitação global das duas categorias não ideais e a média obtida pela categoria ideal (GERE; SIPOS; HÉBERGER, 2015). O teste de intenção de compra, também chamado de teste de atitude, questiona a respeito da intenção de compra do produto analisado caso ele estivesse disponível no mercado (DUTCOSKY, 2013).

Estudos têm demonstrado viabilidade sensorial de produtos de panificação adicionados de farinhas provenientes de resíduos. A adição de 10% de bagaço de linhaça (*Linum usitatissimum*) produziu pão com características sensoriais adequadas (WIRKIJOWSKA et al., 2020). A incorporação de 35% de farinha do bagaço de tomate (*Lycopersicon esculentum*) em pães e muffins levou a propriedades sensoriais aceitáveis e aumentou o prazo de validade em comparação com o produto controle (MEHTA et al., 2018).

Além dos aspectos nutricionais, bioativos e sensoriais, aspectos físicos como massa, diâmetro, espessura, fator de expansão e volume, também devem ser considerados no desenvolvimento de produtos de panificação com farinhas de

resíduos. A massa do produto após a cocção é um parâmetro de interesse industrial pois quanto maior a perda na cocção, menor o rendimento, ou seja, menor a massa do produto final (MARCHETTI; CALIFANO; ANDRÉS, 2018). Esse processo de perda de peso é decorrente da liberação de água durante o cozimento, estando estreitamente relacionada à capacidade de retenção de água dos ingredientes (GRASSO; LIU; METHVEN, 2020). Conhecer o diâmetro e a espessura dos produtos de panificação, possibilita calcular o fator de expansão, de forma que, quanto maior o diâmetro e menor a espessura, maior será esse fator. Farinhas que se ligam à água livre da massa proporcionam um aumento na viscosidade e consequente redução da expansão (ČUKELJ et al., 2017). O volume está relacionado ao número de bolhas de ar que estão presentes na massa e às bolhas que se formam durante a cocção (GUTKOSKI et al., 2011) e é uma característica importante dos alimentos, pois contribui para um atributo sensorial fundamental, a textura (MARTINS; SENTANIN; SOUZA, 2019).

Entre os produtos de panificação, os biscoitos representam a maior categoria de lanches (JAN; PANESAR; SINGH, 2018). No mundo atual, os biscoitos podem ser usados ainda, como presentes, produtos dietéticos e itens decorados com adição de cacau, creme, nozes e outros sabores, sendo amplamente consumidos por serem versáteis, atraentes, com sabor e textura variados e vida útil prolongada (AREPALLY et al., 2020). No Brasil, a venda de biscoitos em 2020 foi de 1,53 milhão de toneladas e movimentou 20 bilhões de reais e o consumo per capita desse produto foi de 7,2 quilos por habitante. Além disso, o Brasil está entre os países do mundo que mais vendem biscoito, perdendo apenas para Estados Unidos e Índia (ABIMAPI, 2020).

Biscoitos podem servir como veículo efetivo de fornecimento de diversos nutrientes ao consumidor (JAN; PANESAR; SINGH, 2018). Segundo Bora, Ragae e Abdel-Aal (2019), biscoitos produzidos com farinha do subproduto de *goji berry* (*Lycium barbarum*) são excelentes fontes de fibras, compostos fenólicos e minerais. Barreira et al. (2019) verificaram que é possível utilizar a farinha do subproduto de prensagem de amêndoas (*Prunus dulcis*) na elaboração de biscoitos que tradicionalmente são produzidos com a farinha de amêndoas integral. Esses autores afirmam que essa substituição gera um produto de boa aceitação, reduz o custo do biscoito e ainda mantém seu teor de tocoferol e seu perfil de ácidos graxos.

Portanto, o uso dos resíduos do processamento de alimentos, tanto reduz o impacto causado por seu descarte no meio ambiente quanto promove o desenvolvimento de novos produtos com propriedades benéficas para a saúde (BORA; RAGAE; ABDEL-AAL, 2019). Além disso, os consumidores estão cada vez mais motivados a consumir alimentos que possam trazer esses benefícios, o que permite que a indústria possa se beneficiar ao produzir alimentos desse segmento. Consequentemente, esses novos produtos devem ser estudados e mais amplamente utilizados na indústria (AREPALLY et al., 2020; NYSTRAND; OLSEN, 2020).

3 HIPÓTESES

O óleo da semente de faveleira apresenta compostos bioativos, bem como atividades bioativas, e não é tóxico, favorecendo ainda mais sua aplicação na alimentação humana;

A farinha do resíduo da semente de faveleira apresenta alto valor nutricional, conteúdo fenólico e atividade antioxidante, além de características tecnológicas favoráveis à sua aplicação como ingrediente alimentar;

Os biscoitos com a farinha do resíduo da semente de faveleira apresentam alto valor nutricional e bioativo e características físicas e sensoriais adequadas ao consumo.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar e utilizar de forma sustentável o óleo e o resíduo da semente de faveleira.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter e caracterizar o óleo da semente de faveleira quanto às características físico-químicas, composição química, estabilidade, toxicidade e bioatividade;
- Obter e caracterizar a farinha do resíduo da semente realizando avaliação da composição centesimal, minerais, compostos fenólicos, capacidade antioxidante e propriedades tecnológicas;
- Desenvolver diferentes formulações de biscoito com a farinha do resíduo da semente e avaliar composição centesimal, compostos fenólicos, atividade antioxidante e aspectos físicos, microbiológicos e sensoriais.

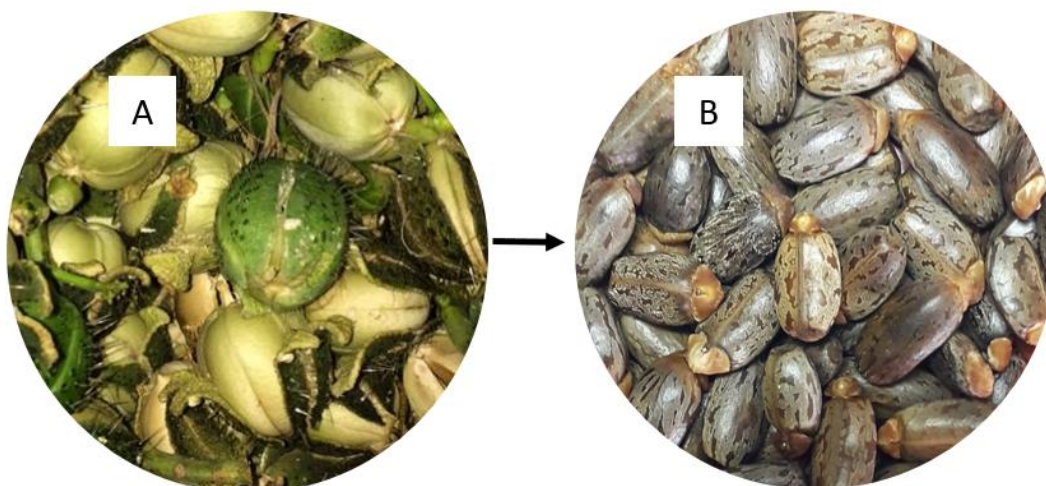
5 MÉTODOS

5.1 COLETA DAS SEMENTES

Os frutos foram colhidos na estação chuvosa de plantas do Município de São José do Seridó (latitude: 6°26'54", longitude: 36°52'43"), na região semiárida do Rio Grande do Norte. Um espécime da faveleira foi depositado no Herbário da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (no. 20064). Os frutos (Figura 2A) colhidos foram misturados e as sementes (Figura 2B) foram retiradas manualmente desses frutos, obtendo-se aproximadamente 8 Kg de semente. Essas sementes foram armazenadas a temperatura ambiente em sacos de polietileno de baixa densidade, lacrados e protegidos da luz.

A pesquisa foi registrada no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN) com número de cadastro A3205BE.

Figura 2 – Fruto (A) e semente (B) de faveleira.



Fonte: Própria.

5.2 OBTENÇÃO DO ÓLEO

As sementes foram prensadas a frio (temperatura ambiente de 18 °C) em prensa hidráulica (MARCON, MPH-10, Marília, Brasil), obtendo-se o óleo bruto. Esse

óleo foi centrifugado (Fanem, Excelsa 4, 280 R, São Paulo, Brasil) a 20 °C por 15 minutos a 9500 rpm objetivando a retirada de resquícios de semente ou de torta (resíduo de prensagem). O rendimento da extração do óleo (sobrenadante após a centrifugação) foi calculado de acordo com a equação a seguir:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Peso de óleo obtido após centrifugação (g)}}{\text{Peso das sementes (g)}} \times 100$$

O óleo foi armazenado a -20 °C em frascos de vidro âmbar com tampa de rosca, adicionados de papel de alumínio na parte externa do vidro e em atmosfera de nitrogênio até posterior análise. Esse óleo foi analisado quanto às características físico-químicas, composição química, estabilidade, toxicidade e bioatividade, conforme descrito a seguir.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE FAVELEIRA

5.3.1 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas realizadas foram: acidez, índice de peróxido, densidade, viscosidade e cor. O teor de acidez e o índice de peróxido, foram determinados por titulometria de acordo com AOCS (2017) e foram utilizados para identificar o grau de conservação do óleo. Para estabelecer um perfil de controle de qualidade durante a estocagem, o teor de acidez e o índice de peróxido foram verificados nos dias 0, 1, 5, 15, 30, 90 e 180 de armazenamento no óleo estocado a 25 ± 2 °C e nos dias 0, 1, 3, 7, 15 e 30 de armazenamento em óleo estocado a 60 ± 2 °C em estufa (Fanem, 520, São Paulo, Brasil), ambos mantidos em vidro âmbar com tampa de rosca.

A viscosidade dinâmica e a densidade do óleo foram analisadas a 25 °C pela injeção direta em viscosímetro (Anton Paar, SVM 3000/G2, Graz, Áustria). Um colorímetro (Konica Minolta, CR-400, Chiyoda, Japão) operando no sistema Comissão Internacional de Iluminação (*Commission Internationale de L'Eclairage* – CIE) L^* , a^* , b^* , sendo L^* luminosidade, a^* intensidade da cor vermelha e b^* intensidade da cor

amarela foi utilizado para verificar a cor do óleo. Todas as análises físico-químicas foram realizadas em triplicata.

5.3.2 Perfil de ácidos graxos

Para a determinação do perfil lipídico foi preparada uma alíquota do óleo visando a obtenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos (*Fatty acid methyl ester* – FAME) de acordo com Mendes-Silva, Barbosa e Vidala (2018). Em 25 mg da amostra, foi adicionado 0,5 mL de solução de hidróxido de potássio em metanol a 0,5 M e o sistema passou por agitação de 300 rpm durante 2 minutos a 25 °C. Posteriormente, foram adicionados 2 mL de hexano e o sistema passou por nova agitação de 2 minutos. Por fim, a amostra foi centrifugada por 6 minutos a 4500 rpm a 25 °C e o sobrenadante foi filtrado.

O perfil de ácidos graxos foi determinado de acordo com Mendes-Silva, Barbosa e Vidala (2018), usando cromatógrafo a gás (Agilent Technology, 7890, Santa Clara, EUA) equipado com detector por ionização de chama e injetor automático (volume de injeção: 10 µL). Utilizou-se uma coluna DB-5ms, (5% difenil, 95% dimetilpolisiloxano, 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm, Agilent J & W Scientific-Agilent, Santa Clara, EUA). A temperatura do forno foi mantida a 150 °C por 4 minutos, aquecida para 280 °C (4 °C/min) e mantida nesta temperatura por 5 minutos. A temperatura do bloco de injeção foi 300 °C e o gás de arraste foi o hélio com um fluxo de 1 mL/min. Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram identificados em triplicata, por comparação com o tempo de retenção do padrão FAME MIX (C4-24 Supelco) e quantificados por normalização da área do pico. Esses resultados foram expressos como porcentagem de ácido graxo no óleo.

5.3.3 Clorofila e carotenoides

Os teores de carotenoides e clorofila foram quantificados de acordo com Bodoira et al. (2017) em triplicata. Em 25 mL de ciclohexano foram adicionados 7,5 g de óleo. O teor de clorofila foi medido em espectrofotômetro (Biochrom, Libra S22, Cambridge, Inglaterra) a 670 nm e utilizando a seguinte equação:

$$\text{Clorofila (mg/Kg)} = \frac{A_{670} \times 10^6}{613 \times 100 \times d}$$

Onde: A_{670} – absorvância a 670 nm

d – espessura da célula (1 cm)

O conteúdo de carotenoides foi medido em em espectrofotômetro a 470 nm e utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{Carotenoides (mg/Kg)} = \frac{A_{470} \times 10^6}{2000 \times 100 \times d}$$

Onde: A_{470} – absorvância a 470 nm

d – espessura da célula (1 cm)

A extração e quantificação do β -caroteno foi realizada em triplicata de acordo com Hart e Scott (1995), com modificações. Para extrair o β -caroteno, 4 g da amostra foram adicionadas de 2 mL de hexano, 1 mL de butilhidroxitolueno (BHT, 0,1%, v/v) e 1 mL de hidróxido de potássio dissolvido em metanol (KOH, 10%, p/v) sob constante agitação (SOLAB, SL- 180/A, Piracicaba, Brasil) por 8 horas a 250 rpm. Posteriormente, 1 mL de cloreto de sódio (NaCl, 20%, p/v) e 2 mL de hexano foram adicionados e a mistura foi centrifugada por 15 minutos a 2500 rpm a 25 °C. A fração apolar foi coletada e o solvente evaporado a vácuo em uma temperatura de 30 °C (Thermo Scientific, Savant SpeedVac, Waltham, EUA). Para análise por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) com bomba Shimadzu LC-10ADvp (Kyoto, Japão), a amostra foi dissolvida em acetonitrila (1:20). O conteúdo de β -caroteno foi verificado usando cromatógrafo acoplado a um detector Shimadzu SPD-10 AV UV-VIS (Kyoto, Japão) e A coluna utilizada foi uma Shimadzu 5 μ m C18 CDS-ODS (M) (250 mm $\times$ 4.6 mm, Kyoto, Japão) mantida a 35 °C e a fase móvel utilizada foi acetonitrila, metanol e diclorometano contendo 0,1% (p/v) de BHT e 0,05 M de acetato de amônio (75:20:5). O comprimento de onda utilizado foi 450 nm. A corrida cromatográfica durou 40 minutos, em um fluxo de 1,5 mL/minuto. A quantificação de β -caroteno ocorreu pela comparação do tempo de retenção e área do respectivo padrão. Uma curva de calibração com β -caroteno (1-200 μ g/mL) foi gerada. Os resultados foram expressos em mg de β -caroteno/Kg de óleo.

5.3.4 Estabilidade térmica

A estabilidade térmica foi avaliada por análise termogravimétrica e calorimetria exploratória diferencial (*Thermogravimetry/Differential Scanning Calorimetry* – TG/DSC) (STA 449F3, NETZSCH GmbH & Co., Selb, Alemanha) usando $7,5 \pm 0,5$ mg de óleo. Os seguintes parâmetros foram utilizados na análise: fluxo de ar sintético de 50 mL/minuto, taxa de aquecimento de 10 °C/minuto e faixa de temperatura variando entre 35 e 600 °C.

5.3.5 Estabilidade oxidativa

A estabilidade oxidativa foi verificada estimando o tempo de indução da oxidação usando o método ISO 6886 (2016) e aparelho Rancimat 743 (Metrohm, Herisau, Suíça). Para tanto, 2 g de óleo foram aquecidos a $100 \pm 1,0$ °C e sujeitos a um influxo de ar a 20 L/h. Os compostos voláteis resultantes foram retirados do óleo e dissolvidos em água fria e o aumento da condutividade da água foi medido continuamente. O tempo levado para atingir a inflexão da condutividade foi registrado. Essa análise ocorreu em triplicata e foi expressa em horas.

5.3.6 Conteúdo fenólico total

Inicialmente, um extrato do óleo foi obtido com metanol, segundo Ribeiro et al. (2017). Cinco mililitros de óleo foram adicionados a 5 mL de metanol. Esse conteúdo foi homogeneizado em uma mesa agitadora orbital (Tecnal, TE-141, Piracicaba, Brasil) por 20 minutos à temperatura ambiente (20-23 °C) e centrifugado (Fanem, Excelsa 4, 280 R, São Paulo, Brasil) a 9500 rpm a 20 °C por 10 minutos. O sobrenadante foi reservado e o resíduo passou por uma nova extração. Os sobrenadantes obtidos nas duas etapas foram misturados e constituíram o extrato do óleo.

O conteúdo fenólico total (CFT) foi avaliado de acordo com o método descrito por Prazeres et al. (2019) com algumas modificações. Foram adicionados 100 µL do reagente Folin-Ciocalteu (10%, v/v) preparado na hora em 20 µL do extrato do óleo.

Após 3 min, foram adicionados 80 µL de solução de carbonato de sódio na concentração de 75 g/L. Após 2 horas no escuro, a absorbância foi mensurada por um espectrofotômetro (BioTek, µQuant Biospectro, Winooski, EUA) utilizando um comprimento de onda de 735 nm. O CFT foi analisado em triplicata e expresso em miligramas de ácido gálico equivalente por 100 gramas de óleo (mg AGE/100 g de óleo) por meio de uma curva padrão construída com concentrações de ácido gálico variando de 20 a 200 µg/mL.

5.3.7 Perfil fenólico

O perfil fenólico foi avaliado em triplicata por Cromatografia Líquida de Ultra Alta Eficiência, conforme descrito por Prazeres et al. (2019), com modificações. Os compostos fenólicos do extrato descrito no item anterior foram quantificados usando um cromatógrafo (Thermo Scientific, Accela, Waltham, EUA) equipado com um injetor automático, uma bomba quaternária e um detector de arranjo de diodo. Os dados foram processados no *ChromQuest* 5.0 (Thermo Scientific, Waltham, EUA) e a separação foi realizada usando uma coluna Shim-pack CLC-ODS C18 (250 × 4,6 mm; Shimadzu, Kyoto, Japão) mantida a 30 °C.

A fase móvel foi constituída de 1% (v/v) de ácido acético (A) e acetonitrila (B) e a coluna foi eluída com o seguinte gradiente: 0-30% (B) ao longo de 0-10 minutos, 30-70% (B) ao longo de 10-15 minutos, 70-100% (B) ao longo de 15-20 minutos e 100% (B) entre de 20-25 min. O volume de injeção foi 10 µL e a vazão foi de 1,0 mL/minuto. Os comprimentos de onda de detecção foram otimizados de acordo com os comprimentos de onda máximos de absorção dos compostos de referência: quercetina e ácido elágico foram detectados a 256 nm; vanilina, ácido siríngico, eugenol e ácido vanílico foram detectados a 280 nm. Os padrões fenólicos e a amostra foram filtrados por meio de uma membrana (0,22 µm) antes da injeção.

Os fenólicos foram quantificados comparando o tempo de retenção e os espectros de absorbância da amostra com os padrões de referência. Uma curva de calibração foi construída para cada padrão e os valores foram expressos em miligramas de composto fenólico por quilo de óleo (mg/Kg de óleo).

5.3.8 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi avaliada pela capacidade de sequestro dos radicais DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) e ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid). Ambas as análises ocorreram em triplicata.

O sequestro do radical DPPH foi avaliado de acordo com o método de Ribeiro et al. (2017), com modificações. O óleo foi diluído em água contendo Tween 80 (1%, v/v) e dimetilsulfóxido (DMSO, 1%, v/v) sob banho de ultrassom (Quimis, Q335D, Diadema, Brasil) por 15 minutos para obter uma solução de 5 mg/mL. Em 40 µL do óleo diluído foram adicionados 250 µL da solução metanólica DPPH na concentração de 200 µM. As absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro de microplaca (BioTek, µQuant, Wenooski, EUA) a 515 nm após 25 minutos de incubação no escuro. Um controle foi preparado como descrito anteriormente trocando o óleo pelos solventes que foram utilizados para dissolvê-lo. O resultado foi calculado de acordo com a equação a seguir e expresso como porcentagem de inibição (% I):

$$\% I = \frac{\text{Absorbância do controle} - \text{Absorbância da amostra}}{\text{Absorbância do controle}} \times 100$$

O sequestro de radicais ABTS foi analisado de acordo com Veras et al. (2020) com modificações. O óleo foi diluído conforme descrito no ensaio do sequestro do radical DPPH. As amostras de óleo foram preparadas em concentrações variando de 50-5000 µg/mL. Inicialmente, o radical ABTS foi formado a partir da reação da solução estoque de ABTS (7 mM) com persulfato de potássio (140 mM). A mistura resultante foi incubada à temperatura de 25 °C, no escuro, por 16 horas. Posteriormente, 1 mL da mistura foi diluído em álcool etílico até obter uma absorbância de $0,70 \pm 0,20$ a 734 nm. Em seguida, 10 µL do óleo diluído e 1 mL da solução do radical ABTS foram adicionados à cubeta e a absorbância foi determinada após 6 minutos de reação a 734 nm usando espectrofotômetro (Biochrom, Libra S22, Cambridge, Inglaterra). Os resultados foram expressos em IC₅₀ (mg/mL), que corresponde à quantidade do extrato necessária para inibir 50% dos radicais ABTS.

5.3.9 Citotoxicidade

A toxicidade *in vitro* foi avaliada pelo ensaio de brometo de 3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-Diphenyltetrazolium (MTT), de acordo com Araujo-Lima et al. (2018), com modificações. As células de macrófagos RAW 264,7 foram cultivadas em Eagle Modificado por Dulbecco (*Dulbecco's Modified Eagle* – DMEM) suplementado com 4,5 g/L de glicose, soro bovino fetal a 10% (p/v), L-glutamina (2 mM), piruvato de sódio (1 mM), estreptomicina (50 µg/mL) e penicilina (50 U/mL) a 37 °C e 5% de CO₂. As células foram plaqueadas em microplacas de 96 poços contendo 2 x 10⁴ células/poço e depois estabilizadas por 24 horas. Em seguida, o óleo da faveleira foi diluído em DMSO (1%, v/v) em concentrações variando de 39,06 até 5000 µg/mL e 10 µL dessas diluições foram adicionadas nos poços. Após 72 horas, 20 µL de solução de MTT (5 mg/mL) foram adicionados em cada poço e esse conteúdo foi incubado por 3 horas. Posteriormente, as células foram adicionadas de 100 µL de DMSO para a dissolução dos cristais de formazan. A absorbância foi medida em espectrofotômetro (Varioskan® Flash Multimode Reader-Thermo Scientific) a 540 nm. Triton X-100 (1%, v/v), DMSO (1%, v/v) e DMEM foram utilizados como controle positivo, solvente e controle negativo, respectivamente. A citotoxicidade foi avaliada em termos de porcentagem de células viáveis em relação as referências (células não tratadas – controle negativo).

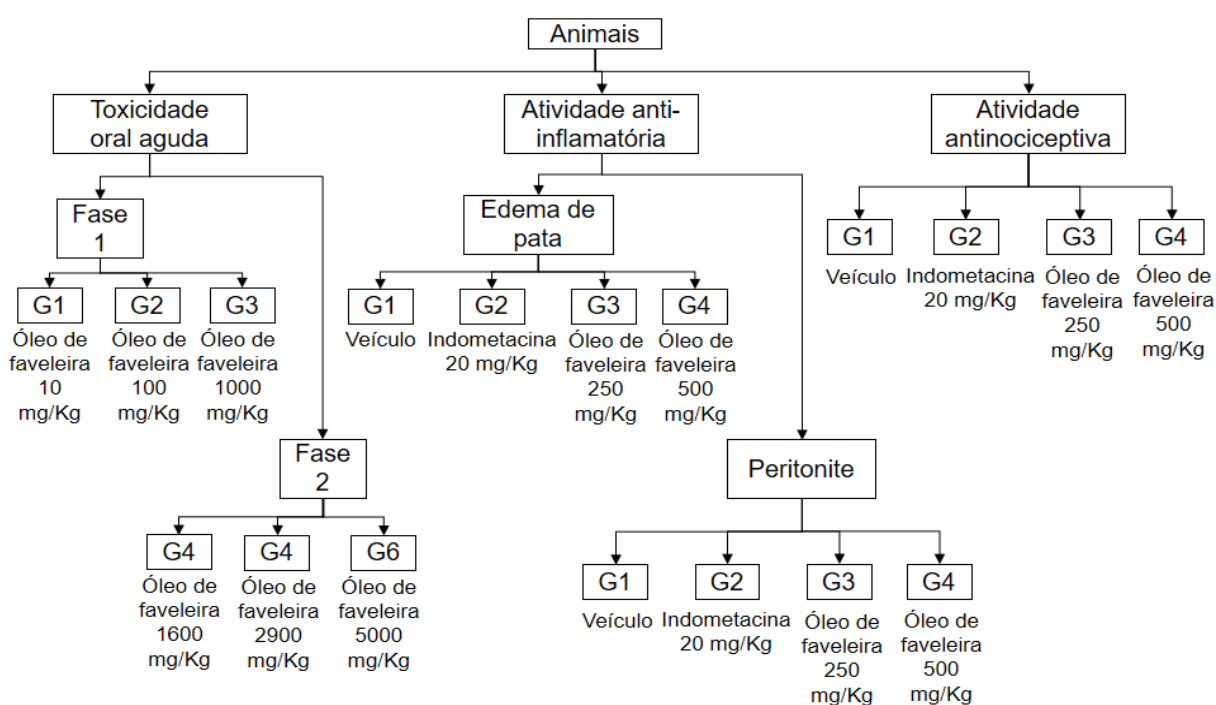
5.3.10 Toxicidade oral aguda, atividade anti-inflamatória e atividade antinociceptiva *in vivo*

5.3.10.1 Animais

Os procedimentos éticos foram realizados de acordo com as recomendações do Conselho Nacional Brasileiro de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e do Conselho de Organizações Internacionais de Ciências Médicas (CIOMS), sendo aprovado pelo Comitê de Ética de Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Pernambuco (número do processo: 0070/2019). Para avaliação, foram utilizados camundongos machos albinos da linhagem Swiss (*Mus musculus*) com peso de 30-

35 g e com 10-12 semanas de idade, mantidos em condições padrão à temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade adequada ($55 \pm 5\%$) com ciclos de luz com 12 h no claro e 12 h no escuro. Os camundongos receberam ração padrão para roedores e água *ad libitum*. Os animais passaram por uma semana de adaptação e, posteriormente, foram divididos de forma aleatória (Figura 3).

Figura 3 – Fluxograma das análises *in vivo* realizadas com o óleo da semente de faveleira.



5.3.10.2 Toxicidade oral aguda

A toxicidade oral aguda foi avaliada como descrito por Veras et al. (2020). Os animais foram distribuídos aleatoriamente em seis grupos, sendo 3 animais/grupo. O óleo de semente de faveleira foi administrado (em dose única) por via oral em três grupos, nas concentrações a seguir: 10 mg/Kg, 100 mg/Kg e 1000 mg/Kg. Após a administração, mudanças no comportamento e mortes foram monitorados durante 14 dias. Como não foram observadas mudanças nessa primeira fase, o óleo da semente de faveleira foi avaliado em uma segunda fase, na qual os animais receberam (em dose única) 1600 mg/Kg, 2900 mg/Kg e 5000 mg/Kg via oral e depois foi verificado, durante 14 dias, se houve mudanças no comportamento e mortes.

5.3.10.3 Atividade anti-inflamatória

- Edema de pata induzido por carragenina

A atividade anti-inflamatória foi estudada usando o modelo de edema de pata induzido por carragenina de acordo com Veras et al. (2020), com algumas modificações. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos, sendo 3 animais/grupo. Esses animais foram privados de alimento durante a noite e receberam por via oral uma das seguintes soluções em dose única: o grupo 1 (controle negativo) foi tratado com veículo (solução salina a 0,9%, p/v); o grupo 2 (controle positivo) foi tratado com indometacina (20 mg/Kg); o grupo 3 foi tratado com óleo de semente de faveleira na concentração de 250 mg/Kg e o grupo 4 foi tratado com óleo de semente de faveleira na concentração de 500 mg/Kg. Os animais receberam 50 µL de solução salina a 0,9%, contendo 300 µg de carragenina na pata traseira direita, 1 hora após a administração oral dos compostos. O mesmo volume de solução salina foi administrado à pata traseira esquerda. O edema foi avaliado nas patas 1, 2, 3 e 4 horas após a injeção de carragenina, com auxílio de um paquímetro (Mitutoyo Corporation, Digimatic Caliper, Kanagawa, Japão). A diferença entre as patas traseiras direita e esquerda (em milímetros) foi considerada como edema da pata.

- Peritonite induzida por Carragenina

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos, sendo 3 animais/grupo. Os animais foram privados de alimento durante a noite e foi administrado por via oral uma das seguintes soluções em dose única: o grupo 1 (controle negativo) foi tratado com veículo (solução salina a 0,9%); o grupo 2 (controle positivo) foi tratado com indometacina (20 mg/Kg); o grupo 3 foi tratado com óleo de semente de faveleira na concentração de 250 mg/Kg e o grupo 4 foi tratado com óleo desse mesmo óleo na concentração de 500 mg/Kg. Após uma hora, ocorreu a injeção de carragenina (1%, 250 µL) na cavidade peritoneal de camundongos (ZADEH-ARDABILI; RAD, 2019). Três horas após, os animais foram sacrificados por deslocamento cervical e o exsudato peritoneal foi coletado em condições assépticas. O conteúdo foi centrifugado a 12000 rpm a 4 °C por 15 minutos e 100 µL do sobrenadante foi usado para medir os níveis de TNF-α pelo kit ELISA TNF-alfa de

camundongo, alta sensibilidade (catálogo # BMS607HS) em ELISA, Thermo Fisher (Waltham, EUA), de acordo com as instruções do fabricante.

5.3.10.4 Atividade antinociceptiva

A atividade antinociceptiva foi verificada pela contagem das contorções abdominais em um intervalo de tempo determinado. Os animais foram divididos aleatoriamente nos grupos (3 animais/grupo). As contorções abdominais foram induzidas por injeção intraperitoneal de ácido acético (0,8%, p/v, 0,1 mL/10 g) em camundongos 1 hora após a administração via oral (em dose única) de veículo (solução salina a 0,9%), indometacina (20 mg/Kg) e óleo de semente de faveleira nas concentrações de 250 mg/Kg e 500 mg/Kg, obtendo-se os grupos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Cinco minutos após a injeção do agente nociceptivo, as contorções abdominais foram contadas durante 10 minutos (ZADEH-ARDABILI; RAD, 2019).

5.4 OBTENÇÃO DA FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA

A torta (Figura 4), resíduo obtido durante a prensagem das sementes, foi submetida a um processo de secagem em estufa com circulação de ar (TECNAL, TE-394/2, Piracicaba, Brasil) a 60 °C por 10 horas. Posteriormente, ocorreu a trituração em moinho analítico (IKA, A11, Campinas, Brasil) para obtenção da farinha da torta da semente de faveleira (FTSF). A FTSF foi armazenada sob refrigeração em sacos de polietileno de baixa densidade, lacrados e protegidos da luz.

Figura 4 – Torta da semente de faveleira.



Fonte: Própria.

A FTSF foi caracterizada em relação a composição centesimal, minerais, compostos fenólicos, capacidade antioxidante e propriedades tecnológicas, conforme descrito a seguir.

5.5 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA

5.5.1 Composição centesimal

Foram analisados os teores de umidade, cinzas, lipídios e proteínas segundo AOAC (2000). O teor de umidade foi determinado por secagem das amostras em estufa a 105 °C até peso constante (método AOAC 935.29). O conteúdo lipídico foi determinado usando a extração de Soxhlet com hexano (método AOAC 960.39). A proteína bruta foi medida pelo método de Kjeldahl com fator de conversão de nitrogênio em proteína igual a 6,25 (método AOAC 976.05). O teor de cinzas foi quantificado pela queima das amostras a 550 °C até peso constante (método AOAC 923.03). A análise de Fibra Alimentar Total (FAT) foi realizada por método enzimático gravimétrico (AOAC, 2002). Essas análises ocorreram em triplicata e o teor de carboidrato foi determinado por diferença. A energia total metabolizável, expressa em quilocalorias (Kcal), foi calculada considerando os fatores de conversão: (9 x gramas de gordura) + (4 x gramas de proteína) + (4 x gramas de carboidrato) (BUCHHOLZ; SCHOELLER, 2004).

5.5.2 Minerais

A quantificação dos elementos minerais (cálcio, cobre, cromo, ferro, fósforo, magnésio, manganês, níquel, potássio, selênio, sódio e zinco) ocorreu em triplicata por Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado (*Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* – ICP-OES) (Thermo Scientific, iCAP 6000 Series, Bremen, Alemanha) de acordo com a norma oficial USEPA 6010 (2000). Para a preparação das amostras, as cinzas obtidas segundo AOAC (2000) foram diluídas em ácido nítrico (1 mg/mL) e injetadas no

equipamento. A quantificação dos elementos minerais foi possível por meio da utilização de curvas analíticas elaboradas com os respectivos padrões.

5.5.3 Perfil de ácido graxo

Para analisar o perfil de ácidos graxos da FTSF, foi necessário realizar inicialmente a extração do óleo. O óleo foi extraído da farinha pelo método descrito por Bligh e Dyer (1957), com a seguinte modificação: um banho-maria (Tecnal, TE-056, Piracicaba, Brasil) a 40 °C em uma atmosfera de nitrogênio foi usado para remover o clorofórmio, solvente usado na extração. O perfil de ácidos graxos foi determinado pelo método descrito por Hartman e Lago (1973), com modificações. Em 45 mg de óleo foram adicionados 2,5 mL de NaOH em metanol 0,5 N e esse conteúdo foi deixando em banho-maria a 70 °C por 15 minutos. Posteriormente, foram adicionados 7,5 mL de HCl dissolvido em metanol (4%, v/v) e esse conteúdo foi deixando em banho-maria a 70 °C por 10 minutos. Por fim, foram adicionados 2 mL de hexano e 5 mL de solução saturada de NaCl (20%, p/v), o conteúdo foi agitado e a fase superior foi utilizada para a análise cromatográfica.

Os lipídios foram quantificados de acordo com Alcântara et al. (2019) por normalização da área de pico e espectros de teste em comparação com espectros de referência no *Mass Spectral Database* usando um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrofotômetro de massa (GCMS-QP2010, Shimadzu, Kyoto, Japão) equipado com uma coluna *Durabound* DB-23 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm, 90 °C). As temperaturas do injetor e do detector foram ajustadas em 230 °C. O gradiente foi de 90 a 150 °C (10 °C/min), 150 a 200 °C (2 °C/min) e 200 a 230 °C (10 °C/min), usando um tempo de corrida de 39 minutos. O gás de arraste usado foi o hélio. Os resultados foram expressos em percentual.

5.5.4 Conteúdo fenólico total

Para determinação do conteúdo fenólico total (CFT), as amostras passaram por um processo de extração por solventes. Inicialmente, foi realizada a remoção de compostos lipossolúveis da farinha utilizando hexano (1:10, p/v). Em seguida, a

farinha passou por um processo de extração com metanol (1:10, p/v) no qual ficou sob agitação em mesa agitadora (50 rpm) por 2 horas, seguida de repouso de 12 horas. Após as 12 horas, as amostras foram filtradas e o solvente foi removido utilizando um evaporador rotativo (Cientec, CT-246, Santiago, Chile), obtendo-se então, o extrato metanólico seco. O extrato seco foi dissolvido em metanol na concentração de 5 mg/mL para análise dos CFT de acordo com Prazeres et al. (2019) com modificações. Em microplacas, foram colocados na sequência: 20 µL do extrato dissolvido e 100 µL de reagente de Folin-Ciocalteu a 10% (v/v). Após 3 minutos, 80 µL de carbonato de sódio a 7,5% (p/v) foram adicionados. Após 2 horas no escuro, as amostras tiveram as absorbâncias medidas em espectrofotômetro (BioTek, µQuant, Wenooski, EUA) a 735 nm contra um branco, no qual a amostra foi substituída por metanol. Uma curva de calibração construída por diferentes concentrações de ácido gálico (20-400 µg/mL) foi usada a fim de converter a absorbância em miligramas de ácido gálico equivalente por 100 gramas de extrato seco (mg AGE/100 g de extrato seco). A análise de quantificação de fenólicos totais ocorreu em triplicata.

5.5.5 Perfil fenólico

O perfil fenólico foi avaliado em triplicata por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, conforme descrito por Prazeres et al. (2019), com modificações. Os compostos fenólicos do extrato descrito no item anterior foram quantificados usando um cromatógrafo equipado com detector SPD-10AV UV-VIS (Shimadzu, Kyoto, Japão), bomba cromatográfica LC-10 AD-VP (Shimadzu, Kyoto, Japão) e coluna Shim-Pack CLC-ODS C18 (4,6 mm x 15 cm, Shimadzu, Kyoto, Japão) mantida em forno a 25 °C. A fase móvel foi composta por 1% de ácido acético (A) e acetonitrila (B) e foi usada no seguinte gradiente: 0-30% (B) em 0-5 min, 30-70% (B) em 5-10 min, 70-100% (B) ao longo de 10-15 min, e 100% (B) ao longo de 15-18 min. O tempo total da análise cromatográfica foi de 18 min e o fluxo foi de 0,6 mL/min. A quantificação dos compostos fenólicos (ácido gálico, catequina, ácido elágico, vanilina, quercetina e eugenol) ocorreu em triplicata e a 280 nm pela comparação com o tempo de retenção e a área dos respectivos padrões. Os resultados foram expressos em microgramas de composto fenólico por grama de extrato seco.

5.5.6 Atividade antioxidante

A avaliação da atividade antioxidante da farinha da torta da semente de faveleira foi realizada pelos seguintes métodos: sequestro dos radicais DPPH e ABTS, ambos ocorreram em triplicata. O sequestro do radical DPPH foi avaliado segundo Ribeiro et al. (2017), com modificações. Foi preparada uma solução de DPPH (200 μ M) em metanol para se obter no espectrofotômetro de microplaca (BioTek, μ Quant, Wenooski, EUA) uma absorbância de 0,6 a 0,8 a 515 nm. O extrato seco (descrito no item 5.5.4) foi dissolvido em metanol (5 mg/mL) e um volume de 40 μ L de cada extrato diluído, foi adicionado de 250 μ L da solução de DPPH. Após 25 minutos no escuro, as absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro a 515 nm. Uma curva padrão foi construída com diferentes concentrações de Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-ácido carboxílico), variando de 2 a 1000 μ g/mL para que os resultados fossem expressos em miligramas de equivalente de Trolox por grama de extrato seco (g ET/g de extrato seco).

Para análise do sequestro do radical ABTS foi seguida a metodologia descrita por Veras et al. (2020), com modificações. O extrato seco (descrito no item 5.5.4) foi dissolvido em metanol na concentração de 5 mg/mL. Foi preparada uma solução de ABTS com absorbância de $0,700 \pm 0,200$ a 734 nm. Nas cubetas foram adicionados: 1 mL da solução do radical ABTS e 10 μ L do extrato dissolvido. A absorbâncias foi lida em espectrofotômetro (Biochrom, Libra S22, Cambridge, Inglaterra) à 734 nm após 6 minutos de reação. Uma curva padrão foi preparada com concentrações de Trolox variando entre 15 e 1000 μ g/mL. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente Trolox por grama de extrato seco (mg ET/g de extrato seco).

5.5.7 Propriedades tecnológicas

5.5.7.1 Características morfológicas

A microestrutura da FTSF foi analisada usando um microscópio eletrônico de varredura (Hitachi, TM-3000, Tóquio, Japão). Uma pequena quantidade de farinha foi montada em um suporte de metal usando fita de carbono e revestida com ouro. As

amostras foram examinadas usando imagens eletrônicas secundárias a uma aceleração de 15 kV, com tensões crescentes variando entre x200 e x4000 k.

5.5.7.2 Granulometria

A granulometria da farinha obtida foi avaliada segundo AACC (2000) utilizando um agitador de peneiras (Bertel, 110/220 v, Caieiras, Brasil) equipado com 6 tamises com aberturas de 1700 µm (10 mesh), 1000 µm (16 mesh), 850 µm (20 mesh), 600 µm (28 mesh), 425 µm (35 mesh) e 300 µm (48 mesh). Para tanto, foram utilizados 100 g de amostra e a agitação foi mantida por 15 minutos com rotação de 10 rpm. As frações da farinha retiradas nas peneiras foram pesadas e os resultados obtidos, expressos em porcentagem (método AACC 66-20.01).

5.5.7.3 Atividade de água

A atividade de água foi mensurada em triplicata em analisador de atividade de água (Novasina, Labtouch, Lachen, Suíça).

5.5.7.4 Solubilidade em água

A análise da solubilidade em água da FTSF ocorreu em triplicata e foi realizada pela adição de 30 mL de água a 600 mg de farinha. Essa mistura foi agitada por 30 minutos em diferentes temperaturas (55, 65, 75 e 85 °C). Posteriormente, o material foi centrifugado a 4500 rpm por 15 minutos e o sobrenadante foi seco a 130 °C por 12 horas e pesado (ZHANG et al., 2016). O índice de solubilidade em água (ISA) foi calculado de acordo com a equação a seguir:

$$\text{ISA (\%)} = \frac{\text{Peso dos sólidos dissolvidos no sobrenadante}}{\text{Peso da farinha}} \times 100$$

5.5.7.5 Capacidade de absorção de água e óleo

A capacidade de absorção de água (CAA) e a capacidade de absorção de óleo (CAO) foram medidas em triplicata, usando o método descrito por Jogihalli et al. (2017), com modificações. Para determinar a CAA, 3 g de FTSF foram dissolvidos em 25 mL de água destilada em um tubo de centrífuga previamente pesado e depois centrifugados a 4500 rpm por 25 min, formando duas fases. O sobrenadante foi descartado e o tubo com o sedimento foi seco em estufa por 25 minutos a 50 °C.

Para determinar o CAO, 0,5 g de farinha foi misturado em agitador de tubos (AP-56, Phoenix, Araraquara, Brasil) por 10 segundos com 6 mL de óleo de soja em um tubo de centrífuga previamente pesado e depois centrifugado a 4500 rpm por 25 minutos, formando duas fases. O sobrenadante foi descartado e o tubo com o sedimento foi colocado de cabeça para baixo por 25 minutos para drenar o óleo antes de pesar. CAA e CAO foram calculados usando as seguintes equações:

$$\text{CAA (\%)} = \frac{\text{Peso da amostra seca} - \text{peso de amostra utilizada}}{\text{Peso de amostra utilizada}} \times 100$$

$$\text{CAO (\%)} = \frac{\text{Peso da amostra após drenagem} - \text{peso de amostra utilizada}}{\text{Peso de amostra utilizada}} \times 100$$

5.6 ELABORAÇÃO DOS BISCOITOS CONTENDO A FARINHA DA TORTA DA FAVELEIRA

Os biscoitos foram elaborados substituindo 0, 25 e 50% da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira, correspondendo as formulações 0, 25 e 50-FTSF, respectivamente. A distribuição dos ingredientes está na Tabela 1. Os ingredientes foram manualmente misturados e os biscoitos moldados em forma de discos de 26 centímetros de diâmetro e 9 centímetros de espessura. O processo de cocção ocorreu a 200 °C por 25 minutos em forno a gás (Consul, CF150AB, São Paulo, Brasil). Todas as formulações obtidas foram caracterizadas quanto a composição centesimal, conteúdo fenólico total, atividade antioxidante e avaliações físicas, microbiológicas e sensoriais, conforme descrito a seguir.

Tabela 1 – Formulações dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.

Ingrediente	0-FTSF (%)	25-FTSF (%)	50-FTSF (%)
Farinha de trigo sem fermento	51,0	38,2	25,5
Farinha da torta da semente de faveleira	0,0	12,8	25,5
Açúcar cristal	16,0	16,0	16,0
Manteiga com 83% de gordura	32,0	32,0	32,0
Essência de baunilha	1,0	1,0	1,0

0, 25 e 50-FTSF: 0, 25 e 50% de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.

5.7 CARACTERIZAÇÃO DOS BISCOITOS CONTENDO A FARINHA DA TORTA DA FAVELEIRA

5.7.1 Composição centesimal, perfil de ácidos graxos, conteúdo fenólico total e atividade antioxidante

Os biscoitos foram analisados quanto ao teor de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, carboidratos, quilocalorias, FAT, perfil lipídico, CFT e sequestro dos radicais DPPH e ABTS. Todas essas análises foram realizadas em triplicata seguindo as mesmas metodologias descritas anteriormente para a FTSF.

5.7.2 Avaliação física

A avaliação física dos biscoitos envolveu análises de massa, volume, diâmetro, espessura e fator de expansão de acordo com AACC (2000). A massa foi quantificada pela pesagem do biscoito cozido e expressa em gramas. O volume foi obtido pelo método de deslocamento de sementes de painço, usando provetas de 50 mL. O diâmetro e a espessura foram determinados com paquímetro de escala milimetrada, sendo expressos em milímetros. O fator de expansão foi calculado dividindo o diâmetro pela espessura dos biscoitos após o forneamento. Todas as análises de avaliação física ocorreram em triplicata.

5.7.3 Análise microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas para verificar as condições higiênicas e sanitárias do processo de elaboração dos biscoitos. Os biscoitos foram submetidos a determinação do Número Mais Provável por grama (NMP/g) de coliformes a 45 °C, *Escherichia coli*, contagem de *Staphylococcus coagulase* positiva, *Bacillus cereus*, bolores e leveduras (APHA, 2015) e pesquisa de *Salmonella* spp., (ISO, 2007).

5.7.4 Análise sensorial

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Onofre Lopes (CEP HUOL/UFRN), Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 88742218.0.0000.5292 e os biscoitos foram avaliados sensorialmente por meio de testes afetivos.

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em cabines individuais e sob luz branca. Um total de 100 provadores (33 homens e 67 mulheres, com idade entre 18 e 60 anos) não treinados foram envolvidos na avaliação sensorial. Esses provadores faziam parte da comunidade acadêmica da UFRN, não tinham alergia aos ingredientes das formulações e concordaram em participar da pesquisa, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A), no qual constava o objetivo da pesquisa assim como os procedimentos metodológicos, riscos e benefícios.

Os candidatos que aceitaram participar da pesquisa preencheram uma Ficha de recrutamento (APÊNDICE B) para obter informações sobre afinidade com os produtos, dados sociodemográficos e condições de saúde. Para a análise sensorial, os provadores receberam as amostras de forma monádica e foram solicitados a avaliar cada uma de acordo com a Ficha de análise sensorial (APÊNDICE C). As amostras foram acondicionadas em pratos plásticos e descartáveis, codificadas com algarismos de três dígitos; acompanhadas de guardanapo, copo com água, biscoito do tipo *cream-cracker*, caneta azul ou preta e TCLE.

Os testes utilizados na análise sensorial foram o teste de aceitação global, o teste *Just about right* (JAR) e o teste de atitude (intenção de compra). No teste de aceitação global foi usada uma escala hedônica estruturada de nove pontos que variam desde “gostei muitíssimo” até “desgostei muitíssimo” (ABNT, 2016). Com as notas obtidas nesse teste sensorial, foi calculado o índice de aceitabilidade (IA) para cada formulação, determinando qual biscoito obteve melhor aceitação. IA foi calculado dividindo-se a nota média obtida para o produto pela nota máxima dada ao mesmo e multiplicando o resultado da divisão por 100. O critério de decisão para o índice ser de boa aceitação foi de IA igual ou superior a 70% (TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987).

No teste JAR o provador avaliou se os atributos escolhidos são demasiadamente fortes ou fracos, segundo sua preferência alimentar. A avaliação sensorial pelo JAR ocorreu usando 3 pontos na escala, conforme as seguintes descrições: “menos intenso do que eu gosto”, “ideal, do jeito que eu gosto”, e “mais intenso do que eu gosto” (ABNT, 2018). As características avaliadas foram textura e gosto que são as mais citadas por consumidores quando se trata de alimentos (REED; MAINLAND; ARAYATA, 2019), sendo utilizados para os biscoitos, crocância e gosto doce.

No teste de atitude o provador foi questionado a respeito da intenção de compra do produto analisado caso ele estivesse disponível no mercado. Esse teste teve uma escala de cinco pontos ancorada em 1= certamente não compraria a 5= certamente compraria. Em seguida, foi verificado quantos provadores marcaram cada uma das alternativas, sendo o resultado expresso em percentual (ABNT, 2018).

5.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A acidez e o valor de peróxido obtidos ao longo do tempo de estocagem do óleo foram comparados usando o teste-t, usando o *Graph Pad Prism* (Versão 5.0, La Jolla, CA, EUA). Os dados das atividades anti-inflamatória e antinociceptiva do óleo foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, usando o *Graph Pad Prism* (Versão 5.0, La Jolla, CA, EUA).

Os dados de WSI e granulometria da farinha, bem como a composição química, atividade antioxidante e avaliação física dos biscoitos foram submetidos a ANOVA e teste de Tukey, usando o pacote estatístico XLSTAT.

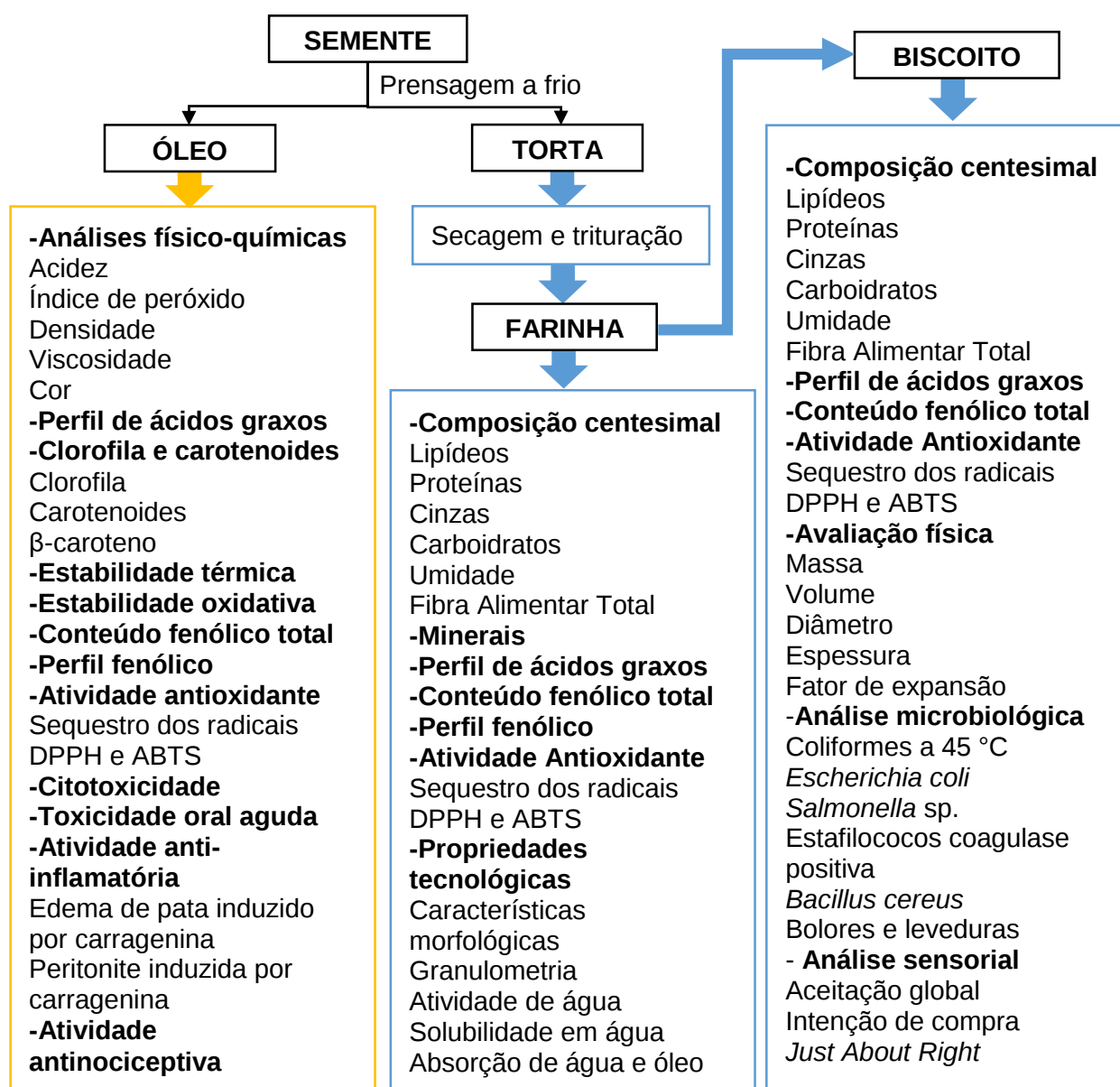
Os dados de aceitação global foram submetidos a ANOVA e teste de Scott-Knott. Com esses dados, também foi realizada uma análise de componentes principais para gerar o mapa de preferência interno. Também foi realizado o teste de penalidade, no qual os dados obtidos pelo JAR foram comparados com os dados de aceitação global para ver quais atributos tiveram um impacto significativo na aceitação. Esses testes foram realizados no pacote estatístico XLSTAT.

Todos os testes estatísticos foram realizados considerando uma significância estatística de 5%.

6 RESULTADOS

Os resultados descritos neste trabalho constituíram 2 artigos (um publicado com os dados do óleo e outro em construção com os dados da farinha e do biscoito), conforme demonstrado na Figura 5. Foram elaboradas ainda, 2 patentes (uma publicada com alguns dados da farinha e outra enviada com alguns dados do biscoito).

Figura 5 – Fluxograma do processo de obtenção e das análises realizadas no óleo, na farinha e no biscoito.



As análises descritas em amarelo e azul correspondem aos artigos 1 e 2, respectivamente.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE FAVELEIRA

Os resultados descritos neste item foram utilizados para elaboração do artigo “Chemical and biological activities of faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl) seed oil for potential health applications” publicado no periódico Food Chemistry (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127771>, APÊNDICE D). Este periódico é classificado como Qualis A1 na área de Nutrição pela CAPES 2013-2016 e tem fator de impacto igual a 6,306.

6.1.1 Análises físico-químicas

O processo de extração do óleo de semente de faveleira (Figura 6) por prensagem a frio apresentou um rendimento de $15,51 \pm 4,59\%$. Imediatamente após a extração, a acidez encontrada foi $0,33 \pm 0,09\%$ de ácido oleico e valor de peróxido foi igual a zero.

Figura 6 – Óleo da semente de faveleira.



Fonte: Própria.

As alterações na acidez do óleo durante 180 dias de armazenamento a 25 ± 2 °C e 30 dias de armazenamento a 60 ± 2 °C são mostradas nas Figuras 7 e 8, respectivamente. As amostras armazenadas apresentaram a mesma taxa de acidificação ($p = 0,8473$), e as constantes de acidificação a 25 e 60 °C foram 0,0915

($r^2 = 0,972$) e 0,0921 ($r^2 = 0,982$), respectivamente. Portanto, nas condições testadas no presente estudo, a temperatura mais alta de armazenamento não acelerou a formação de ácidos graxos livres. Após 30 dias de armazenamento, foi observada uma estabilização na acidez do óleo mantido a 25 °C.

Figura 7 – Acidez do óleo da semente de faveleira durante 180 dias de armazenamento a 25 ± 2 °C.

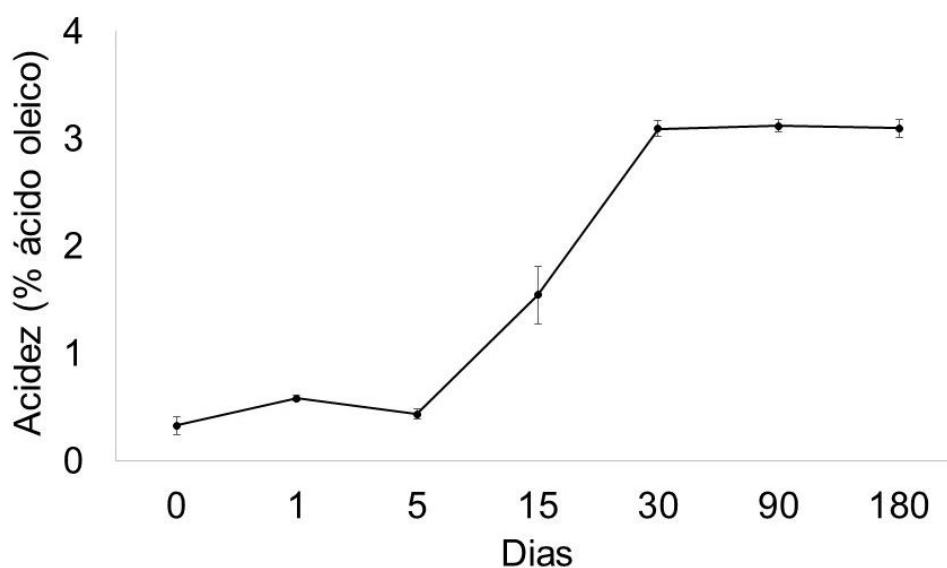
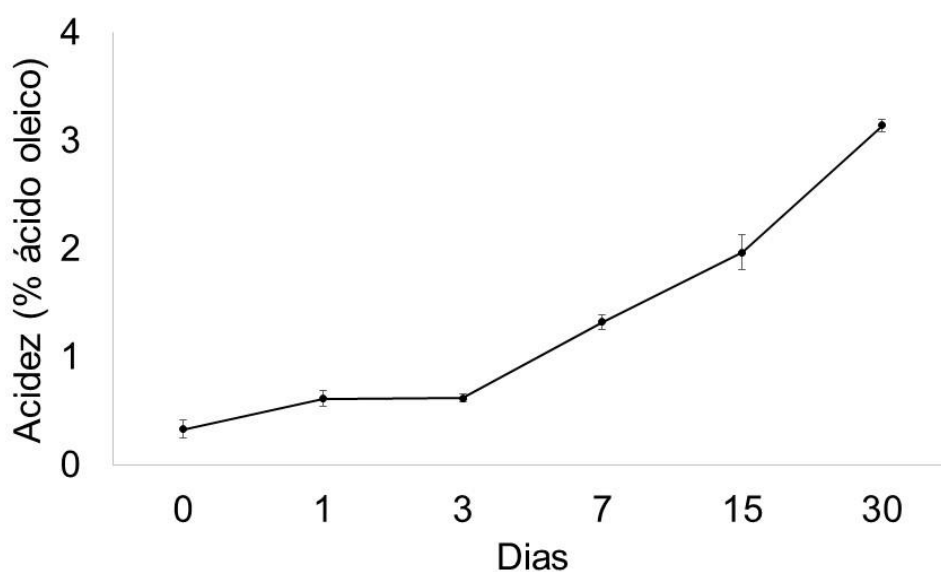


Figura 8 – Acidez do óleo da semente de faveleira durante 30 dias de armazenamento a 60 ± 2 °C.



As alterações no índice de peróxido do óleo durante 180 dias de armazenamento a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e 30 dias de armazenamento a $60 \pm 2^\circ\text{C}$ são mostradas nas Figuras 9 e 10, respectivamente.

Figura 9 – Índice de peróxido do óleo da semente de faveleira durante 180 dias de armazenamento a $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

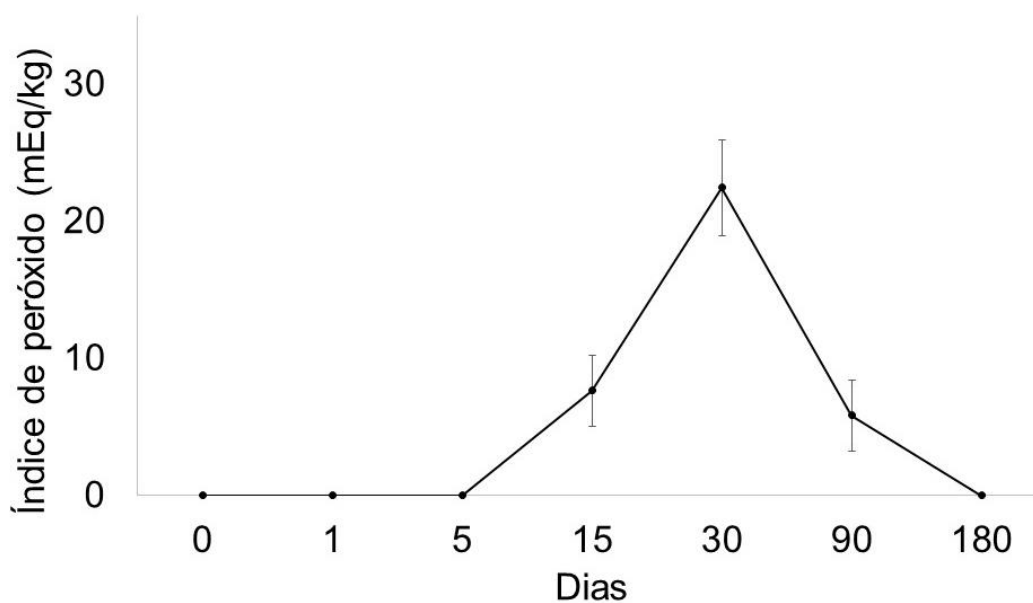
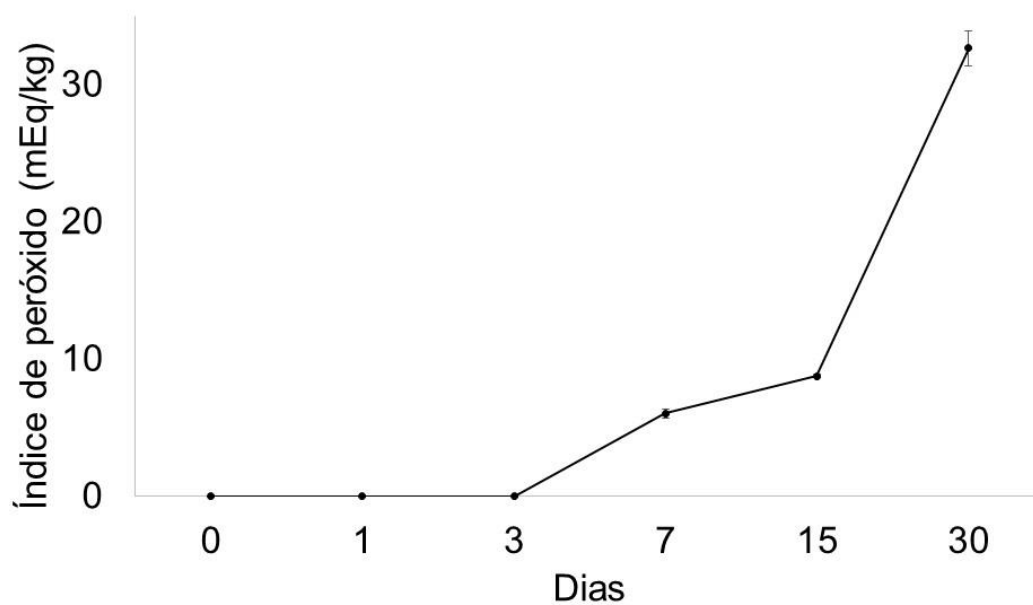


Figura 10 – Índice de peróxido do óleo da semente de faveleira durante 30 dias de armazenamento a $60 \pm 2^\circ\text{C}$.



A temperatura de armazenamento influenciou no valor de peróxido ($p < 0,05$). As amostras de óleo mantidas a 25 °C (constante de oxidação = 0,763; $r^2 = 0,963$) apresentaram taxas de degradação 1,5 vezes menor que as amostras armazenadas a 60 °C (constante de oxidação = 1,074; $r^2 = 0,959$). Verificou-se ainda, que o teor de peróxido do óleo sujeito a 30 dias de armazenamento a 60 °C aumentou com o tempo (Figura 10). No entanto, o teor de peróxido do óleo armazenado por 180 dias a 25 °C mostrou um aumento inicial e subsequente redução ao longo do tempo (Figura 9).

O óleo da semente de faveleira apresentou $0,9122 \pm 0,00 \text{ g/cm}^3$ (equivalente a $912,20 \pm 0,00 \text{ Kg/m}^3$) de densidade e $0,0525 \pm 0,0001 \text{ Pa/s}$ de viscosidade. A análise colorimétrica do óleo por meio dos dados das coordenadas do CIE apresentou os seguintes resultados: $L^* = 70,35 \pm 0,17$; $a^* = -4,68 \pm 0,00$; $b^* = 15,06 \pm 0,09$.

6.1.2 Perfil de ácidos graxos

A maioria dos ácidos graxos do óleo são insaturados ($71,61 \pm 0,08\%$), sendo o ácido linoleico o ácido graxo predominante (Tabela 2).

Tabela 2 – Perfil de ácidos graxos do óleo da semente de faveleira.

Ácido graxo	%
Ácido palmítico (16:0)	$18,55 \pm 0,07$
Ácido esteárico (18:0)	$9,42 \pm 0,02$
Ácido oleico (18:1)	$17,25 \pm 0,34$
Ácido linoleico (18:2)	$53,88 \pm 0,29$
Ácido linolênico (18:3)	$0,48 \pm 0,02$
Saturados	27,97
Monoinsaturados	17,25
Poli-insaturados	54,36

Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão ($n = 3$).

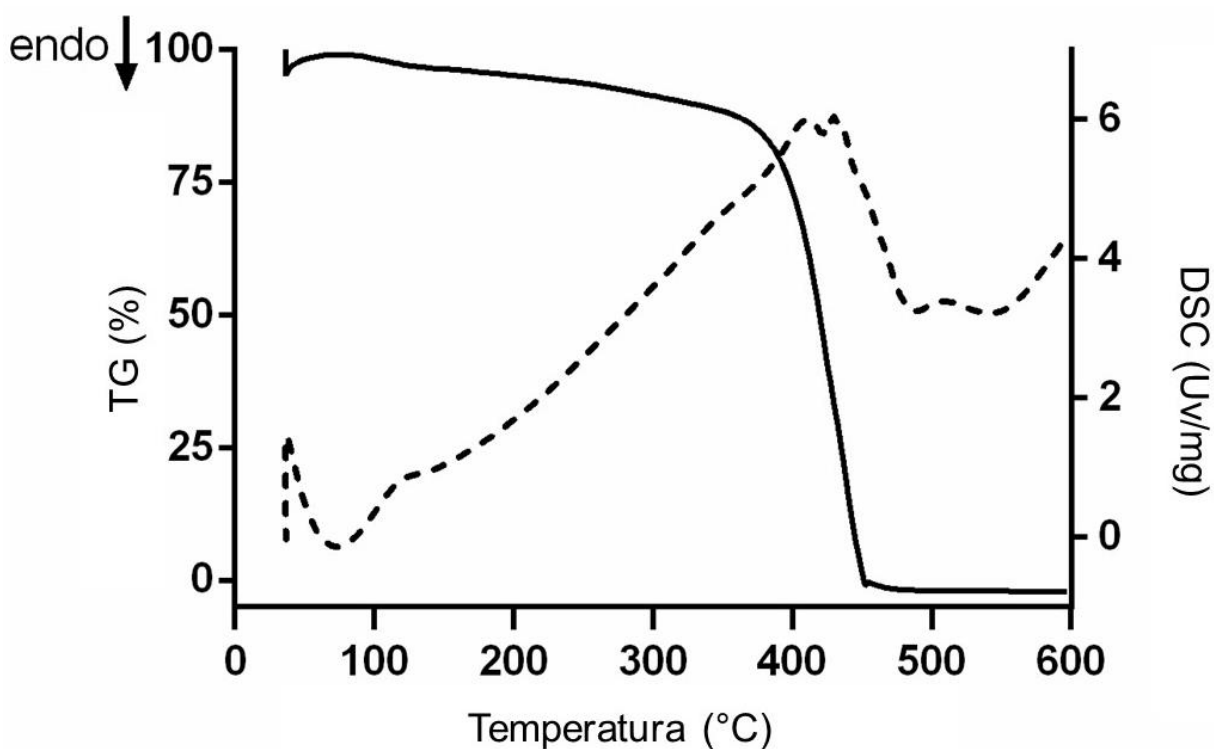
6.1.3 Clorofila e carotenoides

O óleo de semente de faveleira apresentou $1,82 \pm 0,01 \text{ mg}$ de clorofila/Kg, $0,79 \pm 0,01 \text{ mg}$ de carotenoides/Kg e $0,28 \pm 0,01 \text{ mg}$ de β -caroteno/Kg de óleo.

6.1.4 Estabilidade térmica

As curvas TG/DSC para o óleo de semente de faveleira são mostradas na Figura 11. O óleo apresentou dois estágios mais significativos de perda de massa. Um deles ocorreu de 187 a 380 °C, com perda de 17% da massa do óleo (curva TG) e essa perda foi acompanhada por um comportamento exotérmico (curva DSC). Em outro estágio, entre 380 e 450 °C, houve uma perda de massa mais expressiva (curva TG) e pode-se observar um comportamento, inicialmente, exotérmico e, posteriormente, endotérmico (curva DSC). Ao final da análise, 100% da massa do óleo foi perdida.

Figura 11 – Curvas TG (—) e DSC (---) do óleo da semente de faveleira.



6.1.5 Estabilidade oxidativa

O óleo de semente de faveleira apresentou um tempo de indução, avaliado pelo método de Rancimat, de $9,67 \pm 0,36$ horas a 100 °C.

6.1.6 Conteúdo fenólico total

O óleo de semente de faveleira apresentou um CFT igual a $108,11 \pm 8,14$ mg AGE/100 g de óleo.

6.1.7 Perfil fenólico

Ao avaliar o perfil fenólico do óleo da semente de faveleira, foram observados diferentes compostos, com ênfase em vanilina, eugenol e quercetina, como descrito na Tabela 3.

Tabela 3 – Perfil fenólico do óleo da semente de faveleira.

Composto fenólico	mg/Kg de óleo
Ácido sirínico	$0,26 \pm 0,04$
Ácido elágico	$0,09 \pm 0,00$
Quercetina	$1,33 \pm 0,05$
Vanilina	$2,60 \pm 0,24$
Eugenol	$2,08 \pm 0,03$
Ácido vanílico	$0,26 \pm 0,07$

Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão (n = 3).

6.1.8 Atividade antioxidante

O óleo inibiu $32,20 \pm 0,03\%$ dos radicais DPPH a uma concentração de 5 mg/mL e mostrou um IC₅₀ de $52,45 \pm 4,16$ mg/mL com base no ensaio do radical ABTS.

6.1.9 Citotoxicidade

De acordo com os dados obtidos no ensaio de citotoxicidade pelo ensaio do MTT, o óleo da semente de faveleira não mostrou potencial citotóxico contra células RAW 264.7 sadias nas concentrações testadas, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Porcentagem de células normal RAW 264.7 viáveis (%) após administração de diferentes concentrações do óleo da semente de faveleira pelo ensaio do MTT.

Tratamento	Concentração (µg/mL)	Células viáveis (%)
Controle negativo (DMEM)	-	100 ± 0,00 ^b
Controle positivo (Triton X-100)	-	18,35 ± 0,47 ^a
Veículo (DMSO 1%)	-	98,87 ± 0,61 ^b
Óleo da semente de faveleira	5000	100 ± 0,00 ^b
	2500	100 ± 0,00 ^b
	1250	100 ± 0,00 ^b
	625,00	100 ± 0,00 ^b
	312,50	100 ± 0,00 ^b
	156,25	100 ± 0,00 ^b
	78,12	100 ± 0,00 ^b
	39,06	100 ± 0,00 ^b

Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 3). Letras minúsculas diferentes na mesma coluna denotam diferença estatística (p < 0,05).

6.1.10 Toxicidade oral aguda *in vivo*

No teste de toxicidade oral aguda, não foram observadas mortes e nem alterações comportamentais que indiquem toxicidade em nenhum dos animais tratados com doses de 10 a 5000 mg/Kg.

6.1.11 Atividade anti-inflamatória e antinociceptiva *in vivo*

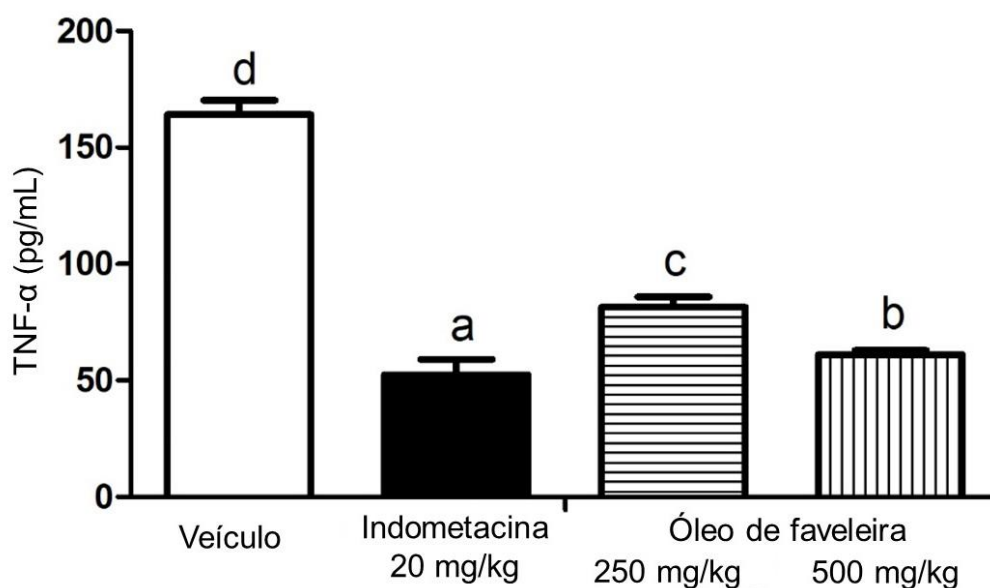
O óleo de semente de faveleira na concentração de 500 mg/Kg exerceu inibição do edema de pata superior à indometacina (20 mg/Kg) (Tabela 5). Além disso, no ensaio de peritonite induzida por carragenina, o óleo de faveleira reduziu o mediador pró-inflamatório TNF-α e, quando comparado ao veículo, 500 mg de óleo/Kg de peso do animal foi o mais eficiente (Figura 12). No ensaio de atividade antinociceptiva foi observada uma redução no número de contorções dos animais que receberam o óleo, independente da concentração, em comparação com veículo (Figura 13).

Tabela 5 – Atividade anti-inflamatória do óleo de semente de faveleira avaliada pelo edema de pata induzido por carragenina (mm).

Tratamento	Dose (mg/Kg)	Tempo (h)					Média do edema
		0	1	2	3	4	
Controle negativo (Salina)	-	-	0,575 ±	0,384 ±	0,417 ±	0,334 ±	0,427 ±
		-	0,379 ^c	0,082 ^d	0,131 ^c	0,137 ^d	0,100 ^c
Controle positivo (Indometacina)	20	-	0,050 ±	0,084 ±	0,050 ±	0,017 ±	0,050 ±
		-	0,077 ^b	0,016 ^c	0,012 ^b	0,040 ^b	0,023 ^b
Óleo da semente de faveleira	250	-	0,084 ±	0,036 ±	0,060 ±	0,000 ±	0,045 ±
		-	0,006 ^b	0,005 ^b	0,009 ^b	0,000 ^a	0,036 ^b
	500	-	0,000 ±	0,010 ±	0,020 ±	0,054 ±	0,021 ±
		-	0,000 ^a	0,008 ^a	0,003 ^a	0,044 ^c	0,023 ^a

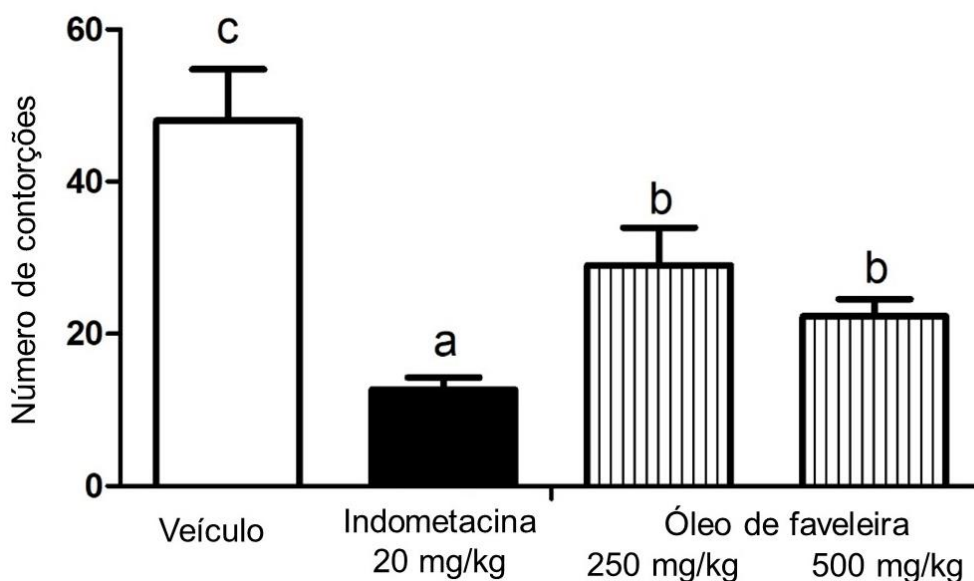
Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 3). Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística (p < 0,05).

Figura 12 – Níveis de TNF-α de animais com inflamação induzida por carragenina.



Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 3). Letras minúsculas diferentes denotam uma diferença estatística (p < 0,05).

Figura 13 – Atividade antinociceptiva do óleo de semente de faveleira para contorção abdominal induzida por injeção intraperitoneal de ácido acético.



Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão ($n = 3$). Letras minúsculas diferentes denotam uma diferença estatística ($p < 0,05$).

6.2 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA

Parte dos dados obtidos neste tópico foram usados para elaboração de uma patente publicada pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) (APÊNDICE E) e intitulada de: “Farinha da torta da semente de faveleira para aplicação antioxidante e nutracêutica”. Além disso, os resultados descritos neste item juntamente com os descritos na item 6.3 estão sendo utilizados para elaboração do segundo artigo da tese.

6.2.1 Composição centesimal

O composto encontrado em maior quantidade na FTSF (Figura 14) foi fibra alimentar total ($35,94 \pm 0,11\%$), seguido por lipídios ($28,48 \pm 2,65\%$), proteínas ($22,79 \pm 2,40\%$), carboidratos ($4,74\%$), cinzas ($4,56 \pm 0,00\%$) e umidade ($3,49 \pm 0,00\%$). O valor calórico da FTSF foi de 366 Kcal.

Figura 14 – Farinha da torta da semente de faveleira.



Fonte: Própria.

6.2.2 Minerais

Os minerais encontrados na FTSF estão na Tabela 6.

Tabela 6 – Minerais encontrados na farinha da torta da semente de faveleira.

Mineral	mg/Kg de farinha
Potássio	7107,39 ± 221,51
Fósforo	6645,81 ± 44,29
Cálcio	4737,61 ± 93,36
Magnésio	1370,62 ± 22,74
Sódio	95,06 ± 9,15
Manganês	52,19 ± 0,85
Ferro	47,50 ± 2,11
Zinco	38,34 ± 0,64
Cobre	12,56 ± 0,57

Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 3).

6.2.3 Perfil de ácidos graxos

Os ácidos graxos predominantes na farinha foram os poli-insaturados (Tabela 7) e o mais abundante foi o ácido linoleico, seguido pelos ácidos palmítico e oleico.

Tabela 7 – Perfil de ácidos graxos da farinha da torta da semente de faveleira.

Ácido graxo	%
Ácido mirístico (14:0)	0,20
Ácido palmítico (16:0)	19,33
Ácido esteárico (18:0)	9,04
Ácido oleico (18:1)	17,36
Ácido elaídico (18:1)	0,49
Ácido linoleico (18:2)	52,93
Ácido linolênico (18:3)	0,64
Saturados	28,57
Monoinsaturados	17,85
Poli-insaturados	53,57

6.2.4 Conteúdo fenólico total

A FTSF apresetou um CFT de $2070,94 \pm 81,70$ mg AGE/100 g de extrato seco.

6.2.5 Perfil fenólico

O composto fenólico predominante da FTSF foi o ácido gálico (Tabela 8).

Tabela 8 – Perfil fenólico encontrado na farinha da torta da semente de faveleira.

Composto fenólico	µg/g de extrato seco
Ácido gálico	$21015,85 \pm 4981,76$
Catequina	$20,67 \pm 7,59$
Quercetina	$8,30 \pm 2,72$
Eugenol	$4,52 \pm 0,26$

Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão (n = 3).

6.2.6 Atividade antioxidante

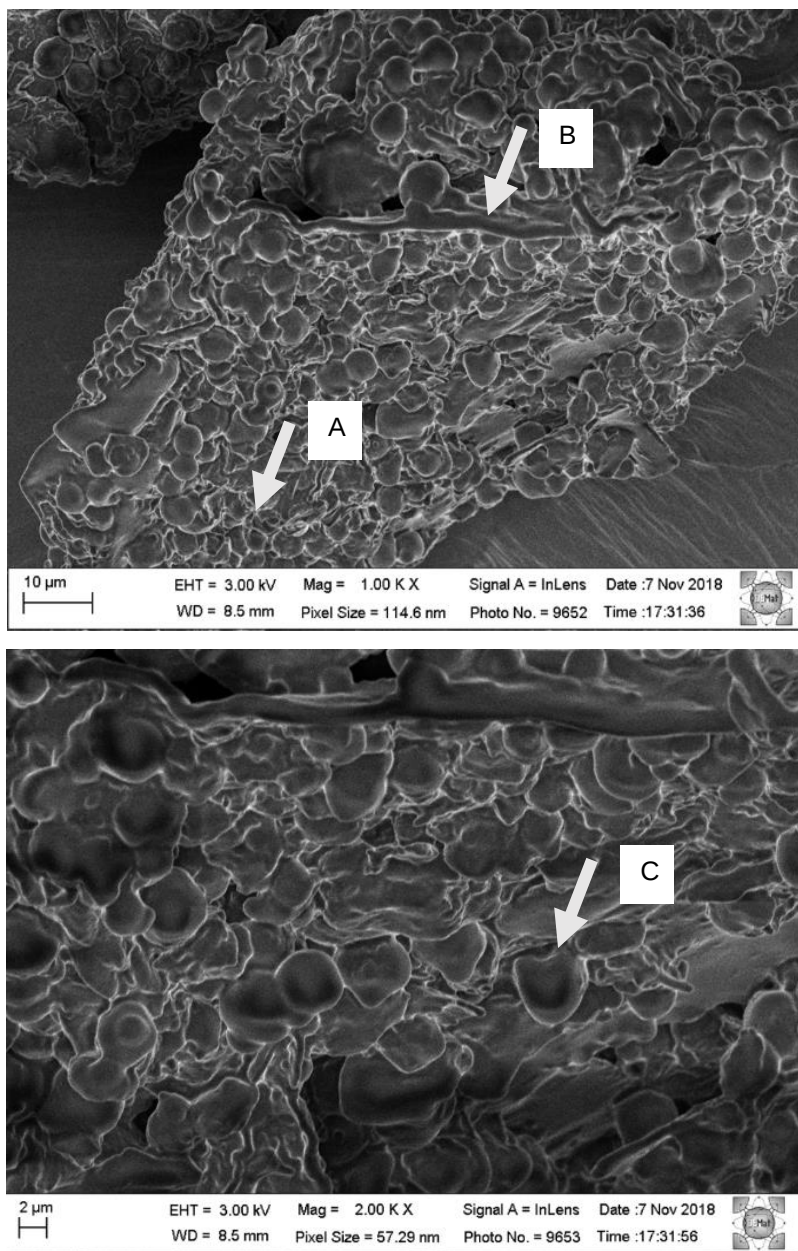
A atividade antioxidante da farinha da torta da semente de faveleira foi de $450,00 \pm 1,31$ mg ET/g usando o método de sequestro de DPPH e $42831,11 \pm 1300,14$ mg ET/g pelo o método ABTS.

6.2.7 Propriedades tecnológicas

6.2.7.1 Características morfológicas

As imagens obtidas pelo microscópio eletrônico de varredura compõem a Figura 15.

Figura 15 – Microestrutura da farinha da torta da semente de faveleira.



(A) aglomerados, (B) feixes de fibra e (C) grânulos de amido.

A partir dessas imagens, é possível identificar a formação de estruturas aglomeradas (Figura 15A), feixes de fibras (Figura 15B) e grânulos de amido pequenos, intactos e com formato irregular (Figura 15C).

6.2.7.2 Granulometria

A FTSF teve uma distribuição desigual do tamanho das partículas, ou seja, não se comportou de maneira homogênea, conforme demonstrado na Tabela 9. As peneiras que reteram maior quantidade de farinha da torta da semente de faveleira foram as de 16 mesh, 35 mesh e 10 mesh.

Tabela 9 – Distribuição do tamanho das partículas da farinha da torta da semente de faveleira.

Peneira	% de farinha retida
Mesh 10 (1700 μm)	17,44 $\pm$ 2,90 ^{bc}
Mesh 16 (1000 μm)	29,84 $\pm$ 2,92 ^a
Mesh 20 (850 μm)	7,08 $\pm$ 0,66 ^d
Mesh 28 (600 μm)	13,34 $\pm$ 2,30 ^c
Mesh 35 (425 μm)	22,89 $\pm$ 1,90 ^b
Mesh 48 (300 μm)	11,83 $\pm$ 1,86 ^{cd}
Base	1,00 $\pm$ 0,15 ^e

Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão (n = 3). Letras minúsculas diferentes denotam uma diferença estatística (p < 0,05).

6.2.7.3 Atividade de água

A atividade de água da FTSF foi de 0,18 $\pm$ 0,01.

6.2.7.4 Solubilidade em água

O índice de solubilidade em água aumentou com a elevação da temperatura, conforme mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Índice de solubilidade em água da farinha da torta da semente de faveleira em diferentes temperaturas.

Temperatura	Índice de solubilidade em água (%)
55 °C	10,53 ± 0,25 ^b
65 °C	11,42 ± 0,16 ^{ab}
75 °C	11,87 ± 0,55 ^a
85 °C	12,28 ± 0,45 ^a

Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 3). Letras minúsculas diferentes denotam uma diferença estatística (p < 0,05).

6.2.7.5 Capacidade de absorção de água e óleo

CAA e CAO foram 123,50 ± 0,71% e 92,00 ± 2,83%, respectivamente.

6.3 CARACTERIZAÇÃO DOS BISCOITOS CONTENDO A FARINHA DA TORTA DA FAVELEIRA

Parte dos resultados obtidos neste item foram usados para elaboração de uma patente enviada à Diretoria de Inovação (Positiva/UFPE) e que está aguardando depósito no INPI. Além disso, conforme descrito anteriormente, os resultados obtidos neste item estão sendo utilizados para elaboração do segundo artigo da tese conforme descrito anteriormente.

6.3.1 Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal dos biscoitos (Figura 16) são apresentados na Tabela 11. O teor de cinzas, proteínas e fibras aumentou com o aumento na quantidade de farinha da torta da semente de faveleira. Entre esses componentes, o teor de fibras apresentou um aumento mais expressivo. O biscoito 25-FTSF apresentou 8,9 vezes mais fibras que o 0-FTSF. Já o biscoito 50-FTSF exibiu 13,4 vezes mais fibras que a formulação sem FTSF. O teor de umidade foi maior no biscoito 50-FTSF e as formulações com FTSF apresentaram maior teor de lipídeos que a formulação preparada apenas com farinha de trigo. Dessa forma, entre as

formulações, 50-FTSF apresentou maior teor de umidade, cinzas, proteínas e fibras e o seu teor de lipídeos foi igual a formulação 25-FTSF.

Figura 16 – Biscoitos com 0, 25 e 50% de substituição, respectivamente, da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.



Fonte: Própria.

Tabela 11 – Composição centesimal dos biscoitos com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.

Componentes	0-FTSF	25-FCSF	50-FCSF
Umidade (%)	1,18 ± 0,10 ^b	1,02 ± 0,07 ^b	2,47 ± 0,05 ^a
Cinzas (%)	0,38 ± 0,06 ^c	0,96 ± 0,04 ^b	1,42 ± 0,00 ^a
Lipídeos (%)	30,22 ± 0,30 ^b	32,31 ± 0,22 ^a	33,26 ± 0,30 ^a
Proteínas (%)	6,69 ± 0,08 ^c	7,01 ± 0,01 ^b	10,03 ± 0,07 ^a
Fibra Alimentar Total (%)	1,07 ± 0,04 ^c	9,55 ± 0,10 ^b	14,28 ± 0,25 ^a
Carboidrato (%)	60,52	48,26	39,47
Valor calórico (Kcal)	541	520	489

0, 25 e 50-FTSF: 0, 25 e 50% de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira. Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 3). Letras minúsculas diferentes na mesma linha demonstram diferença significativa (p < 0,05).

6.3.2 Perfil de ácidos graxos

Os ácidos graxos predominantes nas 3 formulações de biscoito foram os ácidos palmítico e oleico (Tabela 12). O perfil lipídico das formulações foi semelhante, porém o biscoito com 50% de substituição da farinha de trigo pela farinha de faveleira apresentou, aproximadamente, 2,8 vezes mais ácido linoleico que o biscoito preparado apenas com farinha de trigo.

Tabela 12 – Perfil de ácidos graxos dos biscoitos com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.

Ácido graxo	0-FTSF (%)	25-FCSF (%)	50-FCSF (%)
Ácido cáprico (10:0)	1,12 ± 0,10 ^a	1,06 ± 0,27 ^a	1,38 ± 0,62 ^a
Ácido láurico (12:0)	2,89 ± 0,24 ^a	2,90 ± 0,06 ^a	3,09 ± 0,28 ^a
Ácido mirístico (14:0)	11,46 ± 0,49 ^a	11,09 ± 0,83 ^a	10,74 ± 0,41 ^a
Ácido pentadecanoico (15:0)	1,21 ± 0,31 ^a	1,39 ± 0,04 ^a	1,10 ± 0,16 ^a
Ácido palmítico (16:0)	37,38 ± 0,77 ^a	32,64 ± 6,12 ^a	31,20 ± 1,84 ^a
Ácido esteárico (18:0)	12,22 ± 0,02 ^a	10,17 ± 2,46 ^a	9,37 ± 1,30 ^a
Ácido miristoleico (14:1)	1,07 ± 0,01 ^a	1,12 ± 0,06 ^a	1,00 ± 0,06 ^a
Ácido palmitoleico (16:1)	1,98 ± 0,26 ^a	1,92 ± 0,32 ^a	1,84 ± 0,16 ^a
Ácido oleico (18:1)	26,43 ± 0,26 ^a	30,47 ± 6,98 ^a	29,95 ± 3,59 ^a
Ácido linoleico (18:2)	3,54 ± 0,25 ^b	6,68 ± 1,64 ^{ab}	9,75 ± 0,85 ^a
Saturados	66,28	59,25	56,88
Monoinsaturados	29,48	33,51	31,79
Poli-insaturados	3,54	6,68	9,75

0, 25 e 50-FTSF: 0, 25 e 50% de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira. Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 3). Letras minúsculas diferentes na mesma linha demonstram diferença significativa (p < 0,05).

6.3.3 Conteúdo fenólico total

Os biscoitos 0-FTSF, 25-FTSF e 50-FTSF apresentaram 74,15 ± 9,86; 213,17 ± 3,73 e 376,59 ± 30,20 mg AGE/100 g de extrato seco, respectivamente. Sendo assim, a adição da farinha da torta da semente de faveleira implicou aumento do teor de conteúdo fenólico total.

6.3.4 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi maior no biscoito 50-FTSF em ambas as análises testadas (Tabela 13).

Tabela 13 – Atividade antioxidante dos biscoitos com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.

Análise	0-FTSF (mg ET/g)	25-FTSF (mg ET/g)	50-FTSF (mg ET/g)
Sequestro do radical DPPH	21,75 ± 1,30 ^c	139,25 ± 3,44 ^b	176,75 ± 7,76 ^a
Sequestro do radical ABTS	291,71 ± 7,71 ^c	865,65 ± 40,78 ^b	1795,52 ± 30,82 ^a

0, 25 e 50-FTSF: 0, 25 e 50% de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira. Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 3). Letras minúsculas diferentes na mesma linha demonstram diferença significativa (p < 0,05).

6.3.5 Avaliação física

A substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira influenciou apenas a massa dos biscoitos. Essa massa aumentou conforme a adição da FTSF foi aumentando. Os outros parâmetros físicos investigados não foram afetados pelo uso da FTSF na elaboração dos biscoitos (Tabela 14).

Tabela 14 – Análises físicas dos biscoitos com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira.

Análise	0-FTSF	25-FCSF	50-FCSF
Massa (g)	6,73 ± 0,23 ^c	7,13 ± 0,06 ^b	7,50 ± 0,00 ^a
Diâmetro (mm)	30,67 ± 0,58 ^a	32,67 ± 0,58 ^a	32,33 ± 1,00 ^a
Espessura (mm)	10,33 ± 0,58 ^a	9,67 ± 0,58 ^a	9,67 ± 0,58 ^a
Volume (mL)	8,73 ± 0,58 ^a	9,33 ± 0,58 ^a	9,67 ± 0,58 ^a
Fator de expansão	2,98 ± 0,22 ^a	3,39 ± 0,25 ^a	3,36 ± 0,29 ^a

0, 25 e 50-FTSF: 0, 25 e 50% de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira. Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 3). Letras minúsculas diferentes na mesma linha demonstra diferença significativa (p < 0,05).

6.3.6 Análise microbiológica

Os resultados da análise microbiológica para todas as formulações foram: <3 NMP/g para coliformes a 45 °C, <1 NMP/g para *Bacillus cereus*, ausência de *Salmonella* sp. em 25 g de amostra e nenhuma unidade formadora de colônia por grama para estafilococcus coagulase positiva, bolores e leveduras.

6.3.7 Análise sensorial

A maioria dos provadores (51%) possuíam ensino superior incompleto, 67% eram do sexo feminino, a idade mais frequente foi 24 anos, 95% gostavam de biscoito, 42% consumiam biscoito de 2 a 3 vezes por semana e nenhum dos provadores apresentavam dor no momento da análise sensorial. As médias de aceitação atribuídas pelos provadores para os biscoitos 0, 25 e 50-FTSF foram: $7,02 \pm 1,61$, $6,56 \pm 1,97$ e $6,38 \pm 1,78$, respectivamente. Sendo assim, a formulação 0-FTSF apresentou uma aceitação melhor que 25 e 50-FTSF e não houve diferença entre essas últimas ($p > 0,05$). A partir da Figura 17 é possível perceber que a componente principal 1 (CP1) explica 58,77% da variância e há uma densidade vetorial maior envolvendo 0-FTSF, demonstrando que a maioria dos provadores preferiu esta formulação.

Além disso, a formulação 0-FTSF está do lado oposto das formulações 25-FTSF e 50-FTSF, o que está de acordo com os resultados do teste Scott-Knott que demonstrou que a formulação 0-FTSF tem uma aceitação diferente das outras duas ($p < 0,05$). Entretanto, todas as formulações apresentaram IA superior a 70% (0-FTSF: 78,00%; 25-FTSF: 72,89%; 50-FTSF: 70,89%).

Pelo teste JAR (Tabela 15) foi possível perceber que a maioria dos provadores consideraram que o atributo gosto doce estava no nível ideal em todas as formulações. Enquanto que, em relação a crocância, mais de 50% dos provadores a consideraram ideal para os biscoitos 0-FTSF e 25-FTSF.

Os resultados obtidos no teste JAR em comparação com a aceitação global estão dispostos na Tabela 15 e nas Figuras 18, 19 e 20. Na formulação 0-FTSF o gosto doce foi o atributo mais significativo pois mais de 20% dos provadores indicaram que ele estava “menos intenso do que eu gosto” (coloração azul e com o sinal de

menos na Figura 18). Foi possível perceber ainda, que os provadores penalizaram 0-FTSF quando consideraram que o gosto doce não estava intenso o suficiente ($p = 0,001$, Tabela 15), ou seja, houve uma queda significativa na média de aceitação global em decorrência do gosto doce estar menos intenso que o ideal.

Em relação a 25-FTSF, a crocância foi o atributo em destaque pois mais de 20% dos provadores indicaram que ela estava “mais intensa do que eu gosto” (coloração vermelha e com o sinal de mais na Figura 19). Entretanto, os provadores não penalizaram a amostra e não houve uma queda significativa na média de aceitação global em decorrência da crocância ($p = 0,103$, Tabela 15). Além disso, a grande maioria dos provadores achou o gosto doce e a crocância ideais para os biscoitos 25-FTSF.

Figura 17 – Mapa de preferência interno gerado pela análise de componente principal (CP) para aceitação global obtido para biscoitos com 0, 25 e 50% de substituição da farinha de trigo refinada pela farinha da torta da semente de faveleira (0-FTSF, 25-FTSF e 50-FTSF, respectivamente).

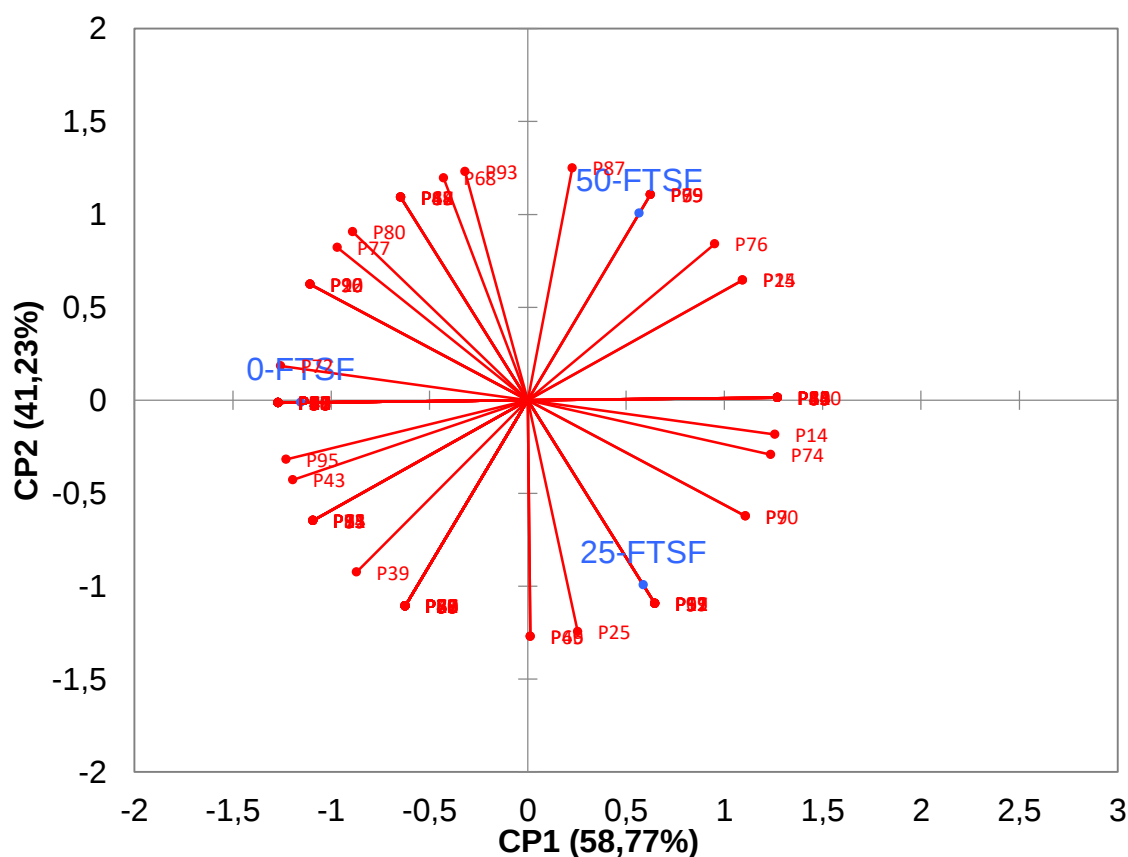
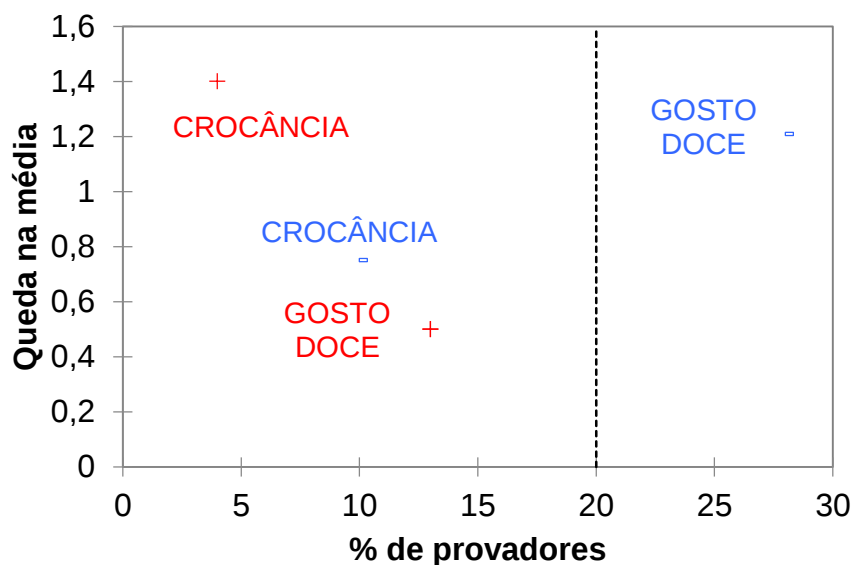


Tabela 15 – Resultados do teste JAR e da análise de penalidade dos biscoitos.

	Nível	%	Queda na média	p-valor	Penalidades	p-valor
Biscoito 0-FTSF						
Gosto doce	Menos intenso	28	1,209	0,001		
	Ideal	59			0,985	0,002
	Mais intenso	13	0,501			
Crocância	Menos intenso	10	0,751			
	Ideal	86			0,937	0,043
	Mais intenso	4	1,401			
Biscoito 25-FTSF						
Gosto doce	Menos intenso	17	1,338			
	Ideal	69			1,373	0,001
	Mais intenso	14	1,414			
Crocância	Menos intenso	9	1,079			
	Ideal	63			0,803	0,048
	Mais intenso	28	0,714	0,103		
Biscoito 50-FTSF						
Gosto doce	Menos intenso	16	0,462			
	Ideal	63			0,560	0,129
	Mais intenso	21	0,635	0,167		
Crocância	Menos intenso	9	0,161			
	Ideal	49			1,096	0,002
	Mais intenso	42	1,296	0,001		

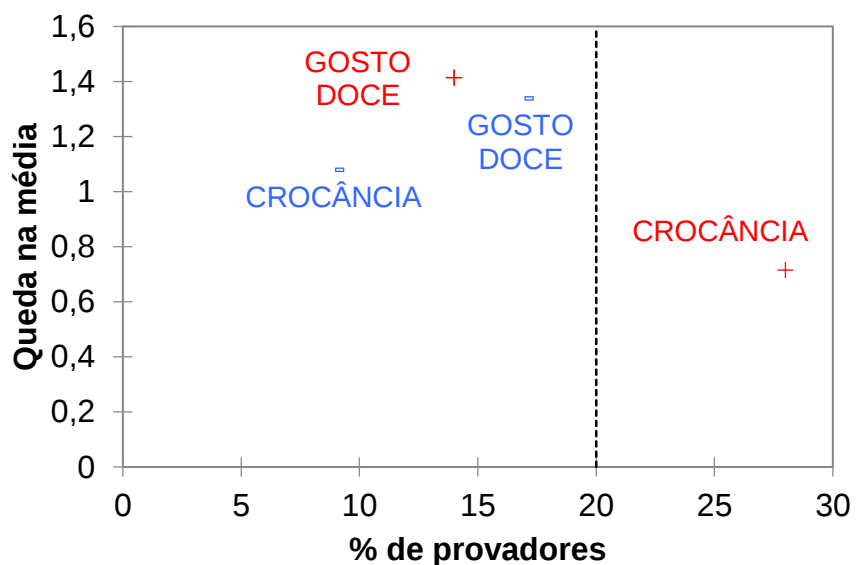
0, 25 e 50-FTSF: 0, 25 e 50% de substituição da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira. JAR: *just about right*.

Figura 18 – Queda na média da substituição de 0% da farinha de trigo refinada pela farinha da torta da semente de faveleira (0-FTSF).



Vermelho (sinal de mais) corresponde a “mais intenso do que eu gosto”, enquanto o azul (sinal de menos) corresponde ao “menos intenso do que eu gosto” na escala *just about right*.

Figura 19 – Queda na média da substituição de 25% da farinha de trigo refinada pela farinha da torta da semente de faveleira (25-FTSF).

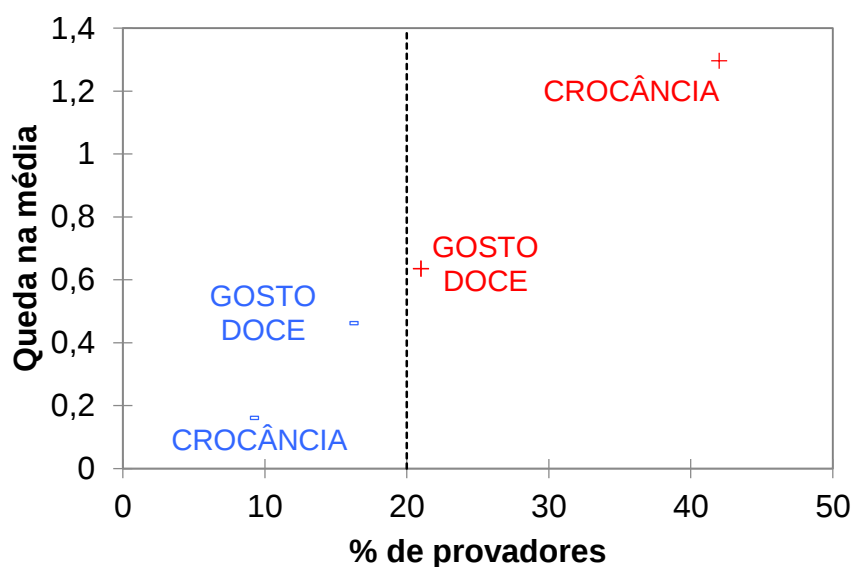


Vermelho (sinal de mais) corresponde a “mais intenso do que eu gosto”, enquanto o azul (sinal de menos) corresponde ao “menos intenso do que eu gosto” na escala *just about right*.

Para a formulação 50-FTSF os dois atributos tiveram destaque pois mais de 20% dos provadores consideraram que o gosto doce e a crocância estavam no nível “mais intenso do que eu gosto” (coloração vermelha e com o sinal de mais na Figura 20). Entretanto, apenas a crocância intensa (indicada por 42% dos provadores) causou queda significativa na média ($p = 0,001$, Tabela 15).

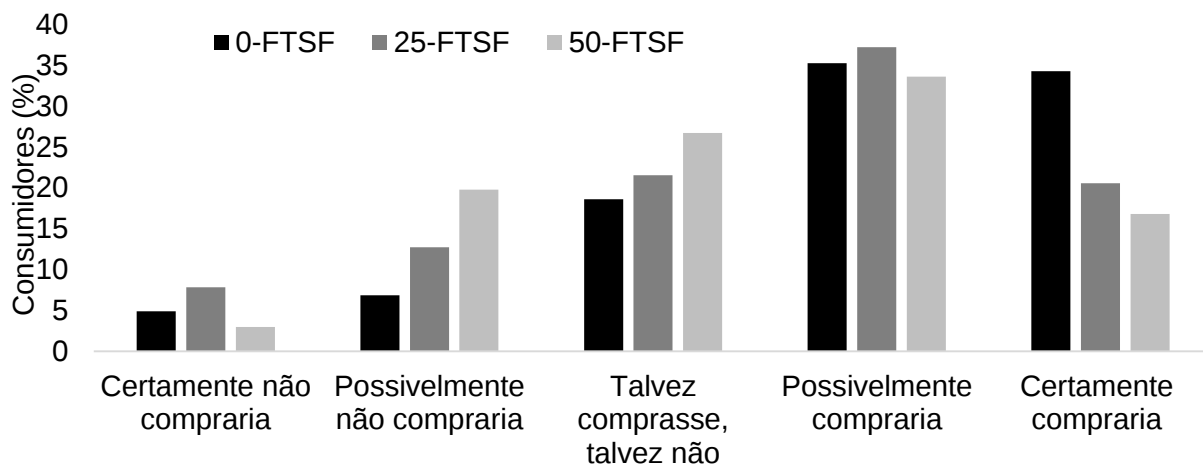
Os dados obtidos pelo teste de intenção de compra estão na Figura 21. As formulações apresentaram uma média de intenção de compra entre 3,42 e 3,87, estando todas situadas entre “talvez comprasse, talvez não” e “possivelmente compraria”. Além disso, o somatório do percentual dos provadores que marcaram “possivelmente compraria” e “certamente compraria” foi maior que 50% para todas as formulações: 69,6%, 57,8% e 50,5% para 0, 25 e 50-FTSF, respectivamente.

Figura 20 – Queda na média da substituição de 50% da farinha de trigo refinada pela farinha da torta da semente de faveleira (50-FTSF).



Vermelho (sinal de mais) corresponde a “mais intenso do que eu gosto”, enquanto o azul (sinal de menos) corresponde ao “menos intenso do que eu gosto” na escala *just about right*.

Figura 21 – Distribuição das notas atribuídas pelos provadores para o teste de intenção de compra dos biscoitos com 0, 25 e 50% de substituição da farinha de trigo refinada pela farinha da torta de prensa da semente de faveleira (0-FTSF, 25-FTSF e 50-FTSF, respectivamente).



7 DISCUSSÃO

7.1 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE FAVELEIRA

7.1.1 Análises físico-químicas

Os valores de acidez e peróxido encontrados imediatamente após a extração do óleo (item 6.1.1) foram inferiores aos encontrados por Ribeiro et al. (2017) no óleo extraído de sementes da faveleira (0,78% de ácido oleico e 1,13 mEq/Kg). Isso pode ser consequência das condições de estocagem e transporte da semente, bem como do tempo e das condições de armazenamento do óleo. A análise das características físico-químicas é importante para investigar as propriedades e a qualidade do óleo. O teor de acidez e o índice de peróxido estão entre as características mais importantes que podem ser usadas para determinar a qualidade dos óleos comestíveis (RIBEIRO et al., 2017).

O comportamento observado na acidez do óleo da semente de faveleira durante a estocagem a 25 °C (Figura 7) também foi observado no azeite mantido por um período de 12 meses a 18-24 °C (SHENDI et al., 2018). Enquanto que o comportamento observado durante a estocagem a 60 °C (Figura 8) foi similar ao observado por Wang et al. (2018) no óleo de girassol estocado a 65 °C. A acidez de um óleo indica a quantidade de ácidos graxos que não estão mais ligados às moléculas de triglicerídeos originais (GROSSI et al., 2014).

A maior oxidação (avaliada por meio do índice de peróxido) encontrada na temperatura de armazenamento mais elevada (Figura 10) era esperada, uma vez que temperaturas mais altas aceleram a auto oxidação e a decomposição dos óleos e são a principal causa da produção de sabores indesejáveis no óleo oxidado. O aumento no índice de peróxido seguido de sua redução, observados no óleo da semente de faveleira armazenado a 25 °C (Figura 9), também foi observado no azeite armazenado por 12 meses a 18-24 °C (SHENDI et al., 2018). A diminuição observada pode ser atribuída à degradação dos peróxidos, pois essas moléculas são instáveis e sofrem oxidação secundária, formando, por exemplo, aldeídos e cetonas, os quais não são quantificados na análise do índice de peróxido (LI et al., 2020). Isso faz com que, o

valor do peróxido seja usado para avaliar a oxidação primária dos óleos (RABADÁN et al., 2018a). Segundo o *Codex Alimentarius* (FAO, 2001) e a legislação brasileira (BRASIL, 2021), a qualidade de óleos que não passam pelo processo de refinamento permanece aceitável até que o valor de peróxido atinja 15 mEq/Kg de óleo. Para ambas as condições de armazenamento, observou-se que esse teor de peróxido foi alcançado apenas após cerca de 30 dias.

Os valores de densidade e viscosidade (item 6.1.1) foram semelhantes aos observados por Ribeiro et al. (2017) no óleo da mesma espécie (viscosidade de 0,05 Pa/s e densidade de 0,91 g/cm³). Além disso, a viscosidade encontrada para o óleo da semente de faveleira é próxima a dos óleos de canola (0,054 Pa/s) e milho (0,049 Pa/s) (KIM et al., 2010), enquanto a densidade é semelhante às observadas nos óleos de oliva (0,912 g/cm³) e canola (0,913 g/cm³) (GIAKOUMIS, 2018).

A análise colorimétrica mostrou altos valores de luminosidade (L^*), além de predominância de coloração verde (componente a^*) e amarela (componente b^*) (item 6.1.1). Esses resultados indicaram que o óleo de semente de faveleira apresenta a cor característica dos óleos vegetais em geral. Características semelhantes foram observadas no óleo de semente de uva (SHINAGAWA et al., 2018). A alta luminosidade e a predominância das cores amarela e verde foram observadas de maneira similar por Siger et al. (2017) em óleo de faia (*Fagus sylvatica*) ($L^* = 65,54$; $a^* = 10,28$; $b^* = 31,14$). A avaliação da cor dos óleos comestíveis é importante, pois contribui para a aceitação do consumidor, além de indicar a composição dos compostos bioativos presentes no óleo.

Sendo assim, o óleo de semente de faveleira possui características físico-químicas desejáveis para os óleos comestíveis, mantém boas características após a extração e durante a estocagem e apresenta valores de densidade e viscosidade próximos aos de óleos amplamente utilizados para consumo humano.

7.1.2 Perfil de ácidos graxos

A predominância de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente do ácido linoleico (Tabela 2), também foi observada em outros estudos que analisaram o óleo de semente de faveleira (RIBEIRO et al., 2017; SANTOS et al., 2017). Além disso,

esse ácido graxo foi encontrado em grandes quantidades nos óleos de soja (50,5%), girassol (57,8%) e milho (50,6%), os quais são amplamente utilizados para consumo humano (KIM et al., 2010).

Além de influenciar algumas características físico-químicas do óleo, o perfil lipídico está relacionado aos efeitos biológicos do óleo após o consumo e sabe-se que os ácidos graxos insaturados estão associados a diversos benefícios para a saúde humana (MEDEIROS et al., 2013). Entre eles, o ácido linoleico pode reduzir a incidência de doenças cardiovasculares (MARANGONI et al., 2020) e o risco de câncer de próstata (BURNS; NAKAMURA; MA, 2018).

7.1.3 Clorofila e carotenoides

Os teores de clorofila e carotenoides encontrados no óleo da semente de faveleira (item 6.1.3) são inferiores aos observados por Bodoira et al. (2017) no óleo de semente de chia (4,66 mg de clorofila/Kg e 5,41 mg de carotenoides/Kg). Como a clorofila aumenta a probabilidade de foto-oxidação nos óleos, um menor teor desse composto é correlacionado com uma maior estabilidade oxidativa (SIGER et al., 2017). Sendo assim, o baixo teor de clorofila do óleo de semente de faveleira é desejável.

Por outro lado, os carotenoides, especialmente o β -caroteno, fornecem proteção eficiente contra a foto-oxidação porque absorvem a luz e são capazes de sequestrar o oxigênio singlete (CECI; MATTAR; CARELLI, 2017). Embora o óleo de semente de faveleira tenha baixos teores de carotenoides e β -caroteno, ele apresenta boa estabilidade oxidativa, como demonstrado no item a seguir, sugerindo que são outros compostos presentes no óleo que contribuem para essa estabilidade. Além de influenciar na estabilidade do óleo, a presença dos pigmentos estudados confere a coloração característica do óleo vegetal.

7.1.4 Estabilidade térmica

A perda de massa observada entre 187 a 380 °C na curva TG (Figura 11) é consequência da oxidação de ácidos graxos insaturados (MEDEIROS et al., 2013), o

que é evidenciado pela curva DSC (Figura 11), uma vez que esta apresentou um comportamento exotérmico característico de reações de oxidação (SANTOS et al., 2004; 2017). Enquanto a perda de massa observada na curva TG entre 380 e 450 °C ocorre devido à oxidação de ácidos graxos monoinsaturados e saturados (MEDEIROS et al., 2013) seguida de pirólise (MARTÍN-RAMOS et al., 2017). Esse comportamento corrobora com a curva DSC observada no presente estudo, pois a oxidação é exotérmica (SANTOS et al., 2004; 2017) e a pirólise é endotérmica (MARTÍN-RAMOS et al., 2017).

A temperatura de decomposição inicial do óleo de semente de faveleira no presente estudo é consistente com os valores relatados por Medeiros et al. (2013) e Santos et al. (2017), que foram 189 °C e 188 °C, respectivamente. Gao e Birch (2016) relataram as seguintes temperaturas iniciais de decomposição de vários óleos: semente de linhaça (123,4 °C), canola (157,3 °C), semente de cânhamo (124,6 °C) e semente de cenoura (159,6 °C). Todos esses apresentam temperaturas de decomposição mais baixas que o óleo de semente de faveleira, indicando alta estabilidade do óleo de faveleira em comparação com outros óleos comerciais.

7.1.5 Estabilidade oxidativa

O óleo de semente de faveleira também apresentou boa estabilidade oxidativa (item 6.1.5), avaliada pelo método de Rancimat. A estabilidade à oxidação é um dos parâmetros de qualidade mais importantes dos óleos vegetais comestíveis, determinando sua vida útil efetiva e utilidade em processos tecnológicos, sendo o Rancimat um dos métodos mais utilizados para avaliar essa estabilidade (MASZEWSKA et al., 2018).

O tempo de indução do óleo de semente de chia extraído por prensagem foi de 3,04 horas (BODOIRA et al., 2017), sendo menor que o encontrado no presente estudo. Além disso, o tempo de indução de diferentes óleos comerciais (amendoim, milho, farelo de arroz, semente de uva e colza, tempo de indução = 4,77-5,02 horas) também é inferior ao do óleo da semente de faveleira (MASZEWSKA et al., 2018). Esse valor indica o tempo necessário para a oxidação do óleo. Assim, alto período de indução indica alta estabilidade oxidativa (BODOIRA et al., 2017). A diferença

observada em diferentes óleos pode ser consequência de vários fatores, como diferenças no perfil de ácidos graxos e presença de compostos antioxidantes (SHINAGAWA et al., 2018).

7.1.6 Conteúdo fenólico total

O CFT do óleo analisado no presente estudo (item 6.1.6) é cinco vezes superior ao relatado por Santos et al. (2017) no óleo de semente da mesma espécie ($23,88 \pm 2,01$ mg AGE/100 g). A variação observada pode ser causada pela diferença no método de extração, uma vez que a extração de Soxhlet, usada por Santos et al. (2017), requer altas temperaturas e longos períodos de incubação, o que causa uma redução nas concentrações de compostos fenólicos em óleos. O CFT do óleo de semente de faveleira foi similar ao encontrado no óleo de chia extraído por prensagem a frio ($0,91 \pm 0,13$ mg de AGE/g) (ÖZCAN et al., 2019).

7.1.7 Perfil fenólico

A vanilina, composto fenólico predominante do óleo da semente de faveleira (Tabela 3), foi extraída de diferentes alimentos e é um composto fenólico caracterizado por um aroma atraente (UENO et al., 2019). Outro composto que se destacou no perfil fenólico do óleo foi o eugenol, um composto fenólico apolar que pode reduzir o risco de doenças renais em seres humanos (BARHOMA, 2018). Além disso, o eugenol pode contribuir para a preservação de alimentos (MOHANAN; NICKERSON; GHOSH, 2018). A quercetina, terceiro composto fenólico encontrado em maior quantidade no óleo, tem efeito anti-inflamatório e antioxidante e diminui a resistência à insulina e o estresse oxidativo, podendo ser indicada para pacientes com síndrome metabólica e diabetes tipo 2 (LESJAK et al., 2018).

7.1.8 Atividade antioxidante

DPPH e ABTS são radicais livres sintéticos amplamente utilizados para medir a atividade antioxidante em amostras testadas em condições de laboratório (ANANTH

et al., 2019). A atividade de inibição do radical DPPH determinada no presente estudo (item 6.1.8) é inferior à relatada por Santos et al. (2017) no óleo de semente de faveleira ($76,68 \pm 0,90\%$), o que pode ser explicado pelas condições de análise e diferenças na origem das sementes. Entretanto, a capacidade de redução do radical DPPH do óleo da faveleira é superior à relatada no óleo de agrião (*Lepidium sativum*) ($22,15 \pm 0,2\%$, concentração de 5 mg/mL) analisado por Alqahtani et al. (2018). Além do mais, a atividade antioxidante avaliada pelo método ABTS (item 6.1.8) é maior no óleo da faveleira que no óleo obtido pela prensagem da semente de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) em diferentes temperaturas ($IC_{50} = 215,78-247,50$ mg/mL) (MUANGRAT; VEERAPHONG; CHANTEE, 2018).

7.1.9 Citotoxicidade

Os dados obtidos sobre a toxicidade do óleo da semente de faveleira *in vitro* (Tabela 4) indicam segurança no consumo do óleo. Os óleos vegetais amplamente consumidos devido às suas propriedades nutricionais, medicinais e farmacológicas, têm sido investigados em relação à sua segurança toxicológica em células saudáveis. Entre os óleos de sementes amplamente consumidos no Brasil, está o da semente de andiroba (*Carapa guianensis*). Esse óleo foi analisado por Araujo-Lima et al. (2018) e esses autores apontam que ele é tóxico para células RAW 264,7 o que pode causar danos à saúde.

7.1.10 Toxicidade oral aguda *in vivo*

Os resultados encontrados para o ensaio de toxicidade oral aguda (item 6.1.10) são semelhantes aos observados por Zhang et al. (2019b) ao testar o óleo de semente de perilla em modelo animal. Esses autores observaram que nenhum animal apresentou alterações e sugerem que a dose letal do óleo é superior à dose testada. Os resultados do presente estudo corroboraram com a hipótese de que o óleo da faveleira pode ser usado como óleo comestível, dada a sua não toxicidade e a abundância de compostos alimentares bioativos.

7.1.11 Atividade anti-inflamatória e antinociceptiva *in vivo*

O efeito anti-inflamatório do óleo foi identificado pelos testes de edema de pata (Tabela 5) e peritonite com a medida de TNF- α (Figura 12). Além disso, a redução no número de contorções (Figura 13) observada nos animais que receberam o óleo, quando comparadas as dos que receberam o veículo, sugere que este óleo inibe a sensação de dor avaliada por meio do teste de contorção induzida pela ativação dos nociceptores na presença do ácido acético (ZADEH-ARDABILI; RAD, 2019).

Os efeitos anti-inflamatórios e antinociceptivos apresentados estão provavelmente associados à variedade de constituintes químicos que foram identificados no óleo. A vanilina é um composto fenólico que foi identificado no óleo analisado neste estudo e Ueno et al. (2019) afirmam que ela tem efeitos relaxantes musculares e antinociceptivos. A quercetina, outro composto fenólico encontrado no óleo, bem como seus metabólitos, pode atuar como potente anti-inflamatório inibindo, principalmente, o metabolismo do ácido araquidônico e a produção de eicosanoides (mediadores inflamatórios) (LESJAK et al., 2018). Além disso, durante o processo inflamatório ocorre aumento na produção e liberação de radicais livres, o que pode causar diversos danos celulares (HUSSAIN; HOFSETH; HARRIS, 2003), e a quercetina, por apresentar atividade antioxidante, pode ajudar a combater esses radicais (LESJAK et al., 2018).

O ácido linoleico, o principal ácido graxo do óleo de semente de faveleira, há muito tempo vem sendo considerado como pró-inflamatório. No entanto, estão surgindo evidências de que esse ácido graxo também pode ter efeitos anti-inflamatórios, produzindo mediadores lipídicos que desempenham um papel importante na resolução da inflamação (INNES; CALDER, 2018).

7.2 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA

7.2.1 Composição centesimal

Os resultados indicam que a FTSF possui alto teor de fibras, lipídios e proteínas (item 6.2.1). As fibras têm vários efeitos metabólicos que conferem

benefícios à saúde. Diabetes, doenças cardiovasculares e câncer estão entre as principais causas de morte no mundo. Uma das formas de prevenção dessas e de outras doenças crônicas é a ingestão de fibras alimentares em quantidade suficiente (DYSHLYUK et al., 2017). As farinhas que são fontes de fibra podem ser usadas como ingredientes funcionais em vários produtos alimentícios, sendo de interesse para a indústria de alimentos (PELLEGRINI et al., 2018). O teor de fibras da FTSF é superior ao do resíduo de prensagem de noz pecan (13,1%) analisadas por Maciel et al. (2019) e ao das farinhas de arroz (0,94-8,64%), sorgo (5,34-7,74%), quinoa (7,83-10,02%), feijão (3,25-11,36%), amaranto (7,40%), grão de bico (14,87%), lentilha (19,05%) e trigo sarraceno (0,75%) analisadas por Rocchetti et al. (2019).

A farinha da torta da semente de faveleira tem alto teor lipídico, pois o processo de extração de óleo utilizado (prensagem a frio) não é capaz de extrair todo o teor lipídico da semente e também porque a semente de faveleira é uma oleaginosa (RIBEIRO et al., 2019). O alto teor de proteínas também pode ser explicado pelo fato da faveleira ser uma semente oleaginosa, o que significa que as proteínas ficam retidas na torta após o processo de extração do óleo. O enriquecimento de alimentos com farinhas que possuem alto teor de proteínas e lipídios resulta em produtos com melhor qualidade nutricional e tecnológica (PÁRAMO-CALDERÓN et al., 2019), o que sugere que a FTSF tem alto potencial para aplicação em larga escala. Segundo García-Salcedo et al. (2018), as farinhas ricas em proteínas facilitam a formação de emulsões. Além disso, de acordo com Noorfarahzilah, Mansoor e Hasmadi (2017), a capacidade de absorção de óleo da farinha aumenta na presença de proteínas e de alto teor de gordura.

A farinha analisada no presente estudo apresenta maior teor de proteínas que as farinhas de castanha do Brasil (13,91%, JOSHI; LIU; SATHE, 2015) e do subproduto de prensagem de noz pecan (13,2%, MARCHETTI; CALIFANO; ANDRÉS, 2018), além de possuir maior teor de lipídeos que a farinha de soja (21,88%, JOSHI; LIU; SATHE, 2015).

Além dos constituintes citados anteriormente, a avaliação do teor de umidade e cinzas também é importante. Quanto menor a umidade, maior o prazo de validade da farinha. A umidade encontrada na FTSF está dentro do nível aceitável para longos períodos de estocagem (<10%, MEMON et al., 2020). Comparando com outras

farinhas, o valor encontrado na FTSF é menor que o de farinhas de subprodutos de buriti (3,57-5,32%, RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019) e farinhas de trigo integrais (7,73-7,91%, MEMON et al., 2020). A FTSF tem alto teor de cinzas, sendo maior que o encontrado no resíduo de prensagem de noz pecan (2,97%, MACIEL et al., 2019) e em farinhas provenientes de diferentes subprodutos do buriti (1,01-3,45%, RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019).

7.2.2 Minerais

Potássio, fósforo e cálcio, os minerais predominantes da FTSF (Tabela 6), desempenham várias funções essenciais no organismo humano. O potássio é necessário para o equilíbrio adequado de fluidos, transmissão nervosa e regulação da pressão arterial, enquanto o fósforo é importante para o crescimento, manutenção e reparo de células e tecidos, produção de energia, ossos e dentes saudáveis, função renal e contrações musculares. O cálcio é importante para dentes e ossos saudáveis e para a saúde do sistema imunológico, além de auxiliar no funcionamento das células neurológicas, na coagulação sanguínea e na regulação da pressão arterial (GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017).

O teor de potássio, fósforo e cálcio da FTSF é superior ao das farinhas feitas de grão de bico (6060,1 mg de potássio/Kg de farinha; 2772,2 mg de fósforo/Kg de farinha; 662,9 mg de cálcio/Kg de farinha), linhaça (4340,9 mg de potássio/Kg de farinha; 5325,9 mg de fósforo/Kg de farinha; 2053,3 mg de cálcio/Kg de farinha), aveia (2877,9 mg de potássio/Kg de farinha; 5472,3 mg de fósforo/Kg de farinha; 469,6 mg de cálcio/Kg de farinha) e sementes de girassol (4855,1 mg de potássio/Kg de farinha; 2584,7 mg de fósforo/Kg de farinha; 1023,1 mg de cálcio/Kg de farinha) (BRITO et al., 2017).

Além dos minerais predominantes, os resultados mostram que a FTSF também contém uma quantidade relativamente alta de manganês. Segundo a FDA (2013), a ingestão diária recomendada de manganês com base em uma ingestão de 2000 calorias para adultos e crianças com quatro anos de idade ou mais é de 2 mg. Os resultados mostram que 100 g de farinha da torta da semente de faveleira contém 2,6 vezes a quantidade recomendada, mostrando que ela poderia ser usada como

forma de enriquecer os alimentos e atender às necessidades nutricionais diárias desse mineral. O manganês é importante para o funcionamento normal do sistema nervoso, crescimento adequado e normal da estrutura óssea e também ajuda a prevenir a osteoporose (GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017).

O teor de manganês da FTSF é superior ao conteúdo relatado por Brito et al. (2017) para farinhas feitas de amaranto (21,0 mg de manganês/Kg de farinha), chia (45,0 mg de manganês/Kg de farinha), grão de bico (14,9 mg de manganês/Kg de farinha), linhaça (16,7-25,6 mg de manganês/Kg de farinha), quinoa (27,7 mg de manganês/Kg de farinha), semente de gergelim (29,3 mg de manganês/Kg de farinha), soja (20,3 mg de manganês/Kg de farinha) e sementes de girassol (9,2 mg de manganês/Kg de farinha).

7.2.3 Perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos encontrado no presente estudo (Tabela 7) é semelhante ao relatado por Ribeiro et al. (2017) que estudaram o óleo extraído de sementes de faveleira por prensagem a frio. Isso demonstra que o óleo remanescente na torta tem uma composição similar ao óleo extraído.

O perfil encontrado mostra que a FTSF pode ser uma fonte potencial de ácidos graxos com benefícios à saúde. A ingestão de alimentos que contenham ácidos graxos insaturados, principalmente o ácido linoleico, tem sido associada a efeitos hipolipidêmicos e hepatoprotetores (MAKNI et al., 2008), anti-inflamatórios (INNES; CALDER, 2018) e cardioprotetores (MARANGONI et al., 2020). O teor de ácido linoleico da farinha da torta de torta de faveleira é superior ao teor de diferentes farinhas de quinoa analisadas por Pellegrini et al. (2018).

7.2.4 Conteúdo fenólico total

O CFT da FTSF (item 6.2.4) foi superior ao observado em estudos anteriores que analisaram a torta da mesma espécie (RIBEIRO et al., 2017; 2020). Isso pode ser consequência das diferentes formas de obtenção do extrato e do processo de aquecimento utilizado para obtenção da farinha. Siroha e Sandhu (2017) encontraram

que o aquecimento de castanhas de caju implicou aumento do CFT devido a liberação de compostos fenólicos ligados, tornando-os mais solúveis nos solventes usados na etapa de extração. Qinzhu et al. (2018) relataram um aumento nos compostos antioxidantes, principalmente compostos fenólicos, após a reação de Maillard. Além disso, o CFT da FTSF foi maior que o observado em diferentes subprodutos de buriti (93,2-934,6 mg AGE/100 g) analisados por Resende, Franca e Oliveira (2019) e na farinha da torta de pistache (11,4 mg AGE/g) analisada por Martínez et al. (2016).

7.2.5 Perfil fenólico

O ácido gálico pode desempenhar diferentes atividades biológicas como anti-inflamatória, antioxidante, anticâncer, antimicrobiana e antifibrótica (HSIEH et al., 2017). Além disso, o ácido gálico pode ser usado na indústria alimentícia visando a preservação dos alimentos (ROIDOUNG; DOLAN; SIDDIQ, 2016). O teor de ácido gálico da FTSF (Tabela 8) é expressivamente maior que o observado em farinhas de diferentes variedades de quinoa (65,95-97,42 µg/g, PELLEGRINI et al., 2018) e na farinha de semente de *Moringa oleifera* desengordurada (0,51 mg/100 g, SWETHA; RADHA; MUTHUKUMAR, 2018).

A catequina tem uma potente atividade antioxidante (GRZESIK et al., 2018), pode ser usada no tratamento do câncer de ovário (PRZYSTUPSKI et al., 2019) e apresenta atividade anticâncer de mama, pâncreas e colorretal (SILVA et al., 2019). A FTSF apresenta um teor de catequina um pouco menor que o encontrado em farinha de semente de *Moringa oleifera* desengordurada (4,93 mg/100 g, SWETHA; RADHA; MUTHUKUMAR, 2018).

A quercetina desempenha diversas atividades biológicas desejáveis como: anti-inflamatória, antioxidante e diminuição da resistência à insulina. Isso faz com que, esse composto seja indicado para pacientes com síndrome metabólica e diabetes tipo 2 (LESJAK et al., 2018). O teor de quercetina encontrado na FTSF é maior que o encontrado em farinhas de diferentes variedades de quinoa (1,26-4,32 µg/g) analisadas por Pellegrini et al. (2018).

O eugenol, apesar de ser um composto fenólico apolar, foi encontrado na FTSF, pois o processo de extração do óleo por prensagem mantém parte dos lipídeos

na torta. Esse composto fenólico reduz o risco de doenças renais (BARHOMA, 2018) e contribui para a preservação de alimentos (MOHANAN; NICKERSON; GHOSH, 2018).

Por mais que o perfil fenólico esteja diretamente relacionado às propriedades bioativas do alimento (ROCCHETTI et al., 2019), existem poucos estudos fazendo essa investigação em subprodutos de oleaginosas (CHANG et al., 2016). O perfil fenólico da FTSF fornece mais evidências de seu potencial como alimento funcional.

7.2.6 Atividade antioxidante

Os valores encontrados no presente estudo para a capacidade de sequestro dos radicais DPPH e ABTS (item 6.2.6) são expressivamente maiores que os relatados por Pellegrini et al. (2018) para diferentes tipos de farinha de quinoa (1,94-5,01 mg ET/g e 3,88-7,76 mg ET/g para os métodos DPPH e ABTS, respectivamente). O alto potencial antioxidante da FTSF reafirma seu potencial bioativo. Os compostos com esse nível de atividade têm um potencial significativo do ponto de vista da saúde e têm recebido crescente interesse das indústrias alimentícia e farmacêutica. Uma investigação mais aprofundada, incluindo análises *in vivo*, são recomendadas.

7.2.7 Propriedades tecnológicas

7.2.7.1 Características morfológicas

As características morfológicas encontradas (Figura 15) são consistentes com os resultados da análise da composição química. A aglomeração da farinha (Figura 15A) é, provavelmente, consequência do alto conteúdo lipídico e proteico. Em um estudo sobre farinha de arroz, Ye et al. (2018) descobriram que a presença de lipídios e proteínas causa aglomeração e aumento da ocorrência de pequenas partículas.

Os feixes de fibras (Figura 15B) são semelhantes aos observados por Karaman, Yilmaz e Tuncel (2017) em um estudo de resíduos do processamento de sementes de frutas, e por García-Salcedo et al. (2018), ao analisar a farinha de chia.

O tamanho e a forma dos grânulos de amido são características que variam com a espécie (LEONEL, 2007). Conhecer essas características é importante para a determinação de aplicações industriais (XIAO et al., 2020), pois elas influenciam nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido. O tamanho e a forma dos grânulos de amido encontrados no presente estudo (Figura 15C) se assemelham aos observados nos grânulos de trigo pequenos ($\leq 10 \mu\text{m}$). Grânulos pequenos podem ser usados como substitutos de gorduras, apresentam maiores temperaturas de gelatinização e menor poder de inchamento (YONEMOTO et al., 2007).

7.2.7.2 Granulometria

A distribuição desigual do tamanho das partículas encontrada para a FTSF (Tabela 9) se deve ao fato de toda a torta ter sido usada. Nas peneiras com um mesh menor ficaram os fragmentos do revestimento de sementes, enquanto nos tamanhos intermediários pode-se observar uma mistura de fragmentos de revestimento da semente e endosperma e nas peneiras de maior mesh ficaram apenas fragmentos de endosperma.

Ahmed, Thomas e Arfat (2019) relataram que frações de diferentes mesh têm composição nutricional e níveis de atividade bioativa distintos. No presente estudo, a FTSF foi utilizada em sua forma integral, ou seja, as frações foram usadas juntas, não havendo descarte de nenhuma delas. Isso é importante para obter o máximo de lipídios, proteínas, carboidratos, fibras, micronutrientes e compostos bioativos da farinha. Além disso, o uso de todas as frações aprimora o uso sustentável do resíduo de prensagem, evitando o desperdício.

7.2.7.3 Atividade de água

A atividade de água encontrada no presente estudo (item 6.2.7.3) está em um nível adequado para conservação de alimentos. Essa é uma medida que determina a quantidade de água não ligada em uma amostra e, portanto, é um fator importante que rege o crescimento microbiano. A maioria dos microrganismos não pode crescer abaixo de um nível de atividade de água de 0,60 (ATLAW, 2018). Além de influenciar

o crescimento microbiano, a atividade da água também é usada para prever o risco de deterioração causada por enzimas ou reações não enzimáticas (PELLEGRINI et al., 2018).

A FTSF apresentou uma atividade de água superior à farinha de ervilha (0,11) e inferior às farinhas de milho (0,23) e soja (0,22) relatadas por Fasoyiro, Gourama e Cutter (2017). Segundo esses autores, a atividade da água nas farinhas pode variar de acordo com a matéria-prima, o método de processamento, o material de embalagem e as condições de armazenamento.

7.2.7.4 Solubilidade em água

O aumento do índice de solubilidade em água da FTSF (Tabela 10) causado pela elevação da temperatura ocorreu, provavelmente, porque o aumento da temperatura eleva a taxa de dissolução dos compostos da farinha (ZHANG et al., 2016). Esse comportamento também foi relatado por Ahmed, Thomas e Arfat (2019) e Zhang et al. (2016), que analisaram farinha de quinoa e diferentes tipos de farinha de milho, respectivamente.

Até mesmo em altas temperaturas, o índice de solubilidade em água da FTSF foi baixo. A baixa solubilidade da farinha deve-se provavelmente ao seu alto teor de fibras e proteínas, que na presença de água podem formar um gel, influenciando na solubilidade. Farinhas com essa característica podem ser usadas como agente gelificante no processamento de alimentos (GARCÍA-SALCEDO et al., 2018).

7.2.7.5 Capacidade de absorção de água e óleo

A CAA da FTSF (item 6.2.7.5) é menor que a encontrada por Ojha et al. (2017) para farinha de sorgo (CAA = 127%). Essa diferença pode estar relacionada a composição química e a granulometria das farinhas. Bashir et al. (2018) mostraram que o número, o arranjo espacial e o tipo de grupos funcionais podem influenciar a CAA. Segundo Drakos et al. (2017), o tamanho da partícula influencia na CAA, pois o processo de moagem danifica as estruturas dos grãos e aumenta a superfície de contato e a capacidade de hidratação. A FTSF analisada no presente estudo tem uma

granulometria heterogênea, predominando partículas de 1000 e 425 µm enquanto que a farinha de sorgo analisada por Ojha et al. (2017) tem ≤ 400 µm. Dessa forma, é possível que a redução do tamanho das partículas da FTSF aumente sua absorção de água.

A CAO da FTSF (item 6.2.7.5) é superior a relatada por Ojha et al. (2017) para farinha de sorgo (CAO = 68%). Essa diferença pode ser explicada pelo fato da FTSF conter uma quantidade significativa de proteína e gordura. De acordo com Noorfarahzilah, Mansoor e Hasmadi (2017), a presença desses componentes facilita a absorção de óleo. A alta CAO da FTSF faz com que esta possa ser útil para indústria de panificação onde os produtos requerem uma maior absorção de gordura. Farinhas com alta CAO auxiliam na melhoria da palatabilidade dos produtos de panificação pois o óleo promove uma textura suave, melhora a sensação na boca e produz um bom sabor (AATHIRA; SIDDHURAJU, 2017).

7.3 CARACTERIZAÇÃO DO BISCOITO CONTENDO A FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA

7.3.1 Composição centesimal

Analisando os resultados da composição centesimal (Tabela 11), pode-se observar que a substituição da farinha de trigo pela FTSF melhorou a qualidade nutricional dos biscoitos. O teor de fibra desses produtos teve um aumento expressivo com a adição da FTSF. Autores vêm demonstrando que a adição de farinhas elaboradas a partir de resíduos da extração de óleo pode aumentar a quantidade de fibras de biscoitos (PINELI et al., 2015). Alimentos ricos em fibras dietéticas podem oferecer importantes benefícios à saúde humana (ZHANG et al., 2018).

O incremento no teor de proteína à medida que a quantidade de FTSF aumentou é consequência da composição da semente. Como a semente de faveleira é uma oleaginosa, após a prensagem, as proteínas ficam retidas na torta e, conseqüentemente, na farinha. O alto teor proteico encontrado na farinha provavelmente contribuiu para manter a estrutura da massa do biscoito ao substituir a farinha de trigo (PINELI et al., 2015).

O aumento no teor de cinzas dos biscoitos à medida que a quantidade de FTSF aumentou também foi observado por Dauda et al. (2018) em biscoitos com amendoim parcialmente desengordurado e Bolarinwa, Arun e Raji (2019) em pães feitos com farinha de semente de moringa. O teor de cinzas é um índice do conteúdo mineral dos alimentos. De fato, conforme demonstrado no item 6.2.2, a farinha da torta da semente de faveleira tem uma grande variedade de minerais, merecendo destaque: potássio, fósforo, cálcio e manganês.

O aumento no teor de lipídeo dos biscoitos adicionados da FTSF corrobora com a composição da farinha. Deve-se considerar que o conteúdo remanescente de lipídios na farinha é consistente com o método utilizado durante a extração física do óleo (PINELI et al., 2015). Entretanto, a maioria dos ácidos graxos encontrados na FTSF são insaturados, os quais estão associados a diversos benefícios para a saúde (MEDEIROS et al., 2013). Além do mais, o maior teor de gordura pode tornar o biscoito mais saboroso, uma vez que a gordura aumenta a palatabilidade dos alimentos (BOLARINWA; ARUNA; RAJI, 2019).

O biscoito 50-FTSF apresentou maior umidade, provavelmente porque as fibras apresentam alta capacidade de reter água e estão em maior quantidade nessa formulação (GOSTIN, 2019). Por mais que a substituição da farinha trigo pela FTSF na proporção de 50% tenha aumentado a umidade dos biscoitos, todas as formulações apresentaram baixo teor de umidade. Isso faz com que todas elas sejam pouco suscetíveis a atividade microbiana ou química (KAUR et al., 2019). A substituição da farinha de trigo pelo amendoim parcialmente desengordurado também proporcionou aumento no teor de umidade de biscoitos analisados por Dauda et al. (2018).

7.3.2 Perfil de ácidos graxos

A predominância dos ácidos palmítico e oleico na FTSF (Tabela 12) era esperada pois o principal ingrediente que contribui para o teor de gordura do biscoito é a manteiga, a qual tem esses ácidos graxos como majoritários (BOUTON et al., 2019). Além disso, o maior teor de ácido linoleico na formulação 50-FTSF é consequência do perfil de ácidos graxos da farinha da torta da semente de faveleira,

uma vez que esta apresenta como ácido graxo predominante o ácido linoleico (conforme descrito no item 6.2.3).

O ácido palmítico, tradicionalmente considerado como ácido graxo saturado prejudicial para a saúde, vem sendo investigado quanto aos seus benefícios e autores afirmam que ele pode atuar no sistema nervoso central neutralizando lesões cerebrais (LEE et al., 2019). O ácido oleico pode desempenhar diversas funções benéficas no organismo humano. Esse ácido graxo regula o desenvolvimento do cérebro, podendo atuar na prevenção de doenças neurodegenerativas (KOJOUR et al., 2017), apresenta grande potencial para combater a lipotoxicidade hepática induzida por alguns ácidos graxos (CHEN et al., 2018) e reduz o risco de câncer de pâncreas (BANIM et al., 2018).

O aumento na proporção de ácido linoleico é positivo, pois ele pode atuar reduzindo a pressão arterial, a rigidez vascular (NUNES et al., 2018) e o risco de câncer de próstata (BURNS; NAKAMURA; MA, 2018). Além do mais, evidências emergentes vêm demonstrando que ele pode apresentar atividade anti-inflamatória (INNES; CALDER, 2018). Esse achado é de extrema importância, uma vez que a inflamação pode contribuir para a fisiopatologia de diversas doenças, incluindo cardiovasculares, hepáticas e câncer (BURNS; NAKAMURA; MA, 2018).

Outros autores também observaram alterações positivas no perfil lipídico após a substituição da farinha de trigo pelas farinhas de linhaça (ČUKELJ et al., 2017) e de semente de alfalfa (GIUBERTI et al., 2018) na formulação de biscoitos.

7.3.3 Conteúdo fenólico total

O aumento no CFT dos biscoitos com FTSF (item 6.3.3) pode ser explicado pela alta quantidade desses compostos na FTSF. Outros autores também observaram que o teor de compostos fenólicos de biscoitos aumentou com a substituição total ou parcial da farinha de trigo por outras farinhas (ČUKELJ et al., 2017; GIUBERTI et al., 2018). Entretanto, o teor de CFT encontrado nos biscoitos adicionados de FTSF é expressivamente maior que o encontrado nos biscoitos com substituição da farinha de trigo pela farinha de semente de alfalfa (52,3-112,9 mg AGE/100 g) analisado por Giuberti et al. (2018), bem como em biscoitos com substituição da farinha de trigo

pelas farinhas de aveia, linhaça, centeio e cevada (1037,42-1207,28 mg AGE/Kg) analisados por Čukelj et al. (2017).

7.3.4 Atividade antioxidante

A maior atividade antioxidante do biscoito 50-FTSF (Tabela 13) é consequência da atividade antioxidante da FTSF que foi mantida após o preparo dos biscoitos. Estudos demonstram que a utilização de ingredientes antioxidantes no preparo de biscoitos faz com que o produto final tenha maior capacidade antioxidante quando comparado ao controle, mesmo após o emprego de altas temperaturas durante o cozimento (GIUBERTI et al., 2018; JAN; PANESAR; SINGH, 2018; KAUR et al., 2019). Isso ocorre, pois, o aquecimento pode aumentar a capacidade de extração de compostos antioxidantes, reduzir as perdas desses compostos por promover interações com a matriz alimentícia (ARPELLINI et al., 2018) e proporcionar a formação de produtos da reação de Maillard que apresentam atividade antioxidante (NOOSHKAM; VARIDI; BASHASH, 2019).

7.3.5 Avaliação física

A maior massa encontrada nos biscoitos com a FTSF (Tabela 14) pode ser consequência do menor teor de umidade desse ingrediente em comparação com a farinha de trigo. Como descrito no item 6.2.1, a FTSF apresenta 3,49% de umidade, enquanto que a farinha de trigo apresenta, em média, 13,85% (CARDOSO et al., 2019). Sendo assim, durante o processo de cozimento provavelmente o biscoito feito apenas com farinha de trigo perdeu mais umidade. Além disso, as fibras apresentam alta capacidade de reter água (GOSTIN, 2019) e estão em maior quantidade nos biscoitos com a FTSF.

A igualdade dos fatores de expansão é um resultado positivo. Geralmente, a adição de farinhas integrais, causa um aumento de estruturas hidrofóbicas, que se ligam a água livre da massa e aumentam a viscosidade, implicando redução da dispersão do biscoito (ČUKELJ et al., 2017). Esse comportamento foi observado por Kaur et al. (2019) como consequência da adição de farinha de linhaça na elaboração

de biscoitos. Entretanto, esse comportamento não foi encontrado com a adição da FTSF.

A utilização da FTSF não influenciou no volume dos biscoitos. Isso também é um ponto positivo, uma vez que, evita que agentes de volume sejam adicionados. O volume é uma característica importante dos alimentos, pois contribui para um atributo sensorial fundamental, a textura (MARTINS; SENTANIN; SOUZA, 2019).

Assim, a adição da farinha da torta da semente de faveleira é viável do ponto de vista físico. Isso é importante para o manuseio, processamento e fabricação dos biscoitos em nível industrial. Além disso, mais pesquisas podem ser realizadas visando a elaboração de outros produtos com a FTSF.

7.3.6 Análise microbiológica

Os resultados obtidos (item 6.3.6) estão de acordo com a legislação brasileira vigente sobre padrões microbiológicos de alimentos (BRASIL, 2019). Consequentemente, a adição da farinha da torta da semente de faveleira não representou risco microbiológico e o preparo dos biscoitos ocorreu em condições higiênicas adequadas. Cunha et al. (2020) fizeram análises microbiológicas de diferentes formulações de bolos adicionados de farinha de semente de melão antes da análise sensorial e também encontraram resultados favoráveis ao consumo dos produtos, uma vez que as condições higiênicas foram garantidas.

7.3.7 Análise sensorial

Outros autores também verificaram que a inclusão de resíduos do processamento de alimentos reduz a aceitação sensorial de biscoitos. Oladunjoye, Eziana e Aderibigbe (2021) observaram que a adição do bagaço de ameixa na formulação de biscoitos reduziu a aceitação global e esse efeito ocorreu usando concentrações menores do resíduo (5, 10, 15%) que as utilizadas no presente estudo. Bora, Ragae e Abdel-Aal (2019) também encontraram que a incorporação do subproduto do *goji berry* na elaboração de biscoitos comprometeu a qualidade sensorial dos mesmos. Entretanto, todas as formulações testadas no presente estudo

foram bem aceitas, pois segundo Teixeira, Meinert e Barbetta (1987), para que um produto seja sensorialmente aceito, o IA precisa ser superior a 70%, o que ocorreu em todos os biscoitos.

Como o teste de penalidade (Tabela 15) indicou que a formulação 0-FTSF foi a única que apresentou uma queda na média de aceitação global por apresentar gosto doce “menos intenso que o ideal”, sugere-se que os provadores associaram a inclusão da FTSF a uma maior intensidade do gosto doce nos biscoitos. Isso pode ser consequência da maior quantidade de lipídeos nas formulações com FTSF os quais podem ter favorecido o gosto doce. Isso porque, lipídeos melhoram a aceitação de biscoitos doces, proporcionam uma melhor sensação na boca (JAN; PANESAR; SINGH, 2018) e intensificam a percepção do gosto doce (FORKER; ZAHN; ROHM, 2012; BIGUZZI; SCHLICH; LANGE, 2014; RICHARDSON et al., 2021). Barreira et al. (2019) comprovaram isso ao formular biscoitos reduzindo 30% do teor de açúcar e utilizando resíduo de prensagem de amêndoas (que possuem uma quantidade considerável de óleo remanescente). Esses autores encontraram que a redução do açúcar não afetou a sensação de “doçura”, indicando a possibilidade de reduzir o teor de açúcar sem afetar a agradável sensação doce. Esses achados sugerem que a FTSF pode ser utilizada em biscoitos doces elaborados com redução no teor de açúcar.

A crocância excessiva que causou queda na média de aceitação global da formulação 50-FTSF é consequência do maior percentual de FTSF, a qual é elaborada com a torta na sua forma integral, sem descartar a casca da semente que é a parte mais resistente à mastigação. De acordo com Bolarinwa, Arun e Raji (2019), à medida que o percentual de farinha de moringa aumentava na formulação de pães, a textura também se tornava menos aceitável. A textura é um atributo essencial para a aceitação de biscoitos (MARQUES et al., 2016) e uma das formas de tornar esse atributo ideal seria usar uma menor quantidade de FTSF, como ocorre na formulação 25-FTSF. Além do mais, Čukelj et al. (2017) observaram que biscoitos elaborados com farinha de trigo integral são mais duros que aqueles preparados com farinha de trigo refinada. Esses achados sugerem que a não utilização da casca da semente na elaboração da FTSF poderia tornar os biscoitos 50-FTSF ideais, entretanto isso

poderia implicar perdas nutricionais e bioativas, além de gerar resíduos no processo de produção.

Mesmo diante das particularidades de cada formulação, todas apresentaram boa intenção de compra e são passíveis de comercialização. Dessa forma, esses resultados demonstram boas propriedades sensoriais e alto potencial de mercado dos biscoitos, os quais podem gerar lucro para o comércio local ou para a indústria de alimentos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O óleo de semente de faveleira pode ser considerado um produto seguro e tem potencial para ser utilizado como alimento funcional. Estudos adicionais podem ser realizados visando identificar a melhor forma de consumo do óleo e visando avaliar suas atividades bioativas em organismos humanos.

A utilização da torta da semente de faveleira para elaboração de farinha foi viável e esta última pode ser considerada um alimento funcional e usada para enriquecimento de produtos alimentícios, sendo necessários mais estudos que investiguem sua digestibilidade, suas atividades bioativas *in vivo* e sua aplicação em diferentes tipos de produtos.

Os biscoitos elaborados com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha da torta da semente de faveleira apresentaram características nutricionais, bioativas, físicas, microbiológicas e sensoriais favoráveis para serem empregados na alimentação humana. Sendo assim, novos estudos podem ser realizados visando incluir essa farinha em outros produtos de panificação.

Diante dos achados do presente estudo, o óleo, a farinha da torta e os biscoitos feitos com essa farinha têm potencial para serem incluídos na alimentação humana como alimentos funcionais. O incentivo a produção do óleo da semente de faveleira destinado a alimentação humana implica aumento da geração de resíduo, o qual pode ser utilizado para produção de farinha e essa última pode ser empregada na elaboração de produtos de panificação. Sendo assim, essa é uma cadeia de produção sustentável que agrega valor a uma forrageira do semiárido.

REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Cross Referencing AACC Approved Methods of Analysis**. 11. ed. Saint Paul: AACC International, 2000.

AATHIRA, M.; SIDDHURAJU, P. Evaluation on suitability of differentially processed *D. bulbifera* tubers (Aerial and Underground) as alternative in composite flours for future food innovations. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 2, n. 6, p. 142-148, 2017.

ABIMAPI. Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados. **Estatísticas: biscoitos**. [2020]. <https://www.abimapi.com.br/estatisticas-biscoitos.php>. Acesso em: 29 abr. 2020.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR/ISO 4121: Análise sensorial - Guia geral para o uso de escalas de respostas quantitativas**. São Paulo: ABNT, 2018.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR/ISO 11136: Análise sensorial - Metodologia - Guia geral para condução de testes hedônicos com consumidores em ambientes controlados**. São Paulo: ABNT, 2016.

AHMED, J.; THOMAS, L.; ARFAT, Y. A. Functional, rheological, microstructural and antioxidante properties of quinoa flour in dispersions as influenced by particle size. **Food Research International**, v. 116, p. 302-311, 2019.

AIKING, H.; BOER, J. The next protein transition. **Trends in Food Science & Technology**, v. 105, p. 515-522, 2020.

ALCÂNTARA, M. A.; LIMA, A. E. A.; BRAGA, A. L. M.; TONON, R. V.; GALDEANO, M. C.; MATTOS, M. C. et al. Influence of the emulsion homogenization method on the stability of chia oil microencapsulated by spray drying. **Powder Technology**, v. 354, p. 877-885.

ALQAHTANI, F. Y.; ALEANIZY, F. S.; MAHMOUD, A. Z.; FARSHORI, N. N.; ALFARAJ, R.; AL-SHEDDI, E. S. et al. Chemical composition and antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory activities of *Lepidium sativum* seed oil. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 5, p. 1089-1091, 2018.

ALU'DATT, M. H.; RABABAH, T.; ALHAMAD, M. N.; AL-MAHASNEH, M. A.; ALMAJWAL, A.; GAMMOH, S. et al. A review of phenolic compounds in oil-bearing plants: Distribution, identification and occurrence of phenolic compounds. **Food Chemistry**, v. 218, p. 99-106, 2017.

ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante *in vitro* em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.

ANANTH, D. A.; DEVIRAM, G.; MAHALAKSHMI, V.; TIETEL, T. S. Z. Phytochemical composition and antioxidant characteristics of traditional cold pressed seed oils in South India. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 17, p. 416-421, 2019.

AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 17. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2000.

AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemistry International**. 17. ed. Maryland: AOAC International, 2002.

AOCS. American Oil Chemists' Society. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. Champaign: AOCS Press, 2017.

APHA. American Public Health Association. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. APHA, 2015.

ARAGÃO, J. R. V.; GROENENDIJK, P.; LISI, C. S. Dendrochronological potential of four neotropical dry-forest tree species: Climate-growth correlations in northeast Brazil. **Dendrochronologia**, v. 53, p. 5-16, 2019.

ARAUJO-LIMA, C. F.; FERNANDES, A. S.; GOMES, E. M.; OLIVEIRA, L. L.; MACEDO, A. F.; ANTONIASSI, R. et al. Antioxidant Activity and Genotoxic Assessment of Crabwood (*Andiroba*, *Carapa guianensis* Aublet) Seed Oils. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2018, p. 3246719, 2018.

AREPALLY, D.; REDDY, R. S.; GOSWAMI, T. K.; DATTA, A. K. Biscuit baking: A review. **LWT - Food Science and Technology**, v. 131, p. 109726, 2020.

ARMELLINI, R.; PEINADO, I.; PITTIA, P.; SCAMPICCHIO, M.; HEREDIA, A.; ANDRES, A. Effect of saffron (*Crocus sativus* L.) enrichment on antioxidant and sensorial properties of wheat flour pasta. **Food Chemistry**, v. 254, p. 55-63, 2018.

ATLAW, T. K. Influence of Drying Methods on Flour Quality and Cyanide Content of Cassava Root Tuber. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 7, n. 4, p. 142-147, 2018.

BANIM, P.; LUBEN, R.; KHAW, K.; HART, A. R. Dietary oleic acid is inversely associated with pancreatic cancer - Data from food diaries in a cohort study. **Pancreatology**, v. 18, p. 655-660, 2018.

BARBOSA, H. A.; KUMAR, T. V. L.; PAREDES, F.; ELLIOTT, S.; AYUGA, J. G. Assessment of Caatinga response to drought using Meteosat-SEVIRI Normalized Difference Vegetation Index (2008–2016). **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 148, p. 235-252, 2019.

BARHOMA, R. A. E. The role of eugenol in the prevention of chromium-induced acute kidney injury in male albino rats. **Alexandria Journal of Medicine**, v. 54, n. 4, p. 711-715, 2018.

BARREIRA, J. C. M.; NUNES, M. A.; SILVA, B. V.; PIMENTEL, F. B.; COSTA, A. S. G.; ALVAREZ-ORTÍ, M. et al. Almond cold-pressed oil by-product as ingredient for cookies with potential health benefits: Chemical and sensory evaluation. **Food Science and Human Wellness**, v. 8, p. 292-298, 2019.

BASHIR, M.; USMANI, T.; HARIPRIYA, S.; AHMED, T. Biological and textural properties of underutilized exudate gums of Jammu and Kashmir, India. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 109, p. 847-854, 2018.

BERRY, E. M. Sustainable food systems and the mediterranean diet. **Nutrients**, v. 11, p. 2229, 2019.

BHATTACHARJEE, B.; PAL, P. K.; CHATTOPADHYAY, A.; BANDYOPADHYAY, D. Oleic acid protects against cadmium induced cardiac and hepatic tissue injury in male Wistar rats: A mechanistic study. **Life Sciences**, v. 244, p. 117324, 2020.

BIGUZZI, C.; SCHLICH, P.; LANGE, C. The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits. **Food Quality and Preference**, v. 35, p. 41-47, 2014.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 3, n. 8, p. 911-917, 1957.

BODOIRA, R. M.; PENCI, M. C.; RIBOTTA, P. D.; MARTÍNEZ, M. L. Chia (*Salvia hispanica* L.) oil stability: Study of the effect of natural antioxidants. **LWT - Food Science and Technology**, v. 75, p. 107-113, 2017.

BOLARINWA, I. F.; ARUNA, T. E.; RAJI, A. O. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, p. 195-200, 2019.

BORA, P.; RAGAE, S.; ABDEL-AAL, E. M. Effect of incorporation of goji berry by-product on biochemical, physical and sensory properties of selected bakery products. **LWT - Food Science and Technology**, v. 112, p. 108225, 2019.

BORGES, T. H.; PEREIRA, J. A.; CABRERA-VIQUE, C.; LARA, L.; OLIVEIRA, A. F.; SEIQUER, I. Characterization of Arbequina virgin olive oils produced in different regions of Brazil and Spain: Physicochemical properties, oxidative stability and fatty acid profile. **Food Chemistry**, v. 215, p. 454-462, 2017.

BOUTON, Y.; BERGES, R.; CABARET, S.; BEUVIER, E.; BRETILLON, L.; BERDEAUX, O. Effect of a diet supplemented with fat from pressed-cooked cheese, butter or palm oil on blood lipids, faecal fat excretion and body composition of rats. **International Dairy Journal**, v. 95, p. 44-49, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução normativa nº 87, de 15 de março de 2021. Lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 17 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Padrões microbiológicos de alimentos e suas aplicações. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 26 dez. 2019.

BRITO, A. L. B.; OLIVEIRA, A. F.; NOGUEIRA, A. R. A.; PESSOA, A. G. G.; PONTES, L. F. B. L. Determination of inorganic constituents and physicochemical characterization of functional flour samples. **Microchemical Journal**, v. 132, p. 112-118, 2017.

BUCHHOLZ, A. C.; SCHOELLER, D. A. Is a calorie a calorie? **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, n. 5, p. 899-906, 2004.

BURNS, J. L.; NAKAMURA, M. T.; MA, D. W. L. Differentiating the biological effects of linoleic acid from arachidonic acid in health and disease. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 135, p. 1-4, 2018.

CAIRANO, M.; GALGANO, F.; TOLVE, R.; CARUSO, M. C.; CONDELLI, N. Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. **Trends in Food Science & Technology**, v. 81, p. 203-212, 2018.

CAPARRÓS-MARTÍNEZ, J. L.; RUEDA-LÓPE, N.; MILÁN-GARCÍA, J.; VALENCIANO, J. P. Public policies for sustainability and water security: The case of Almeria (Spain). **Global Ecology and Conservation**, v. 23, p. e01037, 2020.

CARDOSO, R. V. C.; FERNANDES, A.; HELENO, S. A.; RODRIGUES, P.; GONZALÉZ-PARAMÁS, A. M.; BARROS, L. et al. Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. **Food Chemistry**, v. 280, 123-129, 2019.

CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 71, p. 107-120, 2018.

CARRIÓN, J. F.; GASTAUER, M.; MOTA, N. M.; MEIRA-NETO, J. A. A. Facilitation as a driver of plant assemblages in Caatinga. **Journal of Arid Environments**, v. 142, p. 50-58, 2017.

CARVALHO, H. F. S.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F. Fluxos de Radiação e Energia em Caatinga Preservada e Cana-de-Açúcar no Semiárido. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 3, p. 452-458, 2018.

CAVALCANTI, M. T.; SILVEIRA, D. C.; FLORÊNCIO, I. M.; FLORENTINO, E. R.; MARACAJÁ, P. B. Características físico-químicas do óleo das sementes da faveleira *Cnidoscolus phyllacanthus* (Mart.) Pax et K. Hoffm.) com e sem espinho. **Revista Verde**, v. 6, n. 1, p. 1-3, 2011.

CECI, L. N.; MATTAR, S. B.; CARELLI, A. A. Chemical quality and oxidative stability of extra virgin olive oils from San Juan province (Argentina). **Food Research International**, v. 100, p. 764-770, 2017.

CICERALE, S.; LUCAS, L.; KEAST, R. S. J. Antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory phenolic activities in extra virgin olive oil. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 23, p. 129-135, 2012.

CHANDRASEKARA, N.; SHAHIDI, F. Effect of Roasting on Phenolic Content and Antioxidant Activities of Whole Cashew Nuts, Kernels, and Testa. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 5006-5014, 2011.

CHANG, S. K.; ALASALVAR, C.; BOLLING, B. W.; SHAHIDI, F. Nuts and their co-products: The impact of processing (roasting) on phenolics, bioavailability, and health benefits – A comprehensive review. **Journal of Functional Foods**, v. 26, p. 88-122, 2016.

CHEN, X.; LI, L.; LIU, X.; LUO, R.; LIAO, G.; LI, L. et al. Oleic acid protects saturated fatty acid mediated lipotoxicity in hepatocytes and rat of non-alcoholic steatohepatitis. **Life Sciences**, v. 203, p. 291-304, 2018.

CONCEPCION, M. R.; AVALOS, J.; BONET, M. L.; BORONAT, A.; GOMEZ-GOMEZ, L.; HORNERO-MENDEZ, D. et al. A global perspective on carotenoids: Metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. **Progress in Lipid Research**, v. 70, p. 62-93, 2018.

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; LIRA, D. R.; MUTZENBERG, D. S.; CAVALCANTI, L. C. S. The Semi-arid Domain of the Northeast of Brazil. In: SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C.; PAISANI, J. C. **The Physical Geography of Brazil, Geography of the Physical Environment**. New York: Springer Nature Switzerland AG, 2019. p. 119-150.

ČUKELJ, N.; NOVOTNI, D.; SARAJLIJA, H.; DRAKULA, S.; VOUČKO, B.; ČURIĆ, D. Flaxseed and multigrain mixtures in the development of functional Biscuits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 86, p. 85-92, 2017.

CUNHA, J. A.; ROLIM, P. M.; DAMASCENO, K. S. F. S. C.; SOUSA JÚNIOR, F. C.; NABAS, R. C.; SEABRA, L. M. J. From seed to flour: Sowing sustainability in the use of cantaloupe melon residue (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*). **PLoS ONE**, v. 15, n. 1, p. e0219229, 2020.

DAUDA, A. O.; ABIODUN, O. A.; ARISE, A. K.; OYEYINKA, S. A. Nutritional and consumers acceptance of biscuit made from wheat flour fortified with partially defatted groundnut paste. **LWT - Food Science and Technology**, v. 90, p. 265-269, 2018.

DRAKOS, A.; KYRIAKAKIS, G.; EVAGELIOU, V.; PROTONOTARIOU, S.; MANDALA, I.; RITZOULIS, C. Influence of jet milling and particle size on the composition, physicochemical and mechanical properties of barley and rye flours. **Food Chemistry**, v. 215, p. 326-332, 2017.

ĐURĐEVIĆ, S.; ŠAVIKIN, K.; ŽIVKOVIĆ, J.; BÖHM, V.; STANOJKOVIĆ, T.; DAMJANOVIĆ, A. et al. Antioxidant and cytotoxic activity of fatty oil isolated by

supercritical fluid extraction from microwave pretreated seeds of wild growing *Punica granatum* L. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 133, p. 225-232, 2018.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 2013.

DYSHLYUK, L.; BABICH, O.; PROSEKOV, A.; IVANOVA, S.; PAVSKY, V.; YANG, Y. In vivo study of medical and biological properties of functional bakery products with the addition of pumpkin flour. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 12, p. 20-24, 2017.

ECK, A.; STIEGER, M. Oral processing behavior, sensory perception and intake of composite foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 106, p. 219-231, 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Codex alimentarius: fats, oils and related products**. Rome: Food & Agriculture Organization, 2001.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Sustainable food systems: Concept and framework**. 2018.

FASOYIRO, S. B.; GOURAMA, H.; CUTTER, C. N. Stability and safety of maize–legume-fortified flours stored in various packaging materials. **European Food Research and Technology**, v. 243, n. 10, p. 1861-1868, 2017.

FDA. Food and Drug Administration. Appendix F: Calculate the Percent Daily Value for the Appropriate Nutrients. *In*: FDA. Food and Drug Administration. **A Food Labeling Guide: Guidance for Industry**. College Park: Food and Drug Administration, 2013. p. 127.

FLAKELAR, C. L.; LUCKETT, D. J.; HOWITT, J. A.; DORAN, G.; PRENZLER, P. D. Canola (*Brassica napus*) oil from Australian cultivars shows promising levels of tocopherols and carotenoids, along with good oxidative stability. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 42, p. 179-186, 2015.

FORKER, A.; ZAHN, S.; ROHM, H. A. Combination of Fat Replacers Enables the Production of Fat-reduced Shortdough Biscuits with High-sensory quality. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, p. 2497-2505, 2012.

GAO, F.; BIRCH, J. Oxidative stability, thermal decomposition, and oxidation onset prediction of carrot, flax, hemp, and canola seed oils in relation to oil composition and positional distribution of fatty acids. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 118, p. 1042-1052, 2016.

GARCIA-HERRERO, I.; MARGALLO, M.; LASO, J.; BATLLE-BAYER, L.; BALA, A.; FULLANA-I-PALMER, P. et al. Nutritional data management of food losses and waste under a life cycle approach: Case study of the Spanish agri-food system. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 82, p. 103223, 2019.

GARCÍA-SALCEDO, A. J.; TORRES-VARGAS, O. L.; REAL, A.; CONTRERAS-JIMÉNEZ, B.; RODRIGUEZ-GARCIA, M. E. Pasting, viscoelastic, and

physicochemical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) flour and mucilage. **Food Structure**, v. 16, p. 59-66, 2018.

GERE, A.; SIPOS, L.; HÉBERGER, K. Generalized Pairwise Correlation and method comparison: Impact assessment for JAR attributes on overall liking. **Food Quality and Preference**, v. 43, p. 88-96, 2015.

GHARBY, S.; HARHAR, H.; BOUZOUBAA, Z.; ASDADI, A.; EL YADINI, A.; CHARROUF, Z. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, p. 105-111, 2017.

GHARIBZAHEDI, S. M. T.; JAFARI, S. M. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 62, p. 119-132, 2017.

GIAKOUMIS, E. G. Analysis of 22 vegetable oils' physico-chemical properties and fatty acid composition on a statistical basis, and correlation with the degree of unsaturation. **Renewable Energy**, v. 126, p. 403-419, 2018.

GIUBERTI, G.; ROCCHETTI, G.; SIGOLO, S.; FORTUNATI, P.; LUCINI, L.; GALLO, A. Exploitation of alfalfa seed (*Medicago sativa* L.) flour into gluten-free rice cookies: Nutritional, antioxidant and quality characteristics. **Food Chemistry**, v. 239, p. 679-687, 2018.

GOMES, L. M. A.; ANDRADE, T. M.; SILVA, J. C.; LIMA, J. T.; QUINTANS-JUNIOR, L. J.; ALMEIDA, J. R. G. S. Phytochemical screening and anti-inflammatory activity of *Cnidocolus quercifolius* (Euphorbiaceae) in mice. **Pharmacognosy Research**, v. 6, n. 4, p. 345-349, 2014a.

GOMES, L. M. A.; LIMA-SARAIVA, S. R. G.; ANDRADE, T. M. D.; SILVA, J. C.; DINIZ, T. C.; BARRETO, V. N. S. et al. Antinociceptive activity of the ethanolic extract from barks and leaves of *Cnidocolus quercifolius* (Euphorbiaceae) in mice. **Journal of Young Pharmacists**, v. 6, n. 2, p. 64-69, 2014b.

GOSTIN, A. I. Effects of substituting refined wheat flour with wholemeal and quinoa flour on the technological and sensory characteristics of salt-reduced breads. **LWT - Food Science and Technology**, v. 114, p. 108412, 2019.

GRASSO, S.; LIU, S.; METHVEN, L. Quality of muffins enriched with upcycled defatted sunflower seed flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 119, p. 108893, 2020.

GROSSI, M.; DILECCE, G.; TOSCHI, T. G.; RICCÒ, B. A novel electrochemical method for olive oil acidity determination. **Microelectronics Journal**, v. 45, p. 1701-1707, 2014.

GRZESIK, M.; NAPARŁO, K.; BARTOSZ, G.; SADOWSKA-BARTOSZ, I. Antioxidant properties of catechins: Comparison with other antioxidants. **Food Chemistry**, v. 241, p. 480-492, 2018.

GUTKOSKI, L. C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; CEZARE, K.; COLLA, L. M. Influence of the type of wheat flour in the elaboration of english-type cake. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 4, p. 275-282, 2011.

HART, D. J.; SCOTT, K. J. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. **Food Chemistry**, v. 54, n. 1, p. 101-111, 1995.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters. **Laboratory Practice**, v. 22, p. 475-476, 1973.

HODSON, P. V.; ADAMS, J.; BROWN, R. S. Oil Toxicity Test Methods Must Be Improved. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 38, n. 2, p. 302-311, 2019.

HSIEH, S. C.; WU, C.; HSU, S.; YEN, J. Molecular mechanisms of gallic acid-induced growth inhibition, apoptosis, and necrosis in hypertrophic scar fibroblasts. **Life Sciences**, v. 179, p. 130-138, 2017.

HUSSAIN, S. P.; HOFSETH, L. J.; HARRIS, C. C. Radical causes of cancer. **Nature Reviews Cancer**, v. 3, n. 4, p. 276-285, 2003.

INNES, J. K.; CALDER, P. C. Omega-6 fatty acids and inflammation. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 132, p. 41-48, 2018.

ISO – 6579. **Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp.** 4. ed. Vernier: ISO copyright, 2007.

ISO – 6886. **Animal and vegetable fats and oils-determination of oxidative stability (accelerated oxidation test).** Vernier: ISO copyright, 2016.

JACOB, M. C. M.; MEDEIROS, M. F. A.; ALBUQUERQUE, U. P. Biodiverse food plants in the semiarid region of Brazil have unknown potential: A systematic review. **PLoS ONE**, v. 15, n. 5, p. e0230936, 2020.

JAN, K. N.; PANESAR, P. S.; SINGH, S. Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 93, p. 573-582, 2018.

JOGIHALLI, P.; SINGH, L.; KUMAR, K.; SHARANAGAT, V. S. Physico-functional and antioxidant properties of sand-roasted chickpea (*Cicer arietinum*). **Food Chemistry**, v. 237, p. 1124-1132, 2017.

JOSHI, A. U.; LIU, C.; SATHE, S. K. Functional properties of select seed flours. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, p. 321-331, 2015.

KARAMAN, E.; YILMAZ, E.; TUNCEL, N. B. Physicochemical, microstructural and functional characterization of dietary fibers extracted from lemon, orange and grapefruit seeds press meals. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 11, p. 9-17, 2017.

KAUR, P.; SHARMA, P.; KUMAR, V.; PANGHAL, A.; KAUR, J.; GAT, Y. Effect of addition of flaxseed flour on phytochemical, physicochemical, nutritional, and textural properties of cookies. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 4, p. 372-377, 2019.

KAUR, G.; UISAN, K.; ONG, K. L.; LIN, C. S. K. Recent Trends in Green and Sustainable Chemistry & Waste Valorisation: Rethinking Plastics in a Circular Economy. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 9, p. 30-39, 2018.

KIM, J.; KIM, D. N.; LEE, S. H.; YOO, S.; LEE, S. Correlation of fatty acid composition of vegetable oils with rheological behaviour and oil uptake. **Food Chemistry**, v. 118, p. 398-402, 2010.

KITADA, M.; OGURA, Y.; MONNO, I.; KOYA, D. The impact of dietary protein intake on longevity and metabolic health. **EBioMedicine**, v. 43, p. 632-640, 2019.

KOJOUR, M. A. M.; EBRAHIMI-BAROUGH, S.; KOUCHESFEHANI, H. M.; JALALI, H.; EBRAHIM, M. H. K. Oleic acid promotes the expression of neural markers in differentiated human endometrial stem cells. **Journal of Chemical Neuroanatomy**, v. 79, p. 51-57, 2017.

KOCK, H. L.; MAGANO, N. N. Sensory tools for the development of gluten-free bakery foods. **Journal of Cereal Science**, v. 94, p. 102990, 2020.

KOWALSKA, H.; CZAJKOWSKA, K.; CICHOWSKA, J.; LENART, A. What's new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in the food processing industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 67, p. 150-159, 2017.

KRANNER, I.; COLVILLE, L. Metals and seeds: Biochemical and molecular implications and their significance for seed germination. **Environmental and Experimental Botany**, v. 72, p. 93-105, 2011.

KURANO, M.; HASEGAWA, K.; KUNIMI, M.; HARA, M.; YATOMI, Y.; TERAMOTO, T. et al. Sitosterol prevents obesity-related chronic inflammation. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids**, v. 1863, n. 2, p. 191-198, 2018.

LEE, R. H.; SILVA, A. C.; POSSOIT, H. E.; LERNER, F. M.; CHEN, P.; AZIZBAYEVA, R. et al. Palmitic acid methyl ester is a novel neuroprotective agent against cardiac arrest. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 147, p. 6-14, 2019.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

LESJAK, M.; BEARA, I.; SIMIN, N.; PINTAĆ, D.; MAJKIĆ, T.; BEKVALAC, K. et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of quercetin and its derivatives. **Journal of Functional Foods**, v. 40, p. 68-75, 2018.

- LI, X.; WU, G.; HUANG, J.; ZHANG, H.; JIN, Q.; XINGGUO, W. Kinetic models to understand the coexistence of formation and decomposition of hydroperoxide during lipid oxidation. **Food Research International**, v. 136, p. 109314, 2020.
- LILLFORD, P.; HERMANSSON, A. Global missions and the critical needs of food science and technology. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 800-811, 2021.
- LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1363-1373, 2010.
- LOPEZ-HUERTAS, E. Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies. **Pharmacological Research**, v. 61, p. 200-207, 2010.
- MACIEL, L. G.; RIBEIRO, F. L.; TEIXEIRA, G. L.; MOLOGNONI, L.; SANTOS, J. N.; NUNES, I. L.; BLOCK, J. M. The potential of the pecan nut cake as an ingredient for the food industry. **Food Research International**, v. 127, p. 108718, 2019.
- MAGALHÃES, K. N.; GUARNIZ, W. A. S.; SÁ, K. M.; FREIRE, A. B.; MONTEIRO, M. P.; NOJOSA, R. T. et al. Medicinal plants of the Caatinga, northeastern Brazil: Ethnopharmacopeia (1980–1990) of the late professor Francisco Jose de Abreu Matos. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 237, p. 314-353, 2019.
- MAKNI, M.; FETOUI, H.; GARGOURI, N. K.; GAROUI, M.; JABER, H.; MAKNI, J. et al. Hypolipidemic and hepatoprotective effects of flax and pumpkin seed mixture rich in x-3 and x-6 fatty acids in hypercholesterolemic rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 3714-3720, 2008.
- MANNUCCI, A.; CASTAGNA, A.; SANTIN, M.; SERRA, A.; MELE, M.; RANIERI, A. Quality of flaxseed oil cake under different storage conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 104, p. 84-90, 2019.
- MARANGONI, F.; AGOSTONI, C.; BORGHI, C.; CATAPANO, A. L.; CENA, H.; GHISELLI, A. et al. Dietary linoleic acid and human health: Focus on cardiovascular and cardiometabolic effects. **Atherosclerosis**, v. 292, p. 90-98, 2020.
- MARCHETTI, L.; CALIFANO, A. N.; ANDRÉS, S. C. Partial replacement of wheat flour by pecan nut expeller meal on bakery products. Effect on muffins quality. **LWT - Food Science and Technology**, v. 95, p. 85-91, 2018.
- MARQUES, G. A.; JOSÉ, J. F. B. S.; SILVA, D. A.; SILVA, E. M. Whey protein as a substitute for wheat in the development of no added sugar cookies. **LWT - Food Science and Technology**, v. 67, p. 118-126, 2016.
- MARTÍN-RAMOS, P.; MARIA, T. M. R.; CORREA-GUIMARAES, A.; CARRIÓN-PRIETO, P.; HERNÁNDEZ-NAVARRO, S.; MARTÍN-GIL, J. Crude and refined oils from *Elaeis guineensis*: Facile characterization by FTIR and thermal analysis

techniques. **International Journal of Food Properties**, v. 20, sup. 3, p. S2739-S2749, 2017.

MARTÍNEZ, M. L.; FABANI, M. P.; BARONI, M. V.; HUAMAN, R. N. M.; IGHANI, M.; MAESTRI, D. M. et al. Argentinian pistachio oil and flour: a potential novel approach of pistachio nut utilization. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n.5, p. 2260-2269, 2016.

MARTINS, F. C. O. L.; SENTANIN, M. A.; SOUZA, D. Analytical methods in food additives determination: Compounds with functional applications. **Food Chemistry**, v. 272, p. 732-750, 2019.

MASZEWSKA, M.; FLOROWSKA, A.; DŁUZEWSKA, E.; WRONIAK, M.; MARCINIAK-LUKASIAK, K.; ZBIKOWSKA, A. Oxidative stability of selected edible oils. **Molecules**, v. 23, p. 1-12, 2018.

MEDEIROS, E. J. L.; QUEIROGA, R. C. R. E.; SOUZA, A. G.; CORDEIRO, A. M. T. M.; MEDEIROS, A. N.; SOUZA, D. L. et al. Thermal and quality evaluation of vegetable oils used in ruminant feed. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 112, p. 1515-1521, 2013.

MEDEIROS, J. M. S.; RIBEIRO, P. P. C.; FREITAS, E. P. S.; SANTOS, J. A. B.; DAMASCENO, K. S. F. S. C. Chemical composition of faveleira (*Cnidoscopus phyllacanthus*) seeds collected in different seasons. **Revista Ceres**, v. 65, n. 3, p. 286-290, 2018.

MEHTA, D.; PRASAD, P.; SANGWAN, R. S.; YADAV, S. K. Tomato processing byproduct valorization in bread and muffin: improvement in physicochemical properties and shelf life stability. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 7, p. 2560-2568, 2018.

MELO, A. L.; SALES, M. F. O gênero *Cnidoscopus* Pohl (Crotonoideae-Euphorbiaceae) no Estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 806-827, 2008.

MEMON, A. A.; MAHAR, I.; MEMON, R.; SOOMRO, S.; HARNLY, J.; MEMON, N.; BHANGAR, M. I.; LUTHRIA, D. L. Impact of flour particle size on nutrient and phenolic acid composition of commercial wheat varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 86, p. 103358, 2020.

MENDES-SILVA, T. C. D.; BARBOSA, N. P. S. R.; VIDAL, E. E. Bioprospecting of oleaginous yeasts from the Agreste of Pernambuco: synthesis of lipids to produce biodiesel from the crude glycerol residue. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 1, p. 92-99, 2018.

MOHANAN, A.; NICKERSON, M. T.; GHOSH S. Oxidative Stability of Flaxseed Oil: Effect of Hydrophilic, Hydrophobic and Intermediate Polarity Antioxidants. **Food Chemistry**, v. 266, p. 524-533, 2018.

MOURA, L. F. W. G.; SILVA NETO, J. X.; LOPES, T. P.; BENJAMIN, S. R.; BRITO, F. C. R.; MAGALHÃES, F. E. A. et al. Ethnobotanic, phytochemical uses and ethnopharmacological profile of genus *Cnidoscolus* spp. (Euphorbiaceae): A comprehensive overview. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 109, p. 1670-1679, 2019.

MUANGRAT, R.; VEERAPHONG, P.; CHANTEE, N. Screw press extraction of Sacha inchi seeds: Oil yield and its chemical composition and antioxidant properties. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 6, p. e13635, 2018.

MUTH, M. K.; BIRNEY, C.; CUÉLLAR, A.; FINN, S. M.; FREEMAN, M.; GALLOWAY, J. N. et al. A systems approach to assessing environmental and economic effects of food loss and waste interventions in the United States. **Science of the Total Environment**, v. 685, p. 1240-1254, 2019.

NIJHAWAN, P.; ARORA, S.; BEHL, T. Intricate role of oxidative stress in the progression of obesity. **Obesity Medicine**, v. 15, p. 100125, 2019.

NOORFARAHZILAH, M.; MANSOOR, A. H.; HASMADI, M. Proximate composition, mineral content and functional properties of Tarap (*Artocarpus odoratissimus*) seed flour. **Food Research**, v. 1, n. 3, p. 89-96, 2017.

NOOSHKAM, M.; VARIDI, M.; BASHASH, M. The Maillard reaction products as food-born antioxidant and antibrowning agents in model and real food systems. **Food Chemistry**, v. 275, p. 644-660, 2019.

NUNES, D. O.; MARQUES, V. B.; ALMENARA, C. C. P.; MARCARINI, W. D.; RIBEIRO JÚNIOR, R. F.; PADILHA, A. S. Linoleic acid reduces vascular reactivity and improves the vascular dysfunction of the small mesentery in hypertension. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 62, p. 18-27, 2018.

NYSTRAND, B. T.; OLSEN, S. O. Consumers' attitudes and intentions toward consuming functional foods in Norway. **Food Quality and Preference**, v. 80, p. 103827, 2020.

OJHA, P.; ADHIKARI, R.; KARKI, R.; MISHRA, A.; SUBEDI, U.; KARKI, T. B. Malting and fermentation effects on antinutritional components and functional characteristics of sorghum flour. **Food Science & Nutrition**, v. 6, n. 1, p. 47-53, 2017.

OLADUNJOYE, A. O.; EZIAMA, S. C.; ADERIBIGBE, O. R. Proximate composition, physical, sensory and microbial properties of wheat-hog plum bagasse composite cookies. **LWT - Food Science and Technology**, v. 141, p. 111038, 2021.

OLIVEIRA, B. S.; PEREIRA, L. G. R.; AZEVÊDO, J. A. G.; RODRIGUES, J. P. P.; ARAÚJO, G. G. L.; MAURÍCIO, R. M. et al. In vitro screening of plants from the Brazilian Caatinga biome for methanogenic potential in ruminant nutrition. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 35538-35547, 2018.

OLIVEIRA, D. M.; PIMENTEL, L. A.; ARAÚJO, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. T.; DANTAS, A. F. M.; RIET-CORREA, F. Intoxicação por *Cnidoscolus phyllacanthus*

(Euphorbiaceae) em caprinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 36-42, 2008.

OLIVEIRA-JÚNIOR, R. G.; FERRAZ, C. A. A.; PONTES, M. C.; CAVALCANTE, N. B.; ARAÚJO, E. C. C.; OLIVEIRA, A. P. et al. Antibacterial activity of terpenoids isolated from *Cnidoscolus quercifolius* Pohl (Euphorbiaceae), a Brazilian medicinal plant from Caatinga biome. **European Journal of Integrative Medicine**, v. 24, p. 30-34, 2018a.

OLIVEIRA-JÚNIOR, R. G.; FERRAZ, C. A. A.; OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, C. S.; OLIVEIRA, L. F. S.; PICOT, L. et al. Phytochemical and pharmacological aspects of *Cnidoscolus* Pohl species: a systematic review. **Phytomedicine**, v. 50, p. 137-147, 2018b.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. [2015]. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 20 dez. 2019.

OU, Z.; ZHAO, J.; ZHU, L.; HUANG, L.; MA, Y.; MA, C. et al. Anti-inflammatory effect and potential mechanism of betulinic acid on λ -carrageenan-induced paw edema in mice. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 118, p. 109347-109347, 2019.

ÖZCAN, M. M.; AL-JUHAIMI, F. Y.; AHMED, I. A. M.; OSMAN, M. A.; GASSEM, M. A. Effect of different microwave power setting on quality of Chia seed oil obtained in a cold press. **Food Chemistry**, v. 278, p. 190-196, 2019.

PAGLARINI, C. S.; QUEIRÓS, M. S.; TUYAMA, S. S.; MOREIRA, A. C. V.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Characterization of baru nut (*Dipteryx alata* Vog) flour and its application in reduced-fat cupcakes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 164-172, 2018.

PÁRAMO-CALDERONA, D. E.; APARICIO-SAGUILANA, A.; AGUIRRE-CRUZA, A.; CARRILLO-AHUMADAA, J.; HERNANDEZ-URIBEB, J. P.; ACEVEDO-TELLOC, S. et al. Tortilla added with *Moringa oleífera* flour: Physicochemical, texture properties and antioxidant capacity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 100, p. 409-415, 2019.

PAREDES, P. F. M.; VASCONCELOS, F. G.; PAIM, R. T. T.; MARQUES, M. M. M.; MORAIS, S. M.; LIRA, S. M. et al. Screening of Bioactivities and Toxicity of *Cnidoscolus quercifolius* Pohl. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2016, p. 1-9, 2016.

PASQUALONE, A.; LADDOMADA, B.; SPINA, A.; TODARO, A.; GUZMÀN, C.; SUMMO, C. et al. Almond by-products: Extraction and characterization of phenolic compounds and evaluation of their potential use in composite dough with wheat flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, p. 299-306, 2018.

PELLEGRINI, M.; LUCAS-GONZALES, R.; RICCIA, A.; FONTECHA, J.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. et al. Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained

from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Industrial Crops & Products**, v. 111, p. 38-46, 2018.

PINELI, L. L. O.; CARVALHO, M. V.; AGUIAR, L. A.; OLIVEIRA, G. T.; CELESTINO, S. M. C.; BOTELHO, R. B. A. et al. Use of baru (Brazilian almond) waste from physical extraction of oil to produce flour and cookies. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, p. 50-55, 2015.

PRAZERES, L. D. K. T.; ARAGÃO, T. P.; BRITO, S. A.; ALMEIDA, C. L. F.; SILVA, A. D.; PAULA, M. M. F. et al. Antioxidant and Antiulcerogenic Activity of the Dry Extract of Pods of *Libidibia ferrea* Mart. ex Tul. (Fabaceae). **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2019, p. 1983137, 2019.

PRZYSTUPSKI, D.; MICHEL, O.; ROSSOWSKA, J.; KWIATKOWSKI, S.; SACZKO, J.; KULBACKA, J. The modulatory effect of green tea catechin on drug resistance in human ovarian cancer cells. **Medicinal Chemistry Research**, v. 28, p. 657-667, 2019.

QINZHU, Z.; YAN-LING, C.; DONG-XIAO, S.; TIAN, B.; YANG, Y.; SHAN, H. Process optimization and anti-oxidative activity of peanut meal Maillard reaction products. **LWT - Food Science and Technology**, v. 97, p. 573-580, 2018.

RABADÁN, A.; ÁLVAREZ-ORTÍ, M.; PARDO, J. E.; ALVARRUIZ, A. Storage stability and composition changes of three cold-pressed nut oils under refrigeration and room temperature conditions. **Food Chemistry**, v. 259, p. 31-35, 2018a.

RABADÁN, A.; ÁLVAREZ-ORTÍ, M.; GÓMEZ, R.; PARDO-GIMÉNEZ, A.; PARDO, J. E. Characterization of pistachio oils and defatted flours regarding cultivar and geographic origin. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 71, p. 56-64, 2018b.

RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A. K.; GAYTÁN-MARTÍNEZ, M.; MORALES-SÁNCHEZ, E.; LOARCA-PIÑA, G. Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, p. 674-680, 2018.

REED, D. R.; MAINLAND, J. D.; ARAYATA, C. J. Sensory nutrition: The role of taste in the reviews of commercial food products. **Physiology & Behavior**, v. 209, p. 112579, 2019.

RESENDE, L. M.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. **Food Chemistry**, v. 270, p. 53-60, 2019.

RIBEIRO, P. P. C.; MEDEIROS, J. M. S.; DAMASCENO, K. S. F. S. C. *Cnidioscolus quercifolius*: Nutritional value, bioactive activity and potential application of seed and its derivatives in human nutrition. **Trends in Food Science & Technology**, v. 105, p. 70-75, 2020.

RIBEIRO, P. P. C.; SILVA, D. M. L.; ASSIS, C. F.; CORREIA, R. T. P.; DAMASCENO, K. S. F. S. C. Bioactive properties of *faveleira* (*Cnidoscolus quercifolius*) seeds, oil and press cake obtained during oilseed processing. **PLoS ONE**, v. 12, n. 8, p. e0183935, 2017.

RIBEIRO, P. P. C.; SILVA, D. M. L.; DANTAS, M. M.; RIBEIRO, K. D. S.; DIMENSTEIN, R.; DAMASCENO, K. S. F. S. C. Determination of tocopherols and physicochemical properties of *faveleira* (*Cnidoscolus quercifolius*) seed oil extracted using different methods. **Food Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 280-285, 2019.

RIBEIRO, P. P. C.; SOUSA JÚNIOR, F. C.; ASSIS, C. F.; VERAS, B. O.; PADILHA, C. E. A.; STAMFORD, T. C. M.; DAMASCENO, K. S. F. S. C. Phenolic profiles of *faveleira* (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl) seed and press cake extracts: potential for a new trend in functional food. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, p. e2019315, 2020.

RIBEIRO FILHO, N. M.; FLORÊNCIO, I. M.; BRITO, A. C. B.; DANTAS, J. P.; CAVALCANTI, M. T. Avaliação nutricional de raízes de *faveleira* e cenoura em períodos equidistantes de coleta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 169-175, 2011.

RICHARDSON, A. M.; TYUFTIN, A. A.; O' SULLIVAN, M. G.; KILCAWLEY, K. N.; GALLAGHER, E.; KERRY, J. P. The impact of sugar particles size and natural substitutes for the replacement of sucrose and fat in chocolate brownies: sensory and physicochemical analysis. **European Journal of Engineering and Technology Research**, v. 6, n. 1, p. 104-113, 2021.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B.; OLIVEIRA, G. J. C.; ARAUJO FILHO, J. M.; RIBEIRO, T. L. A.; ARAÚJO, R. P. et al. Productive performance of finishing lambs fed with *faveleira* fodder salt (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 977-988, 2016.

ROCCHETTI, G.; LUCINI, L.; RODRIGUEZ, J. M. L.; BARBA, F. J.; GIUBERTI, G. Gluten-free flours from cereals, pseudocereals and legumes: Phenolic fingerprints and in vitro antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 271, p. 157-164, 2019.

ROIDOUNG, S.; DOLAN, K. D.; SIDDIQ, M. Gallic acid as a protective antioxidant against anthocyanin degradation and color loss in vitamin-C fortified cranberry juice. **Food Chemistry**, v. 210, p. 422-427, 2016.

SALEEM, H.; ZENGİN, G.; LOCATELLI, M.; MOLLICA, A.; AHMAD, I.; MAHOMOODALLY, F. M. et al. *In vitro* biological propensities and chemical profiling of *Euphorbia milii* Des Moul (Euphorbiaceae): A novel source for bioactive agentes. **Industrial Crops & Products**, v. 130, p. 9-15, 2019.

SANTOS, K. A.; ARAGÃO FILHO, O. P.; AGUIAR, C. M.; MILINSK, M. C.; SAMPAIO, S. C.; PALÚA, F. et al. Chemical composition, antioxidant activity and

thermal analysis of oil extracted from favela (*Cnidoscolus quercifolius*) seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 97, p. 368-373, 2017.

SANTOS, J. C. O.; DANTAS, J. P.; MEDEIROS, C. A.; ATHAÍDE-FILHO, P. F.; CONCEIÇÃO, M. M.; SANTOS JÚNIOR, J. R. et al. Thermal analysis in sustainable development - Thermoanalytical study of faveleira seeds (*Cnidoscolus quercifolius*). **The Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 79, p. 271-275, 2005.

SANTOS, A. L. E.; JÚNIOR, C. P. S.; NETO, R. M. N.; SANTOS, M. H. C.; SANTOS, V. F.; ROCHA, B. A. M. et al. Machaerium acutifolium lectin inhibits inflammatory responses through cytokine modulation. **Process Biochemistry**, v. 97, p. 149-157, 2020.

SANTOS, J. C. O.; SANTOS, I. M. G.; CONCEIÇÃO, M. M.; PORTO, S. L.; TRINDADE, M. F. S.; SOUZA, A. G. et al. Thermoanalytical, kinetic and rheological parameters of commercial edible vegetable oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 75, p. 419-428, 2004.

SCHERHAUFER, S.; MOATES, G.; HARTIKAINEN, H.; WALDRON, K.; OBERSTEINER, G. Environmental impacts of food waste in Europe. **Waste Management**, v. 77, p. 98-113, 2018.

SHAHIDI, F.; ZHONG, Y. Measurement of antioxidant activity. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 757-781, 2015.

SHENDI, E. G.; OZAY, D. S.; OZKAYA, M. T.; USTUNEL, N. F. Changes occurring in chemical composition and oxidative stability of virgin olive oil during storage. **Oilseeds & Fats Crops and Lipids**, v. 25, n. 6, p. 1-8, 2018.

SHINAGAWA, F. B.; SANTANA, F. C.; ARAUJO, E.; PURGATTO, E.; MANCINI-FILHO, J. Chemical composition of cold pressed Brazilian grape seed oil. **Food Science and Technology**, v. 38, n. 1, p. 164-171, 2018.

SHINDELL, D.; BORGFORD-PARNELL, N.; BRAUER, M.; HAINES, A.; KUYLENSTIERNA, J. C. I.; LEONARD, S. A. et al. A climate policy pathway for near- and long-term benefits. **Science**, v. 356, p. 493-494, 2017.

SIGER, A.; DWIECKI, K.; BORZYSZKOWSKI, W.; TURSKI, M.; RUDZINSKA, M.; NOGALA-KAŁUCKA, M. Physicochemical characteristics of the cold-pressed oil obtained from seeds of *Fagus sylvatica* L. **Food Chemistry**, v. 225, p. 239-245, 2017.

SILVA, C.; CORREIA-BRANCO, A.; ANDRADE, N.; FERREIRA, A. C.; SOARES, M. L.; SONVEAUX, P. et al. Selective pro-apoptotic and antimigratory effects of polyphenol complex catechin:lysine 1:2 in breast, pancreatic and colorectal cancer cell lines. **European Journal of Pharmacology**, v. 859, p. 172533, 2019.

SILVA, S. I.; OLIVEIRA, A. F. M.; NEGRI, G.; SALATINO, A. Seed oils of Euphorbiaceae from the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. **Biomass and Bioenergy**, v. 69, p. 124-134, 2014.

SIROHA, A. K.; SANDHU, K. S. Effect of heat processing on the antioxidant properties of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) cultivars. **Food Measure**, v. 11, p. 872-878, 2017.

SWETHA, M. P.; RADHA, C.; MUTHUKUMAR, S. P. Bioaccessibility and bioavailability of *Moringa oleifera* seed flour polyphenols. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, p. 1917-1926, 2018.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise Sensorial de Alimentos**. Florianópolis: Editora UFCS, 1987. 180 p.

TEIXEIRA, N.; MELO, J. C. S.; BATISTA, L. F.; PAULA-SOUZA, J.; FRONZA, P.; BRANDAO, M. G. L. Edible fruits from Brazilian biodiversity: A review on their sensorial characteristics *versus* bioactivity as tool to select research. **Food Research International**, v. 119, p. 325-348, 2019.

TONINI, D.; ALBIZZATI, P. F.; ASTRUP, T. F. Environmental impacts of food waste: Learnings and challenges from a case study on UK. **Waste Management**, v. 76, p. 744-766, 2018.

TUBEROSO, C. I. G.; KOWALCZYK, A.; SARRITZU, E.; CABRAS, P. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. **Food Chemistry**, v. 103, p. 1494-1501, 2007.

UENO, H.; SHIMADA, A.; SUEMITSU, S.; MURAKAMI, S.; KITAMURA, N.; WANI, K. et al. Comprehensive behavioral study of the effects of vanillin inhalation in mice. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 115, p. 108879, 2019.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry**. [2000]. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/epa-6010c.pdf/>. Acesso em: 3 fev. 2019.

VERAS, B. O.; OLIVEIRA, M. B. M.; OLIVEIRA, F. G. S.; SANTOS, Y. Q.; OLIVEIRA, J. R. S.; LIMA, V. L. M. et al. Chemical composition and evaluation of the antinociceptive, antioxidant and antimicrobial effects of essential oil from *Hymenaea cangaceira* (Pinto, Mansano & Azevedo) native to Brazil: A natural medicine. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 247, p. 112265, 2020.

VICIUNAITE, V.; ALFNES, F. Informing sustainable business models with a consumer preference perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 242, p. 118417, 2020.

WANG, D.; FAN, W.; GUAN, Y.; HUANG, H.; YI, T.; JI, J. Oxidative stability of sunflower oil flavored by essential oil from *Coriandrum sativum* L. during accelerated storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 98, p. 268-275, 2018.

WIRKIJOWSKA, A.; ZARZYCKI, P.; SOBOTA, A.; NAWROCKA, A.; BLICHARZ-KANIA, A. et al. The possibility of using by-products from the flaxseed industry for

functional bread production. **LWT - Food Science and Technology**, v. 118, p. 108860, 2020.

WU, G.; CHANG, C.; HONG, C.; ZHANG, H.; HUANG, J.; JIN, Q. et al. Phenolic compounds as stabilizers of oils and antioxidative mechanisms under frying conditions: A comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 92, p. 33-45, 2019.

XIAO, H.; WANG, S.; XU, W.; YIN, Y.; XU, D.; ZHANG, L. et al. The study on starch granules by using darkfield and polarized light microscopy. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 92, p. 103576, 2020.

YE, J.; HU, X.; LUO, S.; MCCLEMENTS, D. J.; LIANG, L.; LIU, C. Effect of endogenous proteins and lipids on starch digestibility in rice flour. **Food Research International**, v. 106, p. 404-409, 2018.

YONEMOTO, P. G.; CALORI-DOMINGUES, M. A.; FRANCO, C. M. L. Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 761-771, 2007.

YUAN, B.; LU, M.; ESKRIDGE, K. M.; ISOM, L. D.; HANNA, M. A. Extraction, identification, and quantification of antioxidant phenolics from hazelnut (*Corylus avellana* L.) shells. **Food Chemistry**, v. 244, p. 7-15, 2018.

ZADEH-ARDABILI, P. M.; RAD, S. K. Anti-pain and anti-inflammation like effects of Neptune krill oil and fish oil against carrageenan induced inflammation in mice models: Current statues and pilot study. **Biotechnology Reports**, v. 22, p. e00341, 2019.

ZAY, K.; GERE, A. Sensory acceptance of poppy seed-flavored white chocolates using just-about-right method. **LWT - Food Science and Technology**, v. 103, p. 162-168, 2019.

ZEPKA, L. Q.; JACOB-LOPES, E.; ROCA, M. Catabolism and bioactive properties of chlorophylls. **Current Opinion in Food Science**, v. 26, p. 94-100, 2019.

ZHANG, X.; CHEN, Y.; ZHANG, R.; ZHONG, Y.; LUO, Y.; XU, S. et al. Effects of extrusion treatment on physicochemical properties and in vitro digestion of pregelatinized high amylose maize flour. **Journal of Cereal Science**, v. 68, p. 108-105, 2016.

ZHANG, F.; KHAN, M. A.; CHENG, H.; LIANG, L. Co-encapsulation of α -tocopherol and resveratrol within zein nanoparticles: Impact on antioxidant activity and stability. **Journal of Food Engineering**, v. 247, p. 9-18, 2019a.

ZHANG, H.; GUAN, J.; TIAN, Y.; SU, G.; ZHAO, Y. Acute and sub-chronic 90-day oral toxicity study of Perilla seed oil in rodents and Beagle dogs. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 103, p. 229-236, 2019b.

ZHANG, L.; VIRGOUS, C.; SIA, H. Synergistic anti-inflammatory effects and mechanisms of combined phytochemicals. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 69, p. 19-30, 2019.

ZHANG, H.; WANG, H.; CAO, X.; WANG, J. Preparation and modification of high dietary fiber flour: A review. **Food Research International**, v. 113, p. 24-35, 2018.

ZHAO, P.; WANG, S.; LIANG, C.; WANG, Y.; WEN, P.; WANG, F. et al. Acute and subchronic toxicity studies of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oil in rodents. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 91, p. 50-57, 2017.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO**

TCLE para maiores de idade

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Este é um convite para participar da Pesquisa “**Aplicação da farinha da torta da semente de faveleira na formulação de produtos de panificação e caracterização desses produtos**”, que tem como pesquisadora responsável a professora Karla Suzanne F. S. Chaves Damasceno.

Esta pesquisa pretende verificar a viabilidade do uso de uma farinha, obtida a partir da semente de faveleira, como ingrediente a ser utilizado na confecção de bolos e biscoitos. O motivo que nos leva a fazer este estudo é contribuir para aumentar a disponibilidade de novos alimentos, evitar os problemas gerados pela sua eliminação, valorizar um recurso natural e preservar uma espécie nativa da caatinga brasileira. Além disso, essa investigação é importante para que as comunidades que têm a espécie disponível na natureza, possam criar formas de utilização, favorecendo a geração de renda.

Caso decida participar da análise sensorial dos bolos e biscoitos desenvolvidos com a adição de farinha da torta da semente de faveleira, primeiramente, você responderá um questionário de recrutamento onde, entre outras informações sobre seus hábitos alimentares, deverá relatar se apresenta alergia ou intolerância a qualquer ingrediente contido nos produtos. Em caso positivo, você não deverá participar da análise sensorial. No caso de participar da análise sensorial, você receberá uma amostra de bolo e/ou de biscoito para avaliação dos atributos sensoriais dos produtos. Os bolos e biscoitos serão submetidos a análises microbiológicas objetivando garantir a segurança do produto e minimizar os riscos de infecção alimentar, cuja elaboração será controlada por meio da adoção das boas práticas de manipulação, conforme legislação vigente.

Assinatura do Pesquisador Responsável

Assinatura do Participante da Pesquisa

Natal, ____/____/____

Na presença de sintoma (s) após o consumo dos produtos, o provador deverá entrar em contato com o pesquisador responsável para que este avalie e se responsabilize pelo tratamento de saúde, se necessário. E ainda, se o provador necessitar de atendimento de urgência/emergência decorrente do teste sensorial com o produto proposto, o pesquisador responsável o levará ao atendimento médico mais próximo.

Durante todo o período da pesquisa você poderá sanar suas dúvidas ligando para professora Dra. Karla Suzanne F. S. C. Damasceno no Departamento de Nutrição da UFRN, localizado na Av. Senador salgado Filho n. 3000, Campus Universitário ou pelo telefone 3342-2291, ou e-mail: karlasuzanne@yahoo.com.br.

Sua decisão em participar da análise sensorial é voluntária. Durante a realização da pesquisa, você pode desistir de participar da mesma a qualquer momento. O risco envolvido com a participação na pesquisa é a eventualidade de surgir (em) sintoma (s) em decorrência da prova do bolo ou do biscoito. Os riscos relatados serão minimizados pela garantia da qualidade do produto. Só participarão da análise sensorial os usuários que não apresentarem alergia ou intolerância a qualquer componente da formulação dos bolos e biscoitos.

Os dados que você irá fornecer serão confidenciais e divulgados apenas em congressos ou publicações científicas, não havendo exposição de qualquer informação que possa lhe identificar. Esses dados serão guardados pelo pesquisador responsável por essa pesquisa em local seguro e por um período de 5 anos.

Se a participação nessa pesquisa lhe gerar algum custo, este será assumido pelo pesquisador e devidamente reembolsado. Se você sofrer qualquer dano comprovadamente decorrente deste projeto, será também indenizado.

O benefício da pesquisa para os participantes será o conhecimento ou reconhecimento da importância de espécies nativas da caatinga para alimentação humana. Estas ações têm como objetivo a valorização, a preservação e o aproveitamento de alimentos nativos da caatinga.

Qualquer dúvida a respeito da ética dessa pesquisa poderá ser questionada ao Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL) no endereço Av. Nilo Peçanha, 620 – Petrópolis, Natal/RN ou pelo telefone (84) 3342-5003. E-mail: cep_huol@yahoo.com.br

Assinatura do Pesquisador Responsável

Assinatura do Participante da Pesquisa

Natal, ____/____/____

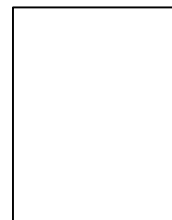
Este documento foi impresso em duas vias. Uma ficará com você e a outra com o pesquisador responsável, professora Dra. Karla Suzanne F. S. C. Damasceno.

Consentimento Livre e Esclarecido

Após ter sido esclarecido sobre os objetivos, importância e o modo como os dados serão coletados nessa pesquisa, além de conhecer os riscos, desconfortos e benefícios que ela trará para mim e ter ficado ciente de todos os meus direitos, concordo em participar da pesquisa “Aplicação da farinha da torta da semente de faveleira na formulação de produtos de panificação e caracterização desses produtos”, e autorizo a divulgação das informações por mim fornecidas em congressos e/ou publicações científicas, desde que nenhum dado possa me identificar.

Natal, ____/____/____.

Assinatura do participante da pesquisa



Declaração do pesquisador responsável

Como pesquisador responsável pelo estudo, “Aplicação da farinha da torta da semente de faveleira na formulação de produtos de panificação e caracterização desses produtos” declaro que assumo a inteira responsabilidade de cumprir fielmente os procedimentos metodologicamente, e direitos que foram esclarecidos e assegurados ao participante desse estudo, assim como manter sigilo e confidencialidade sobre a identidade do mesmo.

Declaro ainda estar ciente que, na inobservância do compromisso ora assumido, estarei infringindo as normas e diretrizes propostas pela Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS) 466 de 2012, que regulamenta as pesquisas envolvendo seres humanos.

Natal, ____/____/____

Karla Suzanne F. S. C. Damasceno

APÊNDICE B – FICHA DE RECRUTAMENTO

FICHA DE RECRUTAMENTO

Nº

Nome: _____ Idade: _____ Sexo: Masc () Fem ()

1. Escolaridade:

Fundamental completo ()

Superior incompleto ()

Médio completo ()

Superior completo ()

2. Apresenta dor de cabeça ou alguma outra dor que atrapalhe no momento da análise?

Sim () Não ()

3. Possui alergia a farinha de trigo, castanha, amendoim ou manteiga?

Sim () Não ()

4. Quanto gosta ou desgosta de biscoito?

()	()	()	()	()	()	()
Desgosto	Desgosto	Desgosto	Nem	Gosto	Gosto	Gosto
muito	moderadamente	ligeiramente	gosto	ligeiramente	moderadamente	muito
			nem			
			desgosto			

5. Consumo de biscoito

()	()	()	()	()	()
Diariamente	2 a 3 x por	1 x por	Quinzenalmente	Mensalmente	Nunca
	semana	semana			

APÊNDICE C – FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL

Projeto de pesquisa “Aplicação da farinha da torta da semente de faveleira na formulação de produtos de panificação e caracterização desses produtos”

N°

Data: ___ / ___ / ___ Idade: _____ Sexo: _____

Você receberá 3 amostras codificadas de biscoito, uma de cada vez. Entre uma amostra e outra, ingira um pouco de água para limpar suas papilas gustativas.

CÓDIGO DA AMOSTRA: _____

TESTE DE ACEITAÇÃO GLOBAL – De biscoitos elaborados com a farinha de faveleira. Por favor, avalie as amostras cuidadosamente e identifique, de acordo com a escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou. Marque a posição da escala que melhor reflete o seu julgamento:

- | | |
|--|---|
| ☐ Desgostei muitíssimo
☐ Desgostei muito
☐ Desgostei regularmente
☐ Desgostei ligeiramente
☐ Indiferente | ☐ Gostei ligeiramente
☐ Gostei regularmente
☐ Gostei muito
☐ Gostei muitíssimo |
|--|---|

TESTE DE ATITUDE – Intenção de Compra de biscoitos elaborados com a farinha de faveleira. Se os produtos que você provou estivessem disponíveis no mercado, você o compraria?

- | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Certamente | Possivelmente | Talvez comprasse | Possivelmente | Certamente |
| compraria | compraria | talvez não | não compraria | não compraria |

ESCALA DO IDEAL – Avaliação de atributos de biscoitos elaborados com farinha de faveleira. Agora, por favor, marque com um X sua opinião sobre as seguintes características dos biscoitos:

Crocância:

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ☐ | ☐ | ☐ |
| Menos crocante | Está ideal, do | Mais crocante do |
| do que eu gosto | jeito que eu gosto | que eu gosto |

Gosto doce:

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ☐ | ☐ | ☐ |
| Menos crocante | Está ideal, do | Mais crocante do |
| do que eu gosto | jeito que eu gosto | que eu gosto |

Sugestões ou comentários _____

_____. Muito obrigado!

APÊNDICE D – ARTIGO PUBLICADO NA FOOD CHEMISTRY

Food Chemistry 337 (2021) 127771



Contents lists available at ScienceDirect

Food Chemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchemChemical and biological activities of faveleira (*Cnidoscopus quercifolius* Pohl) seed oil for potential health applications

Penha Patrícia Cabral Ribeiro^{a,*}, Karla Suzanne Florentino da Silva Chaves Damasceno^b, Bruno Oliveira de Veras^{c,d}, João Ricardhis Saturnino de Oliveira^d, Vera Lúcia de Menezes Lima^d, Caio Rodrigo Dias de Assis^d, Marcia Vanusa da Silva^d, Francisco Canindé de Sousa Júnior^e, Cristiane Fernandes de Assis^e, Carlos Eduardo de Araújo Padilha^f, Thayza Christina Montenegro Stamford^c

^a Department of Nutrition, Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, 50670-901 Recife, PE, Brazil^b Department of Nutrition, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Lagoa Nova, 59078970 Natal, RN, Brazil^c Area of Tropical Medicine, Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, 50670-901 Recife, PE, Brazil^d Department of Biochemistry, Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, 50670-901 Recife, PE, Brazil^e Department of Pharmacy, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Petrópolis, 59012570 Natal, RN, Brazil^f Department of Chemical Engineering, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Lagoa Nova, 59078970 Natal, RN, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:

Edible oil
Fatty acids
Pigments
Phenolic compounds
Bioactive activity
Functional food

ABSTRACT

Faveleira (*Cnidoscopus quercifolius*) is an emerging Brazilian plant, with seeds rich in edible oil. This study investigates physicochemical properties, chemical composition, thermal and oxidative stability, *in vitro* and *in vivo* toxicity, antioxidant, antinociceptive and anti-inflammatory activities of faveleira seed oil. It was observed that the oil has low acidity, value of peroxide, chlorophyll, carotenoids, β -carotene and high concentrations of unsaturated fatty acids. In addition to presenting thermal and oxidative stability and high total phenolic content, with vanillin, eugenol and quercetin were predominating. The oil showed no toxicity *in vitro* and *in vivo*, and presented antioxidant, anti-inflammatory and antinociceptive activities. These findings provide relevant and appropriate conditions for processing of faveleira seed oil as functional food.

1. Introduction

Global and individual consumption is increasing, especially for lipids, becoming necessary to search for new sources of food, which enable socioeconomic development through the use of under-exploited or undervalued species, improving food security, especially in developing countries (Nkengurutse et al., 2019). The Caatinga biome (semi-arid region), also called the “white forest,” is one of the largest and most distinct biomes in Brazil, conducive to plant species such as those of the Euphorbiaceae family, which are rich in seeds with a little known and unexplored high oil content (Silva, Oliveira, Negri & Salatino, 2014).

Among the endemic and little explored species of Caatinga is *Cnidoscopus quercifolius* (Euphorbiaceae) (synonymous *Cnidoscopus phyllacanthus*) (Silva et al., 2014), being popularly known as faveleira (Ribeiro, Silva, Assis, Correia & Damasceno, 2017). This plant has a

wide distribution in the semi-arid region, due to adaptation to water stress and high solar incidence (Roberto et al., 2016). Several studies focusing on the medicinal potential of the faveleira have been developed, showing that parts such as leaves and barks have the ability to act against pain and inflammation (Gomes et al., 2014). This species is also known for the production of seeds that have high nutritional value due to the abundance of lipids and proteins (Medeiros, Ribeiro, Freitas, Santos & Damasceno, 2018), being widely consumed by animals and traditional communities. From the seed it is possible to obtain an oil suitable for edible use, as it has characteristics such as low acidity, low humidity (Ribeiro et al., 2017), pleasant aroma and taste, besides containing several compounds that are considered beneficial to human health, such as phytosterols (Santos et al., 2017) and tocopherols (α , β , γ , δ) (Ribeiro, Silva, Dantas, Ribeiro, Dimenstein & Damasceno, 2019; Santos et al., 2017).

Faveleira seed oil exhibits high thermal stability (Santos et al.,

* Corresponding author at: Department of Nutrition, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901 Recife, Pernambuco, Brazil.

E-mail addresses: penha.ribeiro@ufpe.br (P.P.C. Ribeiro), bruno.veras@ufpe.br (B.O. de Veras), vml@ufpe.br (V.L.d.M. Lima), thayza.stamford@ufpe.br (T.C.M. Stamford).

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127771>

Received 9 March 2020; Received in revised form 2 August 2020; Accepted 2 August 2020

Available online 04 August 2020

0308-8146/ © 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.

2017), and antioxidant activity (Ribeiro et al., 2017; Santos et al., 2017). In general, these properties can be influenced by the presence of several compounds, such as chlorophylls (Siger, Dwiecki, Borzyszkowski, Turski, Rudzinska & Nogala-Katucka, 2017), carotenoids (Ceci, Mattar & Carelli, 2017), and phenolics (Lesjak et al., 2018) in the oil. However, no studies have evaluated chlorophyll and carotenoids or identified the phenolic profile in faveleira seed oil. Carotenoids and phenolic compounds, among other phytochemicals, can also have beneficial effects on human health relieving pain and counteracting inflammation (Zhang, Virgous & Si, 2019), which are considered to be the main causes of the decrease in people's quality of life, and the appearance or progression of diseases such as cancer, cardiovascular diseases, arthritis and neurodegenerative diseases (Veras et al., 2020; Innes & Calder, 2018). There are also no studies that investigate whether faveleira seed oil has anti-inflammatory activity or causes pain reduction.

Although there is a consumption of seeds and seed oil from faveleira and some properties are known about this oil, there are no reports addressing its toxicity, being of vital importance considering that adverse effects can hinder the benefits from its use (Veras et al., 2020).

The present study aimed to determine the physicochemical characteristics, fatty acid profile, chlorophyll, carotenoids, phenolic content, antioxidant activity, thermal and oxidative stability, *in vitro* and *in vivo* toxicity, anti-inflammatory and antinociceptive activities of the faveleira seed oil. It is believed that faveleira seed oil will present bioactive compounds, as well as bioactive activities, and not be toxic. Consequently, the data obtained in this study be useful in view of the potential employment of this edible oil to improve human health.

2. Materials and methods

2.1. Chemicals

The solvents used for analysis included analytical grade ethyl ether, ethanol, acetic acid, chloroform and cyclohexane, and the solvents used for the chromatographic analysis: grade high performance liquid chromatography (HPLC) acetic acid, methanol, hexane, acetonitrile, and dichloromethane, obtained from Merck (Darmstadt, Germany). The standards for methyl esters, β -carotene, and phenolic compound, as well as Folin-Ciocalteu Reagent, potassium persulfate, 3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-Diphenyltetrazolium Bromide (MTT), Dulbecco's Modified Eagle (DMEM), carrageenan, indomethacin, heparin, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) were obtained from Sigma-Aldrich (Steinheim, Germany). *T*-octylphenoxypolyethoxyethanol (Triton X-100), potassium dichromate, sodium hydroxide, phenolphthalein, sodium thiosulfate, potassium hydroxide, butylhydroxytoluene (BHT), ammonium acetate, Polysorbate 80 (Tween 80), dimethylsulfoxide (DMSO), and sodium carbonate were purchased from Merck (Darmstadt, Germany). Saline Solution 0.9% was purchased from B. Braun.

2.2. Plant material

The plant material (fruits) of faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*) of the variety with thorns was harvested in the municipality of São José do Seridó (latitude: 6°26'54", longitude: 36°52'43"), in the semi-arid region of Brazil. A voucher specimen used in this work was deposited in the Herbarium of the Federal University of Rio Grande do Norte under the number 20064.

2.3. Extraction of oil

The fruits were harvested and mixed, and the seeds were removed manually. The seeds with $13.93 \pm 0.01\%$ moisture was cold-pressed (room temperature 18 °C) in a hydraulic press (MARCON, MPH-10,

Marília, Brazil). The extracted crude oil was centrifuged (Fanem, Excelsa 4, 280R, São Paulo, Brazil) at 20 °C for 15 min at 9,500 rpm to remove particulate matter. The extraction yield was $15.51 \pm 4.59\%$ and the oil was stored at -20 °C in amber glass bottles with a screw cap, added with aluminum foil on the outside of the glass and in a nitrogen atmosphere until further analysis.

2.4. Physicochemical analysis

The physicochemical analyses were conducted immediately after oil extraction using fresh sample to determine the following parameters: acid value, peroxide value, density, dynamic viscosity and color. The acid value (Cd 3d-63) were determined according to AOCS (2017). Thus, sample was weight and diluted with ether, ethanol and phenolphthalein as indicator solution. Then, the solution was titrated against 0.1 N sodium hydroxide. The result was expressed in terms of % oleic acid. The peroxide value (Cd 8b-90) was determined in the acetic acid, chloroform (3:2, v/v) and saturated potassium iodide solution containing the oil sample. Starch (1%, w/v) was used as indicator in the titration with 0.01 N sodium thiosulfate. Result was expressed in milliequivalent oxygen per kilogram oil (AOCS, 2017). The acid and the peroxide values were used to determine the degree of conservation of the oil. To establish a quality control profile during oil storage, the acid and the peroxide values were verified at different time points in samples stored at 25 ± 2 °C for 180 days and at 60 ± 2 °C every 30 days in a stove (Fanem, 520, São Paulo, Brazil). In both storage conditions, the oil was stored in amber glass bottles with a screw cap. The density and the dynamic viscosity of the oil were determined by direct injection in a viscometer (Anton Paar, SVM 3000/G2, Graz, Austria) at 25 °C. The oil color was evaluated using a colorimeter (Konica Minolta, CR-400, Chiyoda, Japan) operating on the CIE (International Commission on Illumination) system L^* , a^* , b^* , L^* luminosity, a^* intensity of red color and b^* intensity of yellow color.

2.5. Fatty acid profile

The fatty acid methyl esters (FAMES) profile was determined in triplicate using a gas chromatograph (Agilent Technology, 7890, Santa Clara, USA) equipped with an injector (Agilent Technologies, 10 μ L) and flame ionization detector (FID). A DB-5 ms column, (5% diphenyl 95% dimethylpolysiloxane, 30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m, Agilent J & W Scientific - Agilent, Santa Clara, USA). The oven temperature was maintained at 150 °C for 4 min and subsequently heated to 280 °C (4 °C/min) for 5 min. The temperature of the injection block was adjusted to 300 °C, and the carrier gas was helium with a flow rate of 1 mL/min. For the determination of the lipid profile, an aliquot of the oil was prepared to obtain the fatty acid methyl esters according to the method of Mendes-Silva, Barbosa and Vidal (2018) with modifications. Briefly, 25 mg of the sample was added to 0.5 mL of methanolic solution of potassium hydroxide (0.5 M) under constant stirring (Phoenix Luferco, AP56, Araraquara, Brazil) at 300 rpm for 2 min at 25 °C. Subsequently, 2 mL of hexane was added, and the resulting mixture was stirred for 2 min. The sample was centrifuged (Fanem, Excelsa 4, 280R, São Paulo, Brazil) at 4,500 rpm for 6 min at 25 °C. The supernatant was collected and filtered. Fatty acid methyl esters (FAMES) were identified in triplicate by comparison with the FAME MIX (C4-24 Supelco) retention time and quantified by peak area percentage normalization higher than 0.5%. The results were expressed as percentage of fatty acid in the oil.

2.6. Chlorophyll and carotenoid contents

The carotenoids and chlorophyll contents were quantified in triplicate according to the methods described by Bodoira, Penci, Ribotta and Martínez (2017). Briefly, 7.5 g of oil was diluted with 25 mL of cyclohexane, and the absorbance was measured on a UV-visible

spectrophotometer (Biochrom, Libra S22, Cambridge, England) at the wavelength of 470 nm (Eq. 1) for carotenoids and 670 nm (Eq. 2) for chlorophyll.

$$\text{Carotenoids (mg/kg)} = (A_{470} \times 10^6) / (2000 \times 100 \times d) \quad (1)$$

where A_{470} is the absorbance at 470 nm and d is the thickness of the cuvette (1 cm).

$$\text{Chlorophyll (mg/kg)} = (A_{670} \times 10^6) / (613 \times 100 \times d) \quad (2)$$

where A_{670} is the absorbance at 670 nm and d is the thickness of the cuvette (1 cm).

2.6.1. β -carotene content

The extraction and quantification of carotene were carried out according to Hart and Scott (1995), with modifications. To extract the β -carotene of the oil, 4 g of the sample was dispersed in 2 mL of hexane, 1 mL of BHT (0.1%, v/v), and 1 mL of potassium hydroxide in methanol (10%, w/v) under constant stirring (SOLAB, SL- 180/A, Piracicaba, Brazil) at 250 rpm for 8 h. Subsequently, 2 mL of hexane and 1 mL of sodium hydroxide (40%, w/v) were added to the sample, and the mixture was centrifuged at 2,500 rpm for 15 min at 25 °C. The solvent from the non-polar layer was collected and evaporated at 30 °C. For high-performance liquid chromatography (HPLC), the sample was dissolved in acetonitrile (1:20). The β -carotene content was verified using an HPLC instrument coupled to a Shimadzu LC-10ADvp chromatographic pump (Kyoto, Japan) and a Shimadzu SPD-10 AV UV-VIS detector (Kyoto, Japan). The Shimadzu 5 μ m C18 CDS-ODS (M) reverse phase column (250 mm $\times$ 4.6 mm, Kyoto, Japan) was used. The mobile phase consisted of 75:20:5 acetonitrile, methanol, and dichloromethane containing 0.1% (v/v) butylhydroxytoluene (BHT) and 0.05 M ammonium acetate. β -carotene levels were detected at 450 nm. The total time of chromatographic analysis was 40 min at a flow rate of 1.5 mL/min, and the column temperature was maintained at 35 °C. Quantification of β -carotene was performed in triplicate by comparison with the retention time and area of the respective standard. A calibration curve with different concentrations of β -carotene (1–200 μ g/mL) was generated.

2.7. Thermal stability

Thermal stability was analyzed by thermogravimetric analysis (TG) and differential scanning calorimetry (DSC) (STA 449F3, NETZSCH GmbH & Co., Selb, Germany) using 7.5 ± 0.5 mg oil. The following parameters were used in the analysis: heating rate of 10 °C/min, synthetic air flow of 50 mL/min, and temperature range of 35–600 °C.

2.8. Oxidative stability

The oxidation induction time was verified in triplicate using the ISO 6886 (2016) method and the Rancimat 743 apparatus (Metrohm, Herisau, Switzerland). Briefly, 2 g of faveleira seed oil was heated at 100 ± 1.0 °C under an air flow of 20 L/h. The volatile compounds resulting from the oxidation were dissolved in cold water, which increases the analytical signal for conductivity. The time elapsed to achieve the inflection of the conductivity curve was recorded as the oxidation point of the faveleira seed oil.

2.9. Total phenolic content (TPC)

To obtain the phenolic compounds, an oil extract was prepared with methanol, according to Ribeiro et al. (2017). Five milliliters of methanol were added to 5 mL of oil. The mixture was homogenized on an orbital shaker table (Tecnal, TE-141, Piracicaba, Brazil) at room temperature (20–23 °C) for 20 min and centrifuged (Fanem, Excelsa 4, 280 R, São Paulo, Brazil) at 9,500 rpm for 10 min at 20 °C. The supernatant was separated and the residue was extracted again. Both supernatants

were mixed and constitute the oil extract at the final concentration of 0.45 mg/mL.

The Total Phenolic Content (TPC) was evaluated using the Folin–Ciocalteu method as described by Prazeres et al. (2019) with some modifications. Briefly, 20 μ L of the extract was mixed with 100 μ L of freshly prepared Folin–Ciocalteu reagent diluted with water (1:10). After 3 min, 80 μ L of sodium carbonate solution (75 g/L) was added. After 2 h, the absorbance was measured at 735 nm with a spectrophotometer (BioTek μ Quant Biospectro, Winooski, USA). The total phenolic content was expressed as milligrams of gallic acid equivalent per 100 g of oil (mg GAE/100 g oil) using a standard curve constructed with different concentrations of gallic acid (20–200 μ g/mL).

2.9.1. Phenolic profile

Phenolic profile was assessed and quantified by ultra-high-performance liquid chromatography (UHPLC) as described by Prazeres et al. (2019) with some modifications. The phenolic compounds of the extract were quantified using a Thermo scientific reversed-phase UHPLC (Waltham, USA) equipped with a quaternary pump, an autosampler, and a diode array detector (DAD). The phenolic standards and sample were filtered through a nylon organic membrane (0.22 μ m) prior to injection. The data were processed using ChromQuest 5.0 (Thermo Scientific, Waltham, USA). Separation was performed using a Shim-pack CLC-ODS (M) C18 column (250 $\times$ 4.6 mm; Shimadzu, Kyoto, Japan) maintained at 30 °C. The mobile phase consisted of 1% acetic acid (A) and acetonitrile (B). The column was eluted with a gradient: 0–30% (B) over 0–10 min, 30–70% (B) over 10–15 min, 70–100% (B) over 15–20 min, and 100% (B) over 20–25 min. The flow rate was 1.0 mL/min and the injection volume were 10 μ L. The detection wavelengths were optimized according to the maximum absorption wavelengths of the reference compounds: syringic acid, vanillin, eugenol and vanillic acid were detected at 280 nm; ellagic acid and quercetin were detected at 256 nm. Phenolic were quantified based on the retention time and absorbance spectra of the extract measured with DAD by comparison with phenolic reference standards. An external calibration curve was constructed for each standard. The values were expressed in milligrams of phenolic compound per kilogram of oil.

2.10. Antioxidant activities

2.10.1. Antioxidant activities DPPH scavenging activity

DPPH radical sequestration was evaluated in triplicate according to the methods of Ribeiro et al. (2017) with modifications. The oil was diluted in water containing Tween 80 (1%, v/v) and dimethylsulfoxide (DMSO) (1%, v/v) under ultrasound bath (Quimis, Q335D, Diadema, Brazil) for 15 min to obtain a 5 mg/mL solution. A 40 μ L volume of the diluted oil (5 mg/mL) was added to 250 μ L of the DPPH methanolic solution (200 μ M). After 25 min of incubation in the dark, the absorbances were measured on a microplate spectrophotometer (BioTek, μ Quant, Winooski, USA) at 515 nm. The control sample was prepared as previously described without the addition of the oil. The results were expressed as percent inhibition (% I) and calculated according to the following equation (Eq. 3):

$$\% I = (\text{Abs control} - \text{Abs sample} / \text{Abs control}) \times 100 \quad (3)$$

where *Abs control* is the absorbance of the control and *Abs sample* is the absorbance of the sample.

2.10.2. ABTS scavenging activity

ABTS radical sequestration was analyzed in triplicate according to the methodology described by Veras et al. (2020) with modifications. The oil was diluted as described in item 2.10.1. Oil samples were prepared in concentrations ranging from 50 to 5000 μ g/mL. Initially, the ABTS radical was formed from the reaction of the 7 mM stock solution of ABTS with 140 mM potassium persulfate. The resulting mixture was

incubated in the dark for 16 h at room temperature of 18 °C. Subsequently, 1 mL of the mixture was diluted in ethyl alcohol until an absorbance of 0.70 ± 0.20 at 734 nm was obtained. Then, 1 mL of the ABTS radical solution and 10 µL of the diluted oil were added to the cuvette, and the absorbance was determined using a spectrophotometer (Biochrom, Libra S22, Cambridge, England) at 734 nm after 6 min of reaction. The results were expressed as IC₅₀ (mg/mL), which corresponds to the amount of the extract required to inhibit 50% of the ABTS radicals.

2.11. Cytotoxicity assay

In vitro toxicity was evaluated in triplicate by the MTT (3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-Diphenyltetrazolium Bromide) assay according to Araujo-Lima et al. (2018) with modifications. RAW 264.7 macrophage cells were grown in DMEM supplemented with 10% FBS, 4.5 g/L glucose, sodium pyruvate (1 mM), L-glutamine (2 mM), streptomycin (50 µg/mL) and penicillin (50 U/mL) at 37 °C and 5% CO₂. Cells were plated onto 96-well microplates containing 2×10^4 cells/well and then stabilized for 24 h in humid atmosphere (37 °C and 5% CO₂). DMSO was diluted with water to achieve a final concentration of 1% (v/v). Then, the faveleira oil was diluted in the resulting DMSO solution at varying concentrations (39.06–5,000 µg/mL). After 72 h, each well was added with 20 µL of MTT solution (5 mg/mL) and incubated for 3 h. Subsequently, cells were added with 100 µL of DMSO for the dissolution of the formazan crystals, after which the absorbance was measured at 540 nm using a spectrophotometer (Varioskan® Flash Multimode Reader - Thermo Scientific). Triton X-100 (1%, v/v), DMSO (1%, v/v), and DMEM were used as the positive control, solvent, and negative control, respectively. The cytotoxic effect of oil was evaluated in terms of percentage of viable cells relative to the reference (untreated cells - negative control).

2.12. *In vivo* toxicity, anti-inflammatory and antinociceptive activities

2.12.1. Animals

All ethical procedures were performed in accordance with the recommendations of the Council of International Organizations of Medical Sciences (CIOMS) and Brazilian National Council for the Control of Animal Experimentation (CONCEA), being approved by the Animal's Use Ethics Committee (CEUA) of Federal University of Pernambuco. For evaluation, were used Swiss albino (*Mus musculus*) male mice 10–12 weeks old, weighing between 30 and 35 g, maintained in standard animal housing conditions at the temperature of 23 ± 2 °C and suitable humidity ($55 \pm 5\%$) with dark-light cycles (12/12 h). Mice were fed with standard rodent pellet food and water *ad libitum*. After a week of adaptation, the animals were randomly divided according to the evaluations to be performed (acute toxicity, anti-inflammatory and antinociceptive activities).

2.12.2. Acute toxicity

Acute toxicity was assessed as described by Veras et al. (2020). Swiss albino was randomly distributed in six groups, 3 animals/group. Firstly, the faveleira seed oil was orally administered (o.a.) in three groups: 10 mg/kg, 100 mg/kg and 1,000 mg/kg. After administration, animals were housed and monitored during 14 days for changes in behavior and deaths. If no changes were observed, faveleira seed oil would be evaluated in a second phase, where animals was divided and received orally administered 1,600 mg/kg, 2,900 mg/kg and 5,000 mg/kg and then was observed for physiological alterations and mortality during 14 days.

2.12.3. Anti-inflammatory activities

2.12.3.1. Paw edema induced by intraplantar injection of carrageenan. The anti-inflammatory activity was studied according to the methods described by Veras et al. (2020) with modifications. Was

used the carrageenan induced paw edema model, which was administered into the subplantar region of the right hind paw of the mice. The animals were randomly distributed in four groups, 3 animals/group. Group 1 (negative control) was treated with vehicle (0.9% saline, w/v, o.a.); Group 2 (positive control) was treated with indomethacin (20 mg/kg, o.a.); and Group 3 and 4 were treated with faveleira seed oil (250 and 500 mg/kg, o.a., respectively). After 1 h, the animals received 50 µL of 0.9% saline containing 300 µg of carrageenan in the right hind paw. The same volume of saline solution was given to the left hind paw. The edema was evaluated in both paws 1, 2, 3 and 4 h after the injection of carrageenan, with the assistance of a caliper (Mitutoyo Corporation, Digimatic Caliper, Kanagawa, Japan). The difference between the right and left hind paws (mm) was considered paw edema.

2.12.3.2. Carrageenan-induced peritonitis. The animals were randomly distributed in four groups, 3 animals/group. The animals were deprived of food overnight and orally administered with one of the following solutions: Group 1 (negative control) was treated with vehicle (0.9% saline, w/v); Group 2 (positive control) was treated with indomethacin (20 mg/kg, o.a.); and Group 3 and 4 was treated with faveleira seed oil (250 and 500 mg/kg, o.a., respectively). The injection of carrageenan (1%, 250 µL) into the peritoneal cavity of mice occurred 1 h after the administration of the compounds orally (Zadeh-Ardabili & Rad, 2019). Three hours after carrageenan-induced peritonitis, the animals were killed by cervical dislocation and peritoneal fluid was collected under aseptic conditions. The contents were centrifuged at 12,000 rpm for 15 min at 4 °C and 100 µL of the supernatant were used to measure TNF-α using mouse cytokine ELISA Kit, High Sensitivity (Catalog # BMS607HS) in ELISA, Thermo Fisher (Waltham, EUA) according to manufactures instruction.

2.12.4. Antinociceptive activity

The animals were randomly distributed in four groups, 3 animals/group. The abdominal writhes were induced by intraperitoneal route injection of acetic acid (0.8%, 0.1 mL/10 g) in mice 1 h after the administration of with vehicle (0.9% saline, o.a.), indomethacin (20 mg/kg, o.a.), faveleira seed oil (250 mg/kg or 500 mg/kg, o.a.). The abdominal writhes were observed for a period of 5–15 min, starting 5 min after the injection of the nociceptive agent (Zadeh-Ardabili & Rad, 2019).

2.13. Statistical analysis

The acidity and peroxide value over time were analyzed using the student's T-test. Anti-inflammatory and antinociceptive activities data were subjected to analysis of variance (ANOVA). A post-hoc test was run using Tukey's test. Statistical tests were performed considering a statistical significance of 5% using Graph Pad Prism (Version 5.0, La Jolla, CA, USA).

3. Results and discussion

3.1. Physicochemical analysis

Faveleira seed oil has physicochemical characteristics that are desirable for edible oils and maintains good characteristics during preservation and after extraction. The faveleira seed oil has density and viscosity values that are close to those of oils that are widely used for human consumption (Giakoumis, 2018; Kim, Kim, Lee, Yoo & Lee, 2010) and presents suitable color that is desirable for edible oils (Siger et al., 2017).

Immediately after the extraction, the faveleira seed oil has an acid value of 0.33 ± 0.09 %oleic acid and peroxide value equal to zero, which were lower than those reported by Ribeiro et al. (2017) in oil extracted from seeds of the same species (0.78% oleic acid and

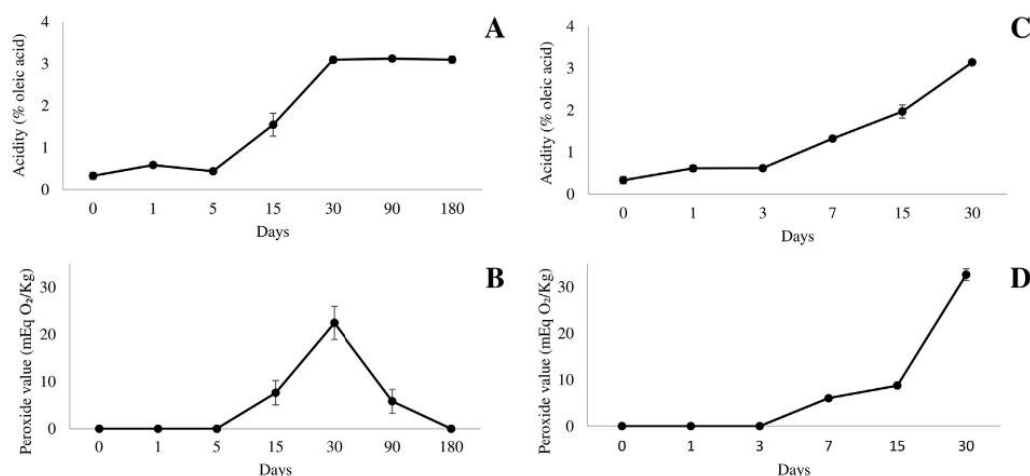


Fig. 1. Acidity and peroxide value of faveleira seed oil subjected to the following storage conditions: 25 ± 2 °C for 180 days (A and B) and 60 ± 2 °C for 30 days (C and D).

1.13 mEq O₂/kg). Analysis of the physicochemical characteristics of the oil is important for investigating oil properties and oil quality. The findings could then serve as the basis for industrial production of vegetable oils. The acidity content and the peroxide value are among the most important characteristics that can be used to determine the quality of edible oils (Ribeiro et al., 2017).

The changes in acidity and peroxide content in the faveleira seed oil after 180 days of storage at 25 ± 2 °C and 30 days of storage at 60 ± 2 °C are shown in Fig. 1. The acidity of the seed oil is shown in Fig. 1A and C. The stored samples showed the same rate of acidification ($p = 0.8473$), and the acidification constants at 25 and 60 °C were determined to be 0.0915 ($r^2 = 0.972$) and 0.0921 ($r^2 = 0.982$), respectively. Therefore, within the range of the time and temperature conditions tested in the present study, the higher storage temperature did not accelerate the formation of free fatty acids. After 30 days of storage, we observed a stabilization of the acid value of the oil maintained at 25 °C. A similar behavior was observed in olive oil maintained at 18–24 °C for a period of 12 months (Shendi, Ozay, Ozkaya & Ustunel, 2018).

The peroxide value of the seed oil is shown in Fig. 1B and D. The peroxide value was influenced by the storage temperature ($p < 0.05$). The oil samples maintained at 60 °C (oxidation constant = 1.074, $r^2 = 0.959$) showed 1.5-fold higher degradation rates compared to samples stored at 25 °C (oxidation constant = 0.763, $r^2 = 0.963$). However, these results were expected, given that higher temperatures accelerate autooxidation and decomposition of the oils and is the main cause of the production of undesirable flavors in the oxidized oil. The peroxide content of the oil subjected to 30 days of storage at 60 °C was found to increase over time (Fig. 1D). However, peroxide content of oil stored for 180 days at 25 °C showed an initial increase and subsequent reduction over time (Fig. 1B). The same behavior was observed in olive oil stored at 18–24 °C for 12 months (Shendi et al., 2018). The decrease in peroxide content at the end of storage could be attributed to the degradation of peroxides, since these molecules (primary oxidation products) are unstable and decompose into a wide range of secondary oxidation products like ketones, aldehydes, and epoxides. The peroxide value represents only the peroxides in the matrix, not reflecting the decomposed peroxide information. As a result, the peroxide value is regularly used to evaluate the primary oxidation of oils (Li et al., 2020).

According to the Codex Alimentarius (FAO, 2001), the quality of unrefined oil remains acceptable until the peroxide content reaches 15 mEq O₂/kg of oil. For both storage conditions, higher peroxide

contents were observed for after around 30 days of storage.

The density (0.9122 ± 0.00 g/cm³ or 912.20 ± 0.00 kg/m³) and viscosity (0.0525 ± 0.0001 Pa/s) values were similar to those observed by Ribeiro et al. (2017) in faveleira seed oil (viscosity of 0.05 Pa/s and density of 0.91 g/cm³). In addition, the viscosity of the faveleira seed oil is close to those of maize (0.049 Pa/s) and canola (0.054 Pa/s) oils (Kim et al., 2010), while the density is similar to those observed in canola oils (0.913 g/cm³) and olive (0.912 g/cm³) (Giakoumis, 2018).

The colorimetric analysis of the oil through the CIE coordinate data ($L^* = 70.35 \pm 0.17$; $a^* = -4.68 \pm 0.00$; $b^* = 15.06 \pm 0.09$) showed high luminosity and low turbidity (L^* values), in addition to the predominance of green (component a^*) and yellow (component b^*) staining. These results indicated that the faveleira seed oil exhibits the color characteristics of vegetable oils. The high luminosity and the predominance of the yellow and green colors were similarly observed by Siger et al. (2017) in beech (*Fagus sylvatica* L.) oil ($L^* = 65.54$; $a^* = 10.28$; $b^* = 31.14$). The evaluation of the color of edible oils is important, since it is an attribute that contributes to consumer acceptance; in addition, the color is an indicator of the composition of bioactive compounds present in the oil.

3.2. Fatty acid profile

The oil showed the predominance of unsaturated fatty acids ($71.61 \pm 0.08\%$), with linoleic acid ($53.88 \pm 0.29\%$) being the most abundant fatty acid (Table S1).

In addition to influencing some physicochemical characteristics of the oil, the lipid composition determines the biological effects of the oil after consumption, and the unsaturated lipids are known to be the most beneficial for human health (Medeiros et al., 2013). Linoleic acid can exert beneficial effects on the human body, such as reduced incidence of cardiovascular diseases (Marangoni et al., 2020).

Other studies have observed the predominance of linoleic acid in faveleira seed oil (Ribeiro et al., 2017; Santos et al., 2017). Moreover, this fatty acid was found in large quantities in oils that are widely used for human consumption, such as soybean oil (50.5%), sunflower (57.8%) and corn (50.6%) (Kim et al., 2010).

3.3. Chlorophyll, carotenoid, and β -carotene contents

The faveleira seed oil has 1.82 ± 0.01 mg chlorophyll/kg,

Table 1
Phenolic profiles of faveleira seed oil.

Phenolic compound	Concentration (mg/kg of oil)
Syringic acid	0.26 ± 0.04
Ellagic acid	0.09 ± 0.00
Quercetin	1.33 ± 0.05
Vanillin	2.60 ± 0.24
Eugenol	2.08 ± 0.03
Vanillic acid	0.26 ± 0.07

Values expressed as mean ± standard deviation (n = 3).

0.79 ± 0.01 mg carotenoids/kg and 0.28 ± 0.01 mg of β-carotene/kg oil. The presence of these pigments gives the characteristic coloration of vegetable oil. These pigment contents were lower than those observed by Bodoira et al. (2017) in chia seed oil (4.66 mg chlorophyll/kg and 5.41 mg carotenoids/kg). The low chlorophyll content of the faveleira seed oil is desirable, since chlorophyll increases the likelihood of photo-oxidation in oils thus, a lower chlorophyll content is correlated with higher oxidative stability (Siger et al., 2017). By contrast, carotenoids, especially β-carotene, provide efficient protection against photo-oxidation oils because they absorb light and are capable of sequestering singlet oxygen (Ceci et al., 2017). Although faveleira seed oil has low carotenoid and β-carotene contents, it exhibits good oxidative stability as demonstrated below, thereby suggesting that other compounds present in the oil contribute to this stability.

3.4. Thermal and oxidative stability

The TG/DSC curves for faveleira seed oil are shown in Supplementary figure 1. It was observed that the oil has two stages of mass loss. The first oxidation event occurs from 187 to 380 °C, wherein the oil lost 17% of its initial mass caused by the decomposition of unsaturated fatty acids (Medeiros et al., 2013), behavior evidenced by the DSC curve, since it presented an exothermic behavior characteristic of oxidation reactions (Santos et al., 2017). The second and most significant oxidation stage was observed from 380 to 450 °C, in which the loss of oil mass attributable to the decomposition of saturated and monounsaturated fatty acids was verified (Medeiros et al., 2013) followed by pyrolysis which results in the loss of 100% of the oil mass (Martín-Ramos, Maria, Correa-Guimaraes, Carrión-Prieto, Hernández-Navarro & Martín-Gil, 2017). In this second stage, an exothermic and, subsequently, endothermic behavior is observed, which are characteristic of oxidation (Santos et al., 2017) and pyrolysis (Martín-Ramos et al., 2017), respectively.

The initial decomposition temperature of the faveleira seed oil in the present study was consistent with the values reported by Santos et al. (2017) and Medeiros et al. (2013), which were 188 °C and 189 °C, respectively. Gao and Birch (2016) reported the following initial decomposition temperatures of various oils: canola (157.3 °C), flax seed (123.4 °C), hemp seed (124.6 °C), and carrot seed (159.6 °C). All these oils have lower decomposition temperatures than faveleira seed oil, indicating the high stability compared to other commercial oils.

The oxidation stability is one of the most important quality parameters of edible vegetable oils, determining its usefulness in technological processes and effective useful life, being one of the most used methods to evaluate this stability Rancimat, because it evaluates the oxidative stability of the oil in a short time (Maszewska, Florowska, Dłuzewska, Wroniak, Marciniak-Lukasiak & Zbikowska, 2018).

The faveleira seed oil also exhibited good oxidative stability, since its induction time, evaluated by the Rancimat method, was 9.67 ± 0.36 h at 100 °C. Induction time is the necessary time for oil oxidation. Thus, high induction period indicates high oxidative stability. The induction time of the chia seed oil extracted by pressing was 3.04 h (Bodoira et al., 2017), that is, less than that of faveleira seed oil. In addition, the induction time of the faveleira seed oil was found to be

higher than those of different commercial oils (peanut, corn, rice bran, grape seed, and rapeseed, induction time = 4.77–5.02 h) (Maszewska et al., 2018). The high oxidative stability found by the Rancimat method is in accordance with the onset temperature (T_{on} = 170 °C) read from DSC curve. T_{on} correspond to the temperature at which heat release begins and is taken as a parameter that characterizes the oxidative susceptibility of oils. The T_{on} found in faveleira seed oil is in accordance with the expected for edible oils (130–180 °C) and is greater than that found in flaxseed hull oil extracted by cold press (113.9 °C) (Oomah & Sitter, 2009).

3.5. Total phenolic content and profile

The TPC of the faveleira seed oil was 108.11 ± 8.14 mg GAE/100 g oil, which is five times higher than that reported by Santos et al. (2017) in the seed oil of the same species (23.88 ± 2.01 mg GAE/100 g). The observed difference could be caused by the difference in the extraction method, since Soxhlet extraction (used by Santos et al., 2017) requires long incubation periods at high temperatures, which in turn causes a reduction in the concentrations of phenolic compounds. The TPC of the faveleira seed oil was similar to that reported in chia oil extracted by cold pressing (0.91 ± 0.13 mg GAE/g) (Özcan, Al-Juhaimi, Ahmed, Osman & Gassem, 2019).

When evaluating the profile of phenolic compounds from faveleira seed oil, different phenolic compounds were observed, with emphasis on vanillin (2.60 ± 0.24 mg/kg of oil), eugenol (2.08 ± 0.03 mg/kg of oil) and quercetin (1.33 ± 0.05 mg/kg of oil) (Table 1).

The phenolic compounds found in faveleira oil have characteristics that positively influence the properties of the oil, increase oxidative stability, the food and sensory quality of the oil, in addition to health benefits when consumed. Vanillin has been extracted from different foods and is a phenolic compound characterized by attractive aroma (Ueno et al., 2019). Eugenol is a non-polar phenolic compound and has been shown to reduce the risk of kidney diseases in humans (Barhoma, 2018). Quercetin has anti-inflammatory and antioxidant effect and decreases insulin resistance and oxidative stress, and can therefore be used by patients with type 2 diabetes and metabolic syndrome (Lesjak et al., 2018).

3.6. Antioxidant activity

The oil inhibited 32.20 ± 0.03% of DPPH radicals at a concentration of 5 mg/mL and showed an IC_{50} of 52.45 ± 4.16 mg/mL based on the ABTS radical assay. The activity of inhibition of the DPPH radical determined in the present study was lower than that reported by Santos et al. (2017) in faveleira seed oil (76.68 ± 0.90%), which could be explained by the differences in the origin of the seeds and the different analysis conditions. In the present study, the reduction capacity of the DPPH radical of the faveleira oil analyzed was greater than those reported by Alqahtani et al. (2018) in watercress (*Lepidium sativum*) oil (22.15 ± 0.2%, concentration of 5 mg/mL). Furthermore, the antioxidant activity evaluated by the ABTS method was higher in faveleira oil than in oil obtained by pressing the Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seed at different temperatures (IC_{50} = 215.78–247.50 mg/mL) as analyzed by Muangrat, Veeraphong and Chantee (2018).

3.7. In vitro and in vivo toxicity

This is the first study to evaluate faveleira seed oil toxicity. The results supported the hypothesis that faveleira oil can be used as an edible oil, given its nontoxicity and the abundance of interesting feed compounds.

Faveleira oil showed no cytotoxic potential against non-tumor RAW 264.7 cells at the maximum concentration of 5,000 µg/mL based on the cytotoxicity assay (Table 2). Thereby the data obtained on *in vitro* toxicity in RAW 264.7 cells, indicate safety of oil consumption.

Table 2

Percentage of viability cells (%) in normal cell RAW 264.7 after incubation with different concentrations of faveleira seed oil determined by the MTT assay.

Treatment	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)	Viability cells (%)
Control negative (DMEM)	–	100 $\pm$ 0.00 ^b
Control positive (Triton X-100)	–	18.35 $\pm$ 0.47 ^a
Vehicle (DMSO 1%)	–	98.87 $\pm$ 0.61 ^b
Faveleira seed oil	5,000	100 $\pm$ 0.00 ^b
	2,500	100 $\pm$ 0.00 ^b
	1,250	100 $\pm$ 0.00 ^b
	625.00	100 $\pm$ 0.00 ^b
	312.50	100 $\pm$ 0.00 ^b
	156.25	100 $\pm$ 0.00 ^b
	78.12	100 $\pm$ 0.00 ^b
	39.06	100 $\pm$ 0.00 ^b

Three independent experiments are performed, and data are presented as mean $\pm$ standard deviation. ^{ab} the same letters in a column are not significantly different ($p > 0.05$).

Vegetable oils widely consumed due to their nutritional, pharmacological and medicinal properties, have been investigated in relation to their toxicological safety over non-tumor cells. Seed oils widely consumed in Brazil such as andiroba (*Carapa guianensis*), have called into question the beneficial effects of their ingestion, considering that studies such as Araujo-Lima et al. (2018) point out high toxicity of the oil on RAW 264.7 cells, which can cause severe damage to health.

In the acute oral toxicity test, deaths and behavioral changes that indicate toxicity were not observed in any of the mice treated with doses of 10 to 5,000 mg/kg. Similar results were observed by Zhang, Guan, Tian, Su and Zhao (2019). When testing the acute oral toxicity of perilla seed oil (50 g/kg) in an animal model. As no animals showed alterations, the authors suggested that the lethal dose of the oil was higher than the tested dose.

3.8. Anti-inflammatory and antinociceptive activities

The anti-inflammatory effect of faveleira seed oil was checked and confirmed by the test of induced paw edema and peritonitis with measurement of the pro-inflammatory cytokine TNF- α . In addition, the oral administration of the oil caused a significant reduction in the feeling of pain in the mice, showing antinociceptive activity by ingesting it.

On average, the faveleira seed oil at a concentration of 500 mg/kg exerted inhibition of paw edema higher than indomethacin (20 mg/kg) (Table 3) indicating that faveleira seed oil has anti-inflammatory properties. This property was confirmed by the carrageenan-induced peritonitis assay, which significantly reduced the pro-inflammatory mediator TNF- α in the blood plasma of mice and when compared to the vehicle, the 500 mg/kg was the most efficient (Fig. 2). It was also found that this oil inhibits the sensation of pain by arousing the pain nerve endings in the acetic acid-induced contortion test (Zadeh-Ardabili & Rad, 2019), causing a significant reduction in the contortion count by the oil compared to vehicle in both analyzed oil concentrations (Fig. 3).

These effects presented are probably associated with the variety of

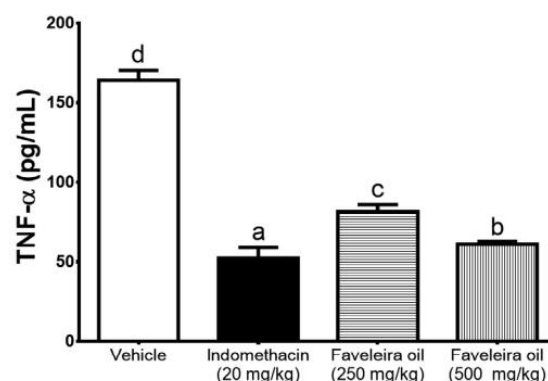


Fig. 2. Levels of TNF- α in the serum of animals with carrageenan induced-inflammation. Different lowercase letters above the columns denote a statistical difference ($p < 0.05$).

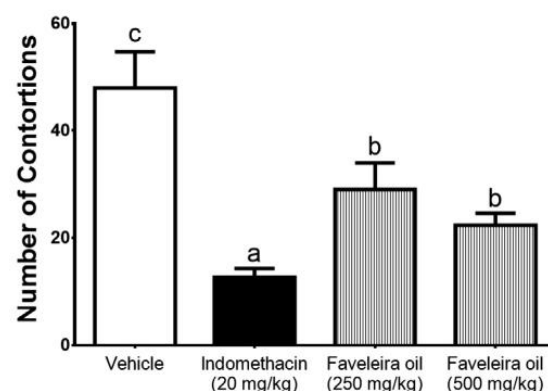


Fig. 3. Antinociceptive activity of faveleira seed oil for abdominal pain induced by intraperitoneal injection of acetic acid. Different lowercase letters above the columns denote a statistical difference ($p < 0.05$).

chemical constituents that have been identified in the oil. Vanillin is a phenolic compound that was identified in the oil analyzed in this study and authors claim that the vanillin has muscle relaxant and antinociceptive effects (Ueno et al., 2019). Quercetin, a phenolic compound found in oil, as well as its metabolites can act as potent anti-inflammatory agents, particularly by inhibiting arachidonic acid metabolism and eicosanoid production (inflammatory mediators) (Lesjak et al., 2018). In addition, in inflammation there is an increase in the production and release of free radicals, which are associated with several cellular damages (Hussain, Hofseth & Harris, 2003), and quercetin, as it has antioxidant activity, can help fight these radicals (Lesjak et al., 2018). Linoleic acid, the major fatty acid in faveleira seed oil, has long been considered to be proinflammatory. However, evidence is

Table 3

Anti-inflammatory activity of faveleira seed oil on carrageenan induced paw edema (mm).

Treatment	Dose (mg/kg)	Time (h)	Average edema formation				
			0	1	2	3	4
Control negative (Saline)	–	–	0.575 $\pm$ 0.379 ^c	0.384 $\pm$ 0.082 ^d	0.417 $\pm$ 0.131 ^c	0.334 $\pm$ 0.137 ^d	0.427 $\pm$ 0.100 ^c
Control positive (Indomethacin)	20	–	0.050 $\pm$ 0.077 ^b	0.084 $\pm$ 0.016 ^c	0.050 $\pm$ 0.012 ^b	0.017 $\pm$ 0.040 ^b	0.050 $\pm$ 0.023 ^b
Faveleira seed oil	250	–	0.084 $\pm$ 0.006 ^b	0.036 $\pm$ 0.005 ^b	0.060 $\pm$ 0.009 ^b	0.000 $\pm$ 0.000 ^a	0.045 $\pm$ 0.036 ^b
	500	–	0.000 $\pm$ 0.000 ^a	0.010 $\pm$ 0.008 ^a	0.020 $\pm$ 0.003 ^a	0.054 $\pm$ 0.044 ^c	0.021 $\pm$ 0.023 ^a

Values are mean $\pm$ standard deviation ($n = 3$). ^{abcd} the same letters in a column are not significantly different ($p > 0.05$).

emerging that this fatty acid may also have anti-inflammatory effects by producing lipid mediators that play an important role in resolving inflammation (Innes & Calder, 2018). However, further investigation is necessary to clarify the exact protection mechanism of oil in pain and inflammation.

4. Conclusion

Faveleira seed oil has low acidity and peroxide value, with good thermo-oxidative stability and little carotenoid and β -carotene content. The oil has functional potential due to the high amount of unsaturated fatty acids (mainly linoleic acid) and phenolic compounds (mainly vanillin, eugenol and quercetin). These may be responsible for the antioxidant, anti-inflammatory and antinociceptive activities identified in the present study. Notably, the oil showed no toxicity to normal RAW 264.7 cells and acute oral toxicity in mice. Therefore, faveleira seed oil has bioactive compounds responsible for different biological activities. In addition, faveleira seed oil can be considered a safe product with a promising potential to be applied as a functional food with large benefit to human health.

CRediT authorship contribution statement

Penha Patrícia Cabral Ribeiro: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Investigation, Writing - original draft, Visualization. **Karla Suzanne Florentino da Silva Chaves Damasceno:** Investigation, Resources, Writing - review & editing. **Bruno Oliveira de Veras:** Methodology, Formal analysis, Investigation, Writing - review & editing, Visualization. **João Ricardhis Saturnino de Oliveira:** Investigation, Resources. **Vera Lúcia de Menezes Lima:** Investigation, Resources. **Caio Rodrigo Dias de Assis:** Writing - review & editing, Investigation. **Marcia Vanusa da Silva:** Investigation, Resources. **Francisco Canindé de Sousa Júnior:** Methodology, Investigation, Resources. **Cristiane Fernandes de Assis:** Investigation, Resources. **Carlos Eduardo de Araújo Padilha:** Investigation, Resources. **Thayza Christina Montenegro Stamford:** Resources, Writing - review & editing, Supervision, Project administration.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgments

The authors are grateful for the availability of the Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos of the Department of Nutrition/ Universidade Federal de Pernambuco (LEAAL/UFPE/Brazil) and the Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE/PE/Brazil). This work was supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/Brazil (process n°CAPES/PROEX 1734/2015) and the Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação da Universidade Federal de Pernambuco/Brazil (process n° 23076.024049/2018-15 and process n° 23076.049914/2017-47). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127771>.

References

- Alqahtani, F. Y., Aleanizy, F. S., Mahmoud, A. Z., Farshori, N. N., Alfara, R., Al-sheddi, E. S., & Alsarra, I. A. (2018). Chemical composition and antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory activities of *Lepidium sativum* seed oil. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(5), 1089–1091. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.007>.
- AOCS (2017). *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*. Champaign, IL, USA: AOCS Press.
- Araujo-Lima, C. F., Fernandes, A. S., Gomes, E. M., Oliveira, L. L., Macedo, A. F., Antoniassi, R., ... Felzenszwalb, I. (2018). Antioxidant Activity and Genotoxic Assessment of Crabwood (*Andiroba*, *Carapa guianensis* Aublet) Seed Oils. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 3246719. <https://doi.org/10.1155/2018/3246719>.
- Barhoma, R. A. E. (2018). The role of eugenol in the prevention of chromium-induced acute kidney injury in male albino rats. *Alexandria Journal of Medicine*, 54(4), 711–715. <https://doi.org/10.1016/j.ajme.2018.05.006>.
- Bodoira, R. M., Penci, M. C., Ribotta, P. D., & Martínez, M. L. (2017). Chia (*Salvia hispanica* L.) oil stability: Study of the effect of natural antioxidants. *LWT - Food Science and Technology*, 75, 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.031>.
- Ceci, L. N., Mattar, S. B., & Carelli, A. A. (2017). Chemical quality and oxidative stability of extra virgin olive oils from San Juan province (Argentina). *Food Research International*, 100, 764–770. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.074>.
- FAO (2001). *Codex alimentarius: fats, oils and related products*, Vol. 8. Rome, Italy: Food & Agriculture Organization.
- Gao, F., & Birch, J. (2016). Oxidative stability, thermal decomposition, and oxidation onset prediction of carrot, flax, hemp, and canola seed oils in relation to oil composition and positional distribution of fatty acids. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118, 1042–1052. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500208>.
- Giakoumis, E. G. (2018). Analysis of 22 vegetable oils' physico-chemical properties and fatty acid composition on a statistical basis, and correlation with the degree of unsaturation. *Renewable Energy*, 126, 403–419. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.057>.
- Gomes, L. M. A., Lima-Saraiva, S. R. G., Andrade, T. M. D., Silva, J. C., Diniz, T. C., Barreto, V. N. S., ... Almeida, J. R. G. S. (2014). Antinociceptive activity of the ethanolic extract from barks and leaves of *Cnidoculus quercifolius* (Euphorbiaceae) in mice. *Journal of Young Pharmacists*, 6(2), 64–69. <https://doi.org/10.5530/jyp.2014.2.10>.
- Hart, D. J., & Scott, K. J. (1995). Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chemistry*, 54(1), 101–111. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)92669-B](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)92669-B).
- Hussain, S. P., Hofseth, L. J., & Harris, C. C. (2003). Radical causes of cancer. *Nature Reviews Cancer*, 3(4), 276–285. <https://doi.org/10.1038/nrc1046>.
- Innes, J. K., & Calder, P. C. (2018). Omega-6 fatty acids and inflammation. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 132, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2018.03.004>.
- ISO – 6886. (2016). Animal and vegetable fats and oils-determination of oxidative stability (accelerated oxidation test). Vernier, Geneva: ISO copyright.
- Kim, J., Kim, D. N., Lee, S. H., Yoo, S., & Lee, S. (2010). Correlation of fatty acid composition of vegetable oils with rheological behaviour and oil uptake. *Food Chemistry*, 118, 398–402. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.011>.
- Lesjak, M., Beara, I., Simin, N., Pintač, D., Majkić, T., Bekvalac, K., ... Mimica-Dukić, N. (2018). Antioxidant and anti-inflammatory activities of quercetin and its derivatives. *Journal of Functional Foods*, 40, 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.10.047>.
- Li, X., Wu, G., Huang, J., Zhang, H., Jin, Q., & Wang, X. (2020). Kinetic models to understand the coexistence of formation and decomposition of hydroperoxide during lipid oxidation. *Food Research International*, 136, Article 109314. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109314>.
- Marangoni, F., Agostoni, C., Borghi, C., Catapano, A. L., Cena, H., Ghiselli, A., ... Poli, A. (2020). Dietary linoleic acid and human health: Focus on cardiovascular and cardiometabolic effects. *Atherosclerosis*, 292, 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2019.11.018>.
- Martín-Ramos, P., María, T. M. R., Correa-Guimaraes, A., Carrión-Prieto, P., Hernández-Navarro, S., & Martín-Gil, J. (2017). Crude and refined oils from *Elaeis guineensis*: Facile characterization by FTIR and thermal analysis techniques. *International Journal of Food Properties*, 20(sup.3), S2739–S2749. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1372470>.
- Maszevska, M., Florowska, A., Dłuzewska, E., Wroniak, M., Marciniak-Lukasiak, K., & Zbikowska, A. (2018). Oxidative stability of selected edible oils. *Molecules*, 23, 1–12. <https://doi.org/10.3390/molecules23071746>.
- Medeiros, J. M. S., Ribeiro, P. P. C., Freitas, E. P. S., Santos, J. A. B., & Damasceno, K. S. F. S. C. (2018). Chemical composition of faveleira (*Cnidoculus phyllacanthus*) seeds collected in different seasons. *Revista Ceres*, 65(3), 286–290. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201865030009>.
- Medeiros, E. J. L., Queiroga, R. C. R. E., Souza, A. G., Cordeiro, A. M. T. M., Medeiros, A. N., Souza, D. L., & Madruga, M. S. (2013). Thermal and quality evaluation of vegetable oils used in ruminant feed. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 112, 1515–1521. <https://doi.org/10.1007/s10973-012-2653-3>.
- Mendes-Silva, T. C. D., Barbosa, N. P. S. R., & Vidal, E. E. (2018). Bioprospecting of oleaginous yeasts from the Agreste de Pernambuco: Synthesis of lipids to produce biodiesel from the crude glycerol residue. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 03(1), 92–99. <https://doi.org/10.24221/jeap.3.1.2018.1705.092-099>.
- Muangrat, R., Veeraphong, P., & Chantee, N. (2018). Screw press extraction of Sacha inchi seeds: Oil yield and its chemical composition and antioxidant properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(6), Article e13635. <https://doi.org/10.1002/jfpp.13635>.

- 1111/jfpp.13635.
- Nkengurutse, J., Mansouri, F., Bekkouch, O., Ben Moumen, A., Masharabu, T., Gahungu, G., ... Khalid, A. (2019). Chemical composition and oral toxicity assessment of *Anisophyllea boehmii* kernel oil: Potential source of new edible oil with high toco-pherol content. *Food Chemistry*, 278, 795–804. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.112>.
- Oomah, B. D., & Sitter, L. (2009). Characteristics of flaxseed hull oil. *Food Chemistry*, 114, 623–628. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.096>.
- Özcan, M. M., Al-Juhaimi, F. Y., Ahmed, I. A. M., Osman, M. A., & Gassem, M. A. (2019). Effect of different microwave power setting on quality of Chia seed oil obtained in a cold press. *Food Chemistry*, 278, 190–196. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.048>.
- Prazeres, L. D. K. T., Aragão, T. P., Brito, S. A., Almeida, C. L. F., Silva, A. D., Paula, M. M. F., Farias, J. S., Vieira, L. D., Damasceno, B. P. G. L., Rolim, L. A., Veras, B. O., Rocha, I. G., Silva Neto, J. C., Bittencourt, M. L. F., Gonçalves, R. C. R., Kitagawa, R. R., & Wanderley, A. G. (2019). Antioxidant and Antitumorogenic Activity of the Dry Extract of Pods of *Libidibia ferrea* Mart. ex Tul. (Fabaceae). *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019, 1983137. <https://doi.org/10.1155/2019/1983137>.
- Ribeiro, P. P. C., Silva, D. M. L., Assis, C. F., Correia, R. T. P., & Damasceno, K. S. F. S. C. (2017). Bioactive properties of faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*) seeds, oil and press cake obtained during oilseed processing. *PLoS ONE*, 12(8), Article e0183935. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183935>.
- Ribeiro, P. P. C., Silva, D. M. L., Dantas, M. M., Ribeiro, K. D. S., Dimenstein, R., & Damasceno, K. S. F. S. C. (2019). Determination of tocopherols and physicochemical properties of faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*) seed oil extracted using different methods. *Food Science and Technology*, 39(2), 280–285. <https://doi.org/10.1590/fst.24017>.
- Roberto, J. V. B., Souza, B. B., Oliveira, G. J. C., Araujo Filho, J. M., Ribeiro, T. L. A., Araújo, R. P., ... Oliveira, M. L. A. (2016). Productive performance of finishing lambs fed with faveleira fodder salt (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl). *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 37(2), 977–988. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p977>.
- Santos, K. A., Aragão Filho, O. P., Aguiar, C. M., Milinsk, M. C., Sampaio, S. C., Palá, F., & Silva, E. A. (2017). Chemical composition, antioxidant activity and thermal analysis of oil extracted from favela (*Cnidoscolus quercifolius*) seeds. *Industrial Crops and Products*, 97, 368–373. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.045>.
- Shendi, E. G., Ozay, D. S., Ozkaya, M. T., & Ustunel, N. F. (2018). Changes occurring in chemical composition and oxidative stability of virgin olive oil during storage. *Oilseeds & Fats Crops and Lipids*, 25(6), 1–8. <https://doi.org/10.1051/ocl/2018052>.
- Siger, A., Dwiecki, K., Borzyszkowski, W., Turski, M., Rudzinska, M., & Nogala-Katucka, M. (2017). Physicochemical characteristics of the cold-pressed oil obtained from seeds of *Fagus sylvatica* L. *Food Chemistry*, 225, 239–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.022>.
- Silva, S. I., Oliveira, A. F. M., Negri, G., & Salatino, A. (2014). Seed oils of Euphorbiaceae from the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Biomass and Bioenergy*, 69, 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.07.010>.
- Ueno, H., Shimada, A., Suemitsu, S., Murakami, S., Kitamura, N., Wani, K., ... Ishihara, T. (2019). Comprehensive behavioral study of the effects of vanillin inhalation in mice. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 115, Article 108879. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.108879>.
- Veras, B. O., Oliveira, M. B. M., Oliveira, F. G. S., Santos, Y. Q., Oliveira, J. R. S., Lima, V. L. M., ... Lopes, A. C. S. (2020). Chemical composition and evaluation of the anti-nociceptive, antioxidant and antimicrobial effects of essential oil from *Hymenaea cangaceira* (Pinto, Mansano & Azevedo) native to Brazil: A natural medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 247, Article 112265. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112265>.
- Zadeh-Ardabili, P. M., & Rad, S. K. (2019). Anti-pain and anti-inflammation like effects of Neptune krill oil and fish oil against carrageenan induced inflammation in mice models: Current status and pilot study. *Biotechnology Reports*, 22, Article e00341. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00341>.
- Zhang, H., Guan, J., Tian, Y., Su, G., & Zhao, Y. (2019). Acute and sub-chronic 90-day oral toxicity study of Perilla seed oil in rodents and Beagle dogs. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 103, 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2019.01.035>.
- Zhang, L., Virgous, C., & Si, H. (2019). Synergistic anti-inflammatory effects and mechanisms of combined phytochemicals. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 69, 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.jnubio.2019.03.009>.

APÊNDICE E – PATENTE DA FARINHA PUBLICADA PELO INPI

República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102018016876-2 A2**(22) Data do Depósito: 17/08/2018****(43) Data da Publicação Nacional: 27/02/2020**

(54) Título: FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA PARA APLICAÇÃO ANTIOXIDANTE E NUTRACÊUTICA

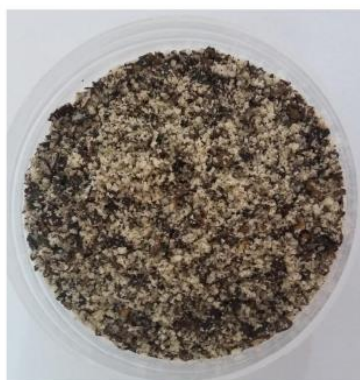
(51) Int. Cl.: A23L 7/10; A23B 9/08.

(52) CPC: A23L 7/10; A23B 9/08.

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO; UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN.

(72) Inventor(es): PENHA PATRÍCIA CABRAL RIBEIRO; THAYZA CHRISTINA MONTENEGRO STAMFORD; KARLA SUZANNE FLORENTINO DA SILVA CHAVES DAMASCENO; FRANCISCO HUMBERTO XAVIER JUNIOR.

(57) Resumo: FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA PARA APLICAÇÃO ANTIOXIDANTE E NUTRACÊUTICA A presente invenção refere-se ao processo de obtenção de farinha da torta da semente de faveleira. O farináceo proposto promove o aproveitamento integral dos alimentos e colabora com a sustentabilidade do meio ambiente, uma vez que usa um resíduo ambiental como matéria prima. A farinha proposta tem elevado teor de fibras, boa atividade antioxidante e alta quantidade de compostos, que podem desempenhar atividades benéficas no organismo humano, auxiliando no combate aos radicais livres, e na prevenção e tratamento de doenças, como câncer, diabetes e arteriosclerose.



FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA PARA APLICAÇÃO ANTIOXIDANTE E NUTRACÊUTICA

01. A presente invenção refere-se a uma farinha bioativa produzida a partir de um coproduto proveniente da extração de óleo da semente de faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*).

02. Compostos bioativos são de interesse para os pesquisadores de alimentos, profissionais de saúde, para o público em geral e para a indústria. Entre esses compostos, merecem destaque os antioxidantes por apresentarem funções de proteção no corpo contra processos patológicos mediados pelo estresse oxidativo, o qual está diretamente relacionado a várias patologias como: diabetes, hipertensão, dislipidemia, aterosclerose e câncer.

03. A população em geral está cada vez mais consciente da importância de uma alimentação equilibrada e que contenha compostos com atividade bioativa. Sendo assim, a descoberta de novos produtos com essas propriedades é de interesse da população e, consequentemente, da indústria. A faveleira é uma espécie nativa da caatinga brasileira e com forte potencial bioativo. A investigação do potencial bioativo dessa espécie surge como uma alternativa natural contra os malefícios oxidativos dos radicais livres e no combate as bactérias (deteriorantes ou patogênicas) no organismo humano e/ou nos alimentos.

04. A semente de faveleira é um alimento ainda pouco explorado, entretanto, a descoberta de novas formas de utilização e novas propriedades pode impulsionar seu consumo pela população e incentivar a sua utilização a nível industrial como matéria prima para elaboração de vários produtos. Uma das formas de utilização da semente de faveleira é a prensagem para obtenção de óleo vegetal comestível. Durante o processo de obtenção de óleo por prensagem é produzida

uma quantidade significativa de torta, um coproduto que muitas vezes é descartado. Entretanto, a torta da semente de faveleira tem grande potencial para ser utilizada na alimentação humana e animal. Visando o aproveitamento integral dos alimentos, os coprodutos têm recebido mais atenção, evidenciando seu potencial nutricional e industrial, pois sua utilização contribui para aumentar a disponibilidade de novos alimentos e evitar problemas gerados pela sua eliminação.

05. Dentre as formas de se aproveitar a torta da semente de faveleira, a presente patente propõe a elaboração de uma farinha obtida em condições específicas.

06. A investigação do potencial antioxidante e nutracêutico da farinha da torta da semente de faveleira é uma forma de buscar novos alimentos com atividade bioativa, promover o aproveitamento integral da semente, valorizar um recurso natural, preservar uma espécie nativa da caatinga brasileira e impulsionar o uso dessa em escala industrial.

07. A invenção possui como vantagem o uso de um coproduto proveniente do processamento de uma semente pouco explorada, porém com enorme potencial de aplicação na alimentação humana e animal. A elaboração de uma farinha aumenta a vida de prateleira do produto, facilita seu armazenamento, diversifica as formas de utilização e possibilita a inclusão do produto na elaboração de preparações variadas. Além do mais, a farinha em questão é uma alternativa para celíacos que têm restrições no consumo do glúten.

08. A farinha proposta (Figura 1) tem alta quantidade de fibras, alta atividade antioxidante e elevado teor de compostos fenólicos que agem de diversas formas dentro do organismo humano, combatendo os radicais livres e prevenindo e tratando várias doenças.

09. Para obtenção da farinha, utilizou-se o coproduto de prensagem obtido durante a extração do óleo da semente de faveleira. Essa extração foi realizada em prensa hidráulica e o rendimento final do

coproduto foi de 80,5%. Esse coproduto foi disposto em bandejas e passou por uma secagem em estufa com circulação de ar forçada por 8 a 10 horas, em uma faixa de temperatura de 60 a 65°C. O material seco foi triturado em triturador automático à temperatura ambiente e armazenado sob refrigeração até a realização das análises (Figura 2).

10. O processo de análise da composição centesimal foi realizado de acordo com Brasil (2005). O teor de umidade foi determinado por secagem em estufa a 105°C (método gravimétrico). O resíduo mineral fixo (cinzas) foi quantificado por incineração a 550°C. A quantidade de proteínas foi determinada pelo conteúdo de nitrogênio total, segundo método de Kjeldahl, utilizando o fator 6,25 para a conversão do nitrogênio em proteínas. A extração direta com hexano em Soxhlet foi usada para determinar o teor de lipídeos. A quantidade de Fibra Alimentar Total (FAT) foi determinada pelo método de quantificação da fração alimentar total após digestão enzimática (AOAC, 2002). O teor de carboidratos foi quantificado por diferença. O valor calórico da farinha foi calculado considerando os fatores de Atwater, multiplicando os valores de carboidratos e proteínas por 4kcal/g, e o de lipídeos por 9kcal/g.

11. A granulometria foi determinada colocando-se uma quantidade conhecida da farinha no aparelho Produtest, equipado com 6 tamises com aberturas de 1700µm (10mesh), 1000µm (16mesh), 850µm (20mesh), 600µm (28mesh), 425µm (35mesh) e 300µm (48mesh). O tempo de vibração foi de 15 minutos, com rotação de 10rpm. As frações da farinha retiradas nos tamises foram pesadas e os resultados obtidos, expressos em porcentagem.

12. A análise da solubilidade em água da farinha de faveleira foi realizada pela adição de 30mL de água a 600mg de farinha. Essa mistura foi agitada por 30 minutos em diferentes temperaturas (55 a 85°C). Posteriormente, o material foi centrifugado a 3500rpm por 15 minutos e

o sobrenadante foi seco a 130°C por 12 horas e pesado. A solubilidade em água foi calculada pela divisão do peso do sobrenadante seco pelo peso da farinha inicial. O valor encontrado foi multiplicado por cem para expressar os resultados em porcentagem (Zhang *et al.*, 2016).

13. Para as análises capacidade de sequestro do radical DPPH, atividade antioxidante total e fenólicos totais, a farinha passou, inicialmente, por um processo de extração com hexano e acetona para remover compostos interferentes e, em seguida foi obtido o extrato metanólico. O extrato obtido foi seco em evaporador rotativo e utilizado para os ensaios subsequentes.

14. A capacidade de sequestro do radical DPPH se baseia na medida da capacidade antioxidante de uma determinada substância em reduzir o radical DPPH. Quando ocorre a doação de hidrogênio ao DPPH, obtém-se a hidrazina, o que causa mudança simultânea na coloração de violeta a amarelo. Esse ensaio foi realizado de acordo com Blois (1958) e foi preparada uma solução de DPPH por dissolução em metanol. A amostra foi adicionada dessa solução e após 25 minutos em câmara escura as absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro a 515nm. Foi preparado um controle no qual a amostra foi substituída por metanol. A absorbância do controle foi subtraída pela absorbância da amostra, o resultado encontrado foi dividido pela absorbância do controle e, em seguida, multiplicado por cem, para expressar o resultado em percentual de inibição (%I).

15. A atividade antioxidante total foi avaliada pelo método do fosfomolibdênio (Pietro *et al.*, 1999). Nesse ensaio avalia-se a capacidade do composto teste em reduzir o molibdênio e formar o complexo fosfato-molibdato. A formação desse complexo resulta na mudança de coloração de amarelo para roxo-azulado. Para tanto, o extrato seco da farinha foi adicionado de solução de molibdato de amônio 40mM/ácido sulfúrico 6M, solução de fosfato de sódio 280mM e

água destilada. A reação ocorreu em banho-maria a 90°C por 90 minutos. As absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro a 695nm. A amostra foi substituída por metanol no branco e por ácido ascórbico no controle positivo. A absorbância da amostra foi subtraída pela absorbância do branco. O resultado dessa subtração foi dividido pela absorbância do ácido ascórbico menos a absorbância do branco. O valor obtido na divisão foi multiplicado por cem e o resultado expresso em percentual de atividade antioxidante total (% AAT).

16. Para analisar o conteúdo de fenólicos totais da farinha foi utilizado o método de Folin-Ciocalteu, proposto por Singleton e Rossi (1965). Nesse método, os compostos fenólicos são oxidados em meio básico e os compostos formados reagem com o molibdato do Folin-Ciocalteu, formando óxido de molibdênio e deixando o meio azul. A amostra foi adicionada do reagente de Folin-Ciocalteu a 10% (v/v) e após 3 minutos, foi adicionado o carbonato de sódio a 28,6% (p/v). Após 2 horas no escuro e em temperatura ambiente as amostras tiveram as absorbâncias medidas em espectrofotômetro a 725nm. Uma curva padrão de ácido gálico (20-200µg/mL) foi usada para expressar os resultados em miligramas de equivalente de ácido gálico por grama de extrato seco (g EAG/g).

17. A farinha da torta da semente de faveleira apresenta 20-25% de proteína, 25-30% de lipídeos, 3-8% de carboidratos, 3-5% de cinzas, 2-4% de umidade e 32-37% de fibra alimentar total. Em relação ao valor calórico, a farinha possui 300-400kcal para cada 100g (Reivindicação 1).

18. A granulometria da farinha não é uniforme e o tamis que conseguiu reter maior quantidade de farinha, 29,84%, foi a de 16mesh (1,0mm). O percentual encontrado nos outros tamises foi o seguinte: 17,44% no de 10mesh, 7,08% no de 20mesh, 13,34% no de 28mesh, 22,89% no de 35mesh e 11,83% no de 48mesh. Apenas 1% da farinha ficou na base (Reivindicação 2).

19. A solubilidade da farinha da torta da semente de faveleira em água aumentou com o aumento da temperatura (Figura 3), ou seja, foi na temperatura de 85°C onde houve maior solubilidade (12,28%). Para as outras temperaturas, as solubilidades foram: 10,53% para 55°C, 11,42% para 65°C e 11,87% para 75°C (Reivindicação 3).

20. A farinha apresentou atividade antioxidante: o percentual de sequestro do radical DPPH foi de 85,75% e a atividade antioxidante total foi de 42,50% (Reivindicação 4).

21. A farinha possui uma elevada quantidade de compostos fenólicos: 2,07g de ácido gálico equivalente por grama de extrato seco (Reivindicação 4).

22. O consumo de alimentos com atividade antioxidante e com alto teor de compostos fenólicos desencadeia importantes funções no organismo humano, combatendo, por exemplo, os efeitos nocivos dos radicais livres. Sendo assim, a farinha da torta da semente de faveleira pode ser direcionada para tratamento e prevenção de doenças de alta prevalência como: diabetes, dislipidemias, hipertensão e câncer (Reivindicação 5).

23. A farinha da torta da semente de faveleira tem alto teor de fibras, lipídeos e proteínas (Figura 4). Esses teores foram maiores que os observados em diferentes amostras de farinha de quinoa (Li e Zhu, 2017). O valor energético da farinha da torta da semente de faveleira é de 300-400kcal/100g.

24. A granulometria da farinha é variada, com maior parte dela, cerca de 30%, retida no tamis de 16mesh (1,0mm) (Figura 5). Outras farinhas, provenientes da alfarroba, estudadas por outros autores, apresentaram uma granulometria menor que a farinha da torta da semente da semente de faveleira (Durazzo *et al.*, 2014).

25. Em relação à solubilidade em água, pode-se perceber que ela aumenta à medida que a temperatura do ensaio é elevada (Figura 3).

Esse comportamento também foi observado em várias farinhas obtidas do milho (Zhang *et al.*, 2016).

26. A farinha em questão tem atividade antioxidante e apresenta alta quantidade de compostos fenólicos (Figura 6). A atividade antioxidante foi maior que a observada na farinha do mesocarpo do babaçu (Maniglia *et al.*, 2017). O teor de compostos fenólicos totais foram expressivamente maior ao observado em diversas farinhas como aquelas provenientes de sorgo, quinoa, arroz branco, arroz negro, amaranto, grão de bico, lentilha, aveia e trigo mole (Rocchetti *et al.*, 2017).

REFERÊNCIAS

- 1) AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemistry International**. 17ª edição, Maryland, AOAC International, 2002.
- 2) Blois, M. **Antioxidant determinations by the use of a stable free radical**. *Nature*, 181:1199-1200, 1958.
- 3) Brasil - Ministério da Saúde - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª edição, Brasília, Instituto Adolfo Lutz, página 1018, 2005.
- 4) Durazzo, A.; Turfani, V.; Narducci, V.; Azzini, E.; Maiani, G.; Carcea, M. **Nutritional characterisation and bioactive components of comercial carobs flours**. *Food Chemistry*, 153:109-113, 2014.
- 5) Li, G.; Zhu, F. **Physicochemical properties of quinoa flour as affected by starch interactions**. *Food Chemistry*, 221:1560-1568, 2017.
- 6) Maniglia, B. C.; Tessaro, L.; Lucas, A. A.; Tapia-Blácido, D. R. **Bioactive films based on babassu mesocarp flour and starch**. *Food Hydrocolloids*, 70:383-391, 2017.
- 7) Pietro, P.; Pineda, M.; Aguilar, M. **Spectrophotometric quantification of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E**. *Analytical Biochemistry*, 269(2):337-341, 1999.
- 8) Rocchetti, G.; Chiodelli, G.; Giuberti, G.; Masoero, F.; Trevisan, M.; Lucini, L. **Evaluation of phenolic profile and antioxidant capacity in gluten-free flours**. *Food Chemistry*, 228:367-373, 2017.
- 9) Singleton, V. L.; Rossi, A. J. **Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents**. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16:144-158, 1965.

9/9

10) Zhang, X.; Chen, Y.; Zhang, R.; Zhong, Y.; Luo, Y.; Xu, S.; Liu, J.; Xue, J.; Guo, D. **Effects of extrusion treatment on physicochemical properties and *in vitro* digestion of pregelatinized high amylose maize flour.** *Journal of Cereal Science*, 68:108-105, 2016.

REIVINDICAÇÕES

- 1) Farinha da torta da semente de faveleira, **caracterizada por** possuir alto teor de fibras, lipídeos e proteínas.
- 2) Farinha da torta da semente de faveleira, citada na Reivindicação 1, **caracterizada por** possuir 20-50% da granulometria de 1,0mm.
- 3) Farinha da torta da semente de faveleira, citada na Reivindicação 1, **caracterizada por** possuir solubilidade em água variando de acordo com a temperatura, de forma diretamente proporcional.
- 4) Farinha da torta da semente de faveleira, citada na Reivindicação 1, **caracterizada por** possuir atividade antioxidante superior a 40%, e quantidade de compostos fenólicos superior a 0,2g de ácido gálico equivalente, por grama de extrato seco, que podem desempenhar diversas funções benéficas no organismo.
- 5) Farinha da torta da semente de faveleira, citada na Reivindicação 1, **caracterizada por** poder ser utilizada na prevenção e no tratamento de várias doenças, como diabetes, hipertensão, arteriosclerose, dislipidemia e câncer.
- 6) Farinha da torta da semente de faveleira, citada na Reivindicação 1, **caracterizada por** poder ser utilizada como nutracêutico, para aplicação em humanos e animais.

1/3

FIGURAS

Figura 1

2/3

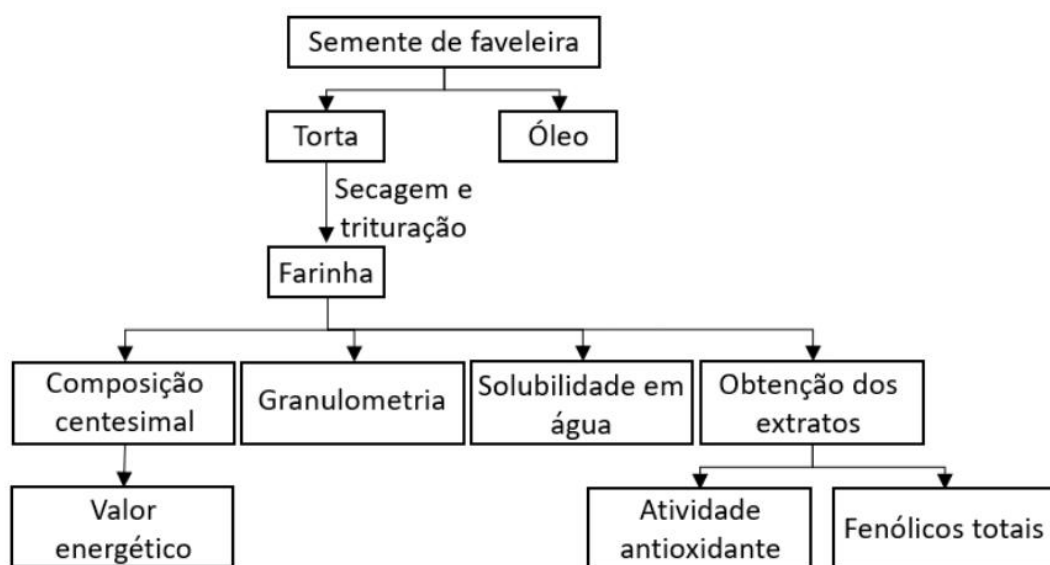


Figura 2

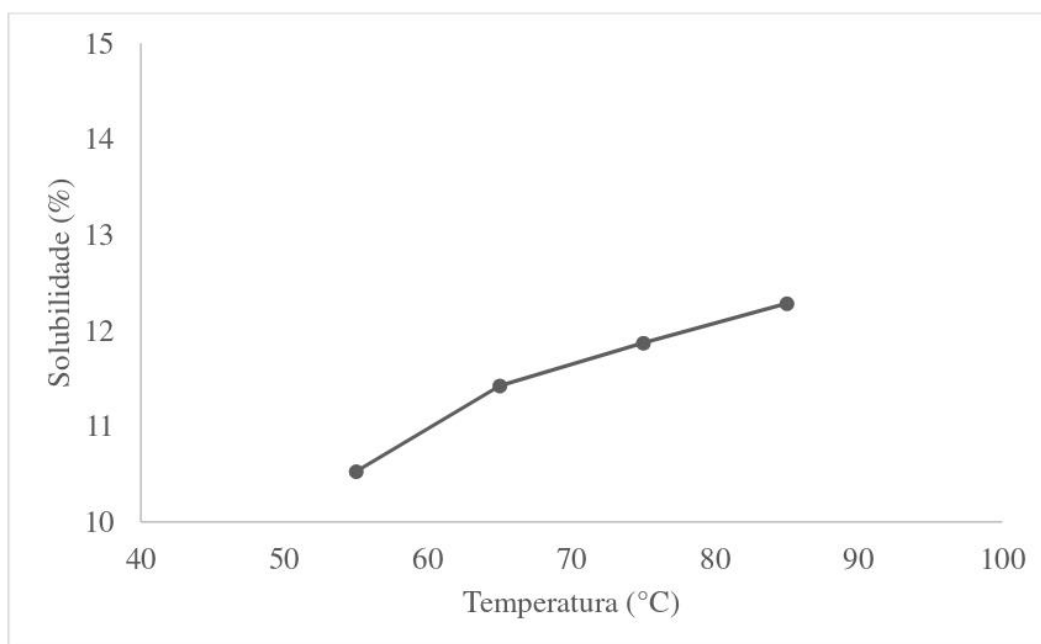


Figura 3

3/3

Componente	Quantidade (%)
Proteínas	20-25
Lipídeos	23-28
Cinzas	3-5
Umidade	2-4
Fibra Alimentar Total	32-37
Carboidratos	3-8

Figura 4

Tamis (mesh)	Abertura (µm)	Farinha retida (%)
10	1700	17,44
16	1000	29,84
20	850	7,08
28	600	13,34
35	425	22,89
48	300	11,83
-	Base	1,00

Figura 5

Análise	Resultado
Sequestro do radical DPPH (% de inibição)	85,75
Atividade antioxidante total (% de atividade)	42,50
Fenólicos totais (g EAG/g de extrato seco)	2,07

Figura 6

1/1

RESUMO**FARINHA DA TORTA DA SEMENTE DE FAVELEIRA PARA APLICAÇÃO
ANTIOXIDANTE E NUTRACÊUTICA**

A presente invenção refere-se ao processo de obtenção de farinha da torta da semente de faveleira. O farináceo proposto promove o aproveitamento integral dos alimentos e colabora com a sustentabilidade do meio ambiente, uma vez que usa um resíduo ambiental como matéria-prima. A farinha proposta tem elevado teor de fibras, boa atividade antioxidante e alta quantidade de compostos, que podem desempenhar atividades benéficas no organismo humano, auxiliando no combate aos radicais livres, e na prevenção e tratamento de doenças, como câncer, diabetes e arteriosclerose.