

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIAS NATURAIS E BIOTECNOLOGIA

NAYANE MEDEIROS SANTOS

PROPRIEDADES FÍSICAS, NUTRICIONAIS E BIOATIVAS DE  
FARINHAS DO CLADÓDIO DE PALMA (*OPUNTIA ficus-indica* L.)  
OBTIDAS POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

CUITÉ / PB

2023

NAYANE MEDEIROS SANTOS

PROPRIEDADES FÍSICAS, NUTRICIONAIS E BIOATIVAS DE  
FARINHAS DO CLADÓDIO DE PALMA (*OPUNTIA ficus-indica* L.)  
OBTIDAS POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais e Biotecnologia do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências Naturais e Biotecnologia.

Área de concentração: Biotecnologia Industrial.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana Késsia Barbosa Soares Moreira

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Cristina Silveira Martins

Cuité / PB

2023

S237p Santos, Nayane Medeiros.

Propriedades físicas, nutricionais e bioativas de farinhas do cladódio de Palma (*Opuntia ficus-indica* L.) obtidas por diferentes métodos de secagem. / Nayane Medeiros Santos. - Cuité, 2023.

84 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais e Biotecnologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, 2023.

"Orientação: Profa. Dra. Juliana Késsia Barbosa Soares Moreira; Profa. Dra. Ana Cristina Silveira Martins".

Referências.

1. Palma forrageira. 2. *Opuntia ficus - indica* L. 3. Palma forrageira - México - origem. 4. PANC. 5. Alimento funcional. 6. Cactácea. 7. Palma forrageira - farinha. 8. Farinha do filociládio de Palma. 9. Palma forrageira - secagem - método. I. Moreira, Juliana Késsia Barbosa Soares. II. Martins, Ana Cristina Silveira. III. Título.

CDU 633.2(043)

NAYANE MEDEIROS SANTOS

PROPRIEDADES FÍSICAS, NUTRICIONAIS E BIOATIVAS DE  
FARINHAS DO CLADÓDIO DE PALMA (*OPUNTIA ficus-indica* L.)  
OBTIDAS POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

Dissertação aprovação em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana Késsia Barbosa Soares Moreira  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientadora

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Cristina Silveira Martins  
Universidade Federal de Campina Grande  
Coorientadora

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Bordin Viera  
Universidade Federal de Campina Grande  
Examinador Interno

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Carolina de Miranda Gondim  
Universidade Federal de Campina Grande  
Examinador Externo

CUITÉ / PB

2023

*À memória do meu Amado Pai,*

***Dedico.***

## AGRADECIMENTOS

O percurso até aqui foi, de certa forma, tortuoso. Iniciei o Mestrado com plena consciência no caminho que transcorreria. Quão ingênua fui! A vida me mostrou que não se adapta aos meus planos e me desafiou de forma dolorosa a continuar seguindo. Caminhei. As vezes incerta, as vezes animada, muitas vezes com medo. O tempo não ajudou. Esse voou depressa, e como um vendaval, deixou tudo bagunçado ao redor. Vencer esse desafio só foi possível devido aos amigos que caminharam ao lado.

Agradeço ao meu amado, Raul, pelo suporte, paciência e considerações durante a minha escrita. Sua contribuição foi fundamental para a finalização deste ciclo.

À minha mãe Eusivan, sei que não foi fácil me dar o suporte que por inúmeras vezes precisei.

À minha querida amiga Renata, que mesmo não sendo da área topou revisar e encontrar erros de digitação esquecidos pela leitura viciada.

À minha amiga Francineide (Nena), por cuidar da minha Eulália durante as minhas ausências.

Às minhas companheiras de mestrado Severina e Elizângela, com as quais encontrei pessoalmente raras vezes, que nutro profundo carinho. Obrigado meninas! Que jornada incrível nós vivemos!

À minha companheira de bancada Jordânia. Nós sorrimos e choramos na mesma medida. Ao final, aprendemos muito juntas!

Aos amigos Carlos e Nayara pela partilha de conhecimentos no laboratório, as horas intermináveis de análises foram mais alegres ao lado de vocês!

À minha coorientadora Dr<sup>a</sup> Ana Cristina. Que surpresa maravilhosa Deus te colocar em meu caminho. Uma grande pesquisadora, de alma generosa e paciência inabalável! Nada teria sido possível sem você! Você pegou em minhas mãos e me mostrou que era possível o sonho de me tornar Mestre!

À minha orientadora Dr<sup>a</sup> Juliana Késsia, que no momento em que eu me vi sem possibilidades, me acolheu e me apresentou uma nova janela. Obrigada por me possibilitar seguir em frente sempre com palavras positivas e soluções possíveis.

Ao meu querido amigo Diego Elias, que participou da minha qualificação. Suas considerações foram essenciais para a melhoria deste trabalho.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba pelo fomento de bolsa de mestrado, possibilitando a execução dessa pesquisa.

## Tecendo a Manhã

Um galo sozinho não tece uma manhã:  
ele precisará sempre de outros galos.  
De um que apanhe esse grito que ele  
e o lance a outro; de um outro galo  
que apanhe o grito de um galo antes  
e o lance a outro; e de outros galos  
que com muitos outros galos se cruzem  
os fios de sol de seus gritos de galo,  
para que a manhã, desde uma teia tênue,  
se vá tecendo, entre todos os galos.

E se encorpando em tela, entre todos,  
se erguendo tenda, onde entrem todos,  
se entretendo para todos, no toldo  
(a manhã) que plana livre de armação.  
A manhã, toldo de um tecido tão aéreo  
que, tecido, se eleva por si: luz balão.

*João Cabral de Melo Neto (1966)*

## RESUMO

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* L.) é uma cactácea originária do México com ampla disseminação em áreas áridas e semiáridas do mundo. Os seus filocládios apresentam uma composição nutricional rica em compostos bioativos como betalaínas, vitamina C, carotenoides, minerais e fibras. Nesse contexto, a secagem apresenta-se como alternativa para a preservação e concentração de nutrientes. Este estudo objetivou desenvolver e caracterizar as propriedades físicas, nutricionais e bioativas de farinhas do filocládio de palma obtidas por liofilização (PL) e secagem em estufa de circulação de ar (PE). Foram avaliadas as características físicas, físico-químicas, microbiológicas, tecnológicas, perfil de açúcares e ácidos orgânicos, potencial antioxidante e perfil fenólico das farinhas. O perfil granulométrico revelou que as farinhas da palma apresentaram partículas irregulares com superfície e geometria escamosa, e baixa atividade de água (PE: 0,410 e PL: 0,501), teor de umidade de (PE: 5,8 g/100 g e PL: 12,1 g/100 g), conteúdo de cinzas (PE: 18,18 g/100 g e PL: 16,18 g/100 g), teor de proteína (PE: 14,17 % e PL: 7,27%), e um baixo teor de lipídeos (PE: 1,92 g/100 g e PL: 1,44 g/100 g). As farinhas de palma possuem fibra alimentar total (PE: 41,12 g/100 g e PL: 41,93 g/100 g), potássio (PE: 7,3% e PL: 2,93%), cloro (PE: 5,44% e PL: 1,67%) e cálcio (PE: 0,91% e PL: 0,96%). As farinhas apresentaram glicose (PE: 3,75 g/100g e PL: 2,07 g/100 g) e frutose (PE: 4,76 g/100 g e PL: 2,87 g/100g), também foram encontrados em ambas as farinhas os ácidos cítrico, málico, succínico láctico e fórmico. Os compostos fenólicos totais foram maiores na PE (799,83 mg AGE/100 g), bem como flavonoides totais (189,16 mg CE/100 g) e FRAP (7,04  $\mu$ mol TEAC/ g). As concentrações de ABTS foram maiores na PL (10,01  $\mu$ mol TEAC/ g) assim como os teores de ácido ascórbico (36,90 mg/100 g). Os principais compostos fenólicos encontrados foram catequina (5,73 mg/100 g) e a procianidina B2 ( 4,54 mg/100 g) na PL, e na PE a procianidina B1 (9,91 mg/100 g) e o ácido cafeico (4,31 mg/100 g). Os resultados obtidos demonstram que a farinha obtida por secagem em estufa mostrou-se superior à farinha liofilizada pois concentrou mais nutrientes e preservou mais antioxidantes, mostrando-se como uma excelente matriz alimentar, podendo assim ser inserida na alimentação humana, bem como, na inserção de novos produtos.

**Palavras-chave:** Secagem; PANC; Alimento funcional, cactácea.

## ABSTRACT

The forage cactus (*Opuntia ficus-indica* L.) is a cactus native to Mexico with wide distribution in arid and semi-arid areas of the world. Its phylloclades have a nutritional composition rich in bioactive compounds such as betalains, vitamin C, carotenoids, minerals and fibers. In this context, drying is presented as an alternative for the preservation and concentration of nutrients. This study aimed to develop and characterize the physical, nutritional and bioactive properties of palm phylloclade flours obtained by freeze-drying (PL) and drying in an air circulation oven (PE). The physical, physical-chemical, microbiological and technological characteristics, sugar and organic acid profile, antioxidant potential and phenolic profile of the flours were evaluated. The granulometric profile revealed that palm flours had irregular particles with scaly surface and geometry, and low water activity (PE: 0.410 and PL: 0.501), moisture content of (PE: 5.8 g/100 g and PL: 12.1 g/100 g), ash content (PE: 18.18 g/100 g and PL: 16.18 g/100 g), protein content (PE: 14.17% and PL: 7.27%), and a low lipid content (PE: 1.92 g/100 g and PL: 1.44 g/100 g). Palm flours have total dietary fiber (PE: 41.12 g/100 g and PL: 41.93 g/100 g), potassium (PE: 7.3% and PL: 2.93%), chlorine (PE: 5.44% and PL: 1.67%) and calcium (PE: 0.91% and PL: 0.96%). The flours presented glucose (PE: 3.75 g/100g and PL: 2.07 g/100 g) and fructose (PE: 4.76 g/100 g and PL: 2.87 g/100g), which were also found in both flours citric, malic, succinic, lactic and formic acids. Total phenolic compounds were higher in PE (799.83 mg AGE/100 g), as well as total flavonoids (189.16 mg EC/100 g) and FRAP (7.04  $\mu$ mol TEAC/g). ABTS concentrations were higher in PL (10.01  $\mu$ mol TEAC/g) as well as ascorbic acid levels (36.90 mg/100 g). The main phenolic compounds found were catechin (5.73 mg/100 g) and procyanidin B2 (4.54 mg/100 g) in PL, and in PE procyanidin B1 (9.91 mg/100 g) and acid caffeic acid (4.31 mg/100 g). The results obtained demonstrate that the flour obtained by drying in an oven was superior to the lyophilized flour because it concentrated more nutrients and preserved more antioxidants, proving to be an excellent food matrix, thus being able to be inserted in the human diet, as well as in the insertion of new products.

**Keywords:** Drying; PANC; Functional food, cactus.

## LISTA DE FIGURAS

### Figuras da Dissertação

|                 |                                                                                                                                                          |    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> | Palma forrageira gigante ( <i>Opuntia ficus-índica</i> L. Mill).....                                                                                     | 21 |
| <b>Figura 2</b> | Fluxograma do delineamento experimental da pesquisa .....                                                                                                | 25 |
| <b>Figura 3</b> | Fluxograma de produção das farinhas de palma <i>Opuntia ficus-indica</i> obtidas por secagem em estufa de circulação de ar (PE) e liofilização (PL)..... | 28 |
| <b>Figura 4</b> | Farinha da palma obtida por secagem em estufa (PE) e farinha de palma obtida por liofilização (PL).....                                                  | 29 |

### Figuras do Artigo

|                 |                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> | Espectro de <sup>1</sup> H NMR das matrizes palma in natura, farinha de palma obtida em estufa de circulação de ar e farinha de palma liofilizada.....                  | 58 |
| <b>Figura 2</b> | Dendograma de agrupamento hierárquico das matrizes palma <i>in natura</i> , farinha de palma obtida em estufa de circulação de ar e farinha de palma liofilizada.....   | 58 |
| <b>Figura 3</b> | Análise de componentes principais (PCA) das matrizes palma <i>in natura</i> , farinha de palma obtida em estufa de circulação de ar e farinha de palma liofilizada..... | 59 |
| <b>Figura 4</b> | Micrografias em microscópica eletrônica de varredura (MEV) da farinha da palma <i>Opuntia ficus-indica</i> seca em estufa de circulação de ar (PE).....                 | 62 |
| <b>Figura 5</b> | Micrografias em microscópica eletrônica de varredura (MEV) da farinha da palma <i>Opuntia ficus-indica</i> liofilizada (PL).....                                        | 63 |

## LISTA DE TABELAS

### Tabelas da Dissertação

|                 |                                                                            |    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> | Produtos alimentícios desenvolvidos com a utilização de PANC .....         | 18 |
| <b>Tabela 2</b> | Produtos alimentícios desenvolvidos com farinha de cladódio de palma ..... | 20 |

### Tabelas do Artigo

|                 |                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> | Resultados médios ( $\pm$ desvio-padrão) para análises físicas e físico-químicas do cladódio da palma <i>Opuntia ficus-indica in natura</i> e das farinhas obtidas por estufa de circulação de ar e liofilização..... | 54 |
| <b>Tabela 2</b> | Resultados médios ( $\pm$ desvio-padrão) para análise de cor do cladódio da palma <i>Opuntia ficus indica in natura</i> e das farinhas obtidas por estufa de circulação de ar e liofilização.....                     | 57 |
| <b>Tabela 3</b> | Perfil de microelementos das farinhas do cladódio da palma obtidas por secagem em estufa e liofilização.....                                                                                                          | 60 |
| <b>Tabela 4</b> | Perfil de açúcares e ácidos orgânicos (média $\pm$ desvio padrão) da palma <i>in natura</i> e das farinhas obtidas por estufa de circulação de ar e liofilização.....                                                 | 63 |
| <b>Tabela 5</b> | Teor total de compostos fenólicos, flavonoides, atividade antioxidante e perfil fenólico do cladódio da palma <i>in natura</i> e das farinhas obtidas por estufa de circulação de ar e liofilização.....              | 65 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABTS – Captura de radical 2,2-azinobis (3-etilbenzenotiazolina-6-ácido sulfônico)

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AOAC – Association of Official Analytical Chemist

APHA – American Public Health Association

aW – Atividade de Água

CE – Equivalente de Catequina

CES – Centro de Educação e Saúde

CLAE – Cromatografia de Alta Eficiência

cm – Centímetros

EC – Caldo *E. coli*

EUA – Estados Unidos da América

FAO – Food and Agriculture Organization

FRAP - Frenetic Random Activity Periods

GAE – Equivalente de Ácido Gálico

h - Hora

HPLC – High Performance Liquid Chromatography

IFSertão-PE – Instituto Federal do Sertão Pernambucano

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Intelectual

INTM – Instituto Nacional de Tecnologia em União e Revestimento de Materiais

IPeFarM – Instituto de Pesquisa em Fármacos e Medicamentos

LABMA – Laboratório de Microbiologia de Alimentos

LABROM – Laboratório de Bromatologia de Alimentos

LEA – Laboratório Experimental de Alimentos

LTA – Laboratório de Tecnologia de Alimentos

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

Min – Minuto

mL – Mililitros

NMP – Número Mais Provável

n° – Número

°C – Graus Celsius

p.p.m. – Partes por Milhão

PANC – Planta Alimentícia Não Convencional

PE – Farinha de Palma Obtida por Secagem em Estufa de Circulação de Ar

pH – Potencial Hidrogeniônico

PI – Palma *in natura*

PL – Farinha de Palma Obtida por Liofilização

RMF – Resíduo Mineral Fixo

RMN – Ressonância Magnética Nuclear

TEAC – Trolox Equivalent Antioxidant Capacity

UFC – Unidade Formadora de Colônia

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UNIESP – União das Instituições Educacionais de São Paulo

## SUMÁRIO

|           |                                                                                                                                                                                   |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                                                            | <b>14</b> |
| <b>2.</b> | <b>OBJETIVOS.....</b>                                                                                                                                                             | <b>16</b> |
| 2.1       | Objetivo Geral.....                                                                                                                                                               | 16        |
| 2.2       | Objetivos Específicos.....                                                                                                                                                        | 16        |
| <b>3.</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                                                                                                                                   | <b>17</b> |
| 3.1       | Plantas alimentícias não convencionais.....                                                                                                                                       | 17        |
| 3.2       | Palma.....                                                                                                                                                                        | 18        |
| 3.3       | Secagem de alimentos.....                                                                                                                                                         | 20        |
| 3.4       | Farinhas.....                                                                                                                                                                     | 21        |
| <b>4.</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>                                                                                                                                                           | <b>23</b> |
| 4.1       | Delineamento experimental.....                                                                                                                                                    | 25        |
| 4.2       | Matérias primas e local do estudo.....                                                                                                                                            | 25        |
| 4.3       | Caracterização física e físico-química do cladódio <i>in natura</i> .....                                                                                                         | 26        |
| 4.4       | Elaboração das farinhas dos cladódios de palma.....                                                                                                                               | 27        |
| 4.5       | Controle de qualidade das farinhas do cladódio de palma .....                                                                                                                     | 29        |
| 4.6       | Caracterização tecnológica, física e físico-química das farinhas do cladódio de palma .....                                                                                       | 30        |
| 4.7       | Potencial antioxidante do cladódio de palma <i>in natura</i> e das farinhas.....                                                                                                  | 31        |
| 4.8       | Análise de dados.....                                                                                                                                                             | 33        |
| <b>5.</b> | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                                                           | <b>35</b> |
| <b>6.</b> | <b>RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>                                                                                                                                                 | <b>44</b> |
| 6.1       | <b>Artigo – PROPRIEDADES FÍSICAS, NUTRICIONAIS E BIOATIVAS DE FARINHAS DO FILOCLÁDIO DE PALMA (<i>Opuntia ficus-indica</i> L.) OBTIDAS POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM.....</b> | <b>46</b> |
| 6.2       | <b>Patente – FARINHA LIOFILIZADA DO FILOCLÁDIO DE PALMA (<i>Opuntia ficus-indica</i> L.).....</b>                                                                                 | <b>79</b> |
| 6.3       | <b>Capítulo de Livro – APLICAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS: UMA BREVE REVISÃO.....</b>                                                                         | <b>83</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Estima-se que a disponibilidade de alimentos seria maior, se fossem identificados os alimentos que comumente não são consumidos. No entanto, essa perspectiva ainda se encontra distante da realidade. Mesmo já tendo sido enumeradas mais de 12500 espécies de plantas com potencial alimentício, aproximadamente 20 espécies de plantas são priorizadas na alimentação humana (KINUPP, HARRI, 2014).

Dentre estas, destacam-se as Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC), termo dado pelo biólogo Valdely Ferreira Kinupp, caracterizadas por nascerem muitas vezes de forma espontânea, por serem de baixo custo e exigirem pouco manejo por parte dos produtores, além de serem fonte de nutrientes importantes como fibras dietéticas, vitaminas, minerais e compostos bioativos (LIBERATO, LIMA, SILVA, 2019).

Em sua grande maioria as PANC são produzidas pelos povos tradicionais e agricultores familiares que fazem uso na própria família, sem intuito comercial. Essas plantas, podem facilmente fazer parte da alimentação cotidiana, porém, devido à falta de conhecimento sobre estas, são muitas vezes caracterizadas como ervas daninhas, alimentos de animais ou simplesmente “mato” (LIBERATO, LIMA, SILVA, 2019). Nascimento et al. (2019) ao avaliar o uso e conhecimento das plantas da caatinga, constatou que apenas 30% dos entrevistados faziam uso das partes comestíveis destas plantas como alimento para suas famílias.

Dentre estas, destaca-se a palma forrageira (*Opuntia ficus indica* L. Mill), que é uma PANC usualmente utilizada no México na alimentação humana, bem como em diversas preparações culinárias como: sucos, saladas, guisados e doces, no entanto, aqui no Brasil, essa PANC ainda é pouco difundida para o consumo humano, sendo utilizada preferencialmente como forragem para alimentação animal (XAVIER, et al., 2021). Logo, já é elucidado na literatura que ela possui uma diversidade de usos, desde a indústria de cosméticos e farmacêutica (DIEZ, et al., 2020), bem como, na fabricação de colas e fibras para artesanato (MACÊDO, et al., 2020).

Na alimentação humana a palma pode fornecer uma gama de nutrientes como: fibras alimentares, cálcio, cloro, potássio, vitamina A, ácido ascórbico, e altos conteúdos de compostos bioativos (XAVIER, et al., 2021). Devido a sua composição nutricional o consumo dos cladódios relaciona-se com diversos benefícios à saúde, apresentando atividade anti-inflamatória (IZUEGBUNA, OTUNOLA, BRANDLEY, 2019), antibacteriana (EL-FEGHALE, IBRAHIM, NAWAS, 2018), anticancerígenas

(ANTUNES-RICARDO, et al., 2019), efeito cardioprotetor (BAKOUR, et al., 2017; RESSAÏSSI, et al., 2020) e hipoglicemiante (HEGAZY, et al., 2018).

Assim, o desenvolvimento e utilização de farinhas do cladódio de palma pode contribuir positivamente na inserção de novos produtos alimentícios como pães, biscoitos e snacks, gerando renda para os produtores rurais, bem como, ampliando a disponibilidade de produtos alternativos, visto que, uma grande parcela dos consumidores buscam alimentos com valor nutricional agregado (ALVES, CONSTANT, TELES, 2021; ALBUQUERQUE, 2017; FERREIRA, 2020; XAVIER, et al., 2021).

Diante do exposto, esta pesquisa tem por objetivo desenvolver e caracterizar as propriedades físicas, nutricionais, bioativas e tecnológicas de farinhas do cladódio de palma (*Opuntia ficus-indica* L. Mill) obtidas por secagem convectiva e liofilização.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Desenvolver e caracterizar as propriedades físicas, nutricionais, bioativas e tecnológicas de farinhas do cladódio de palma (*Opuntia ficus-índica* L. Mill) obtidas por diferentes métodos de secagem.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Realizar a caracterização física, físico-química e potencial antioxidante dos cladódios de palma *in natura*;
- Obter farinhas de cladódio de palma por liofilização e secagem convectiva em estufa de circulação de ar;
- Avaliar as condições higiênico-sanitárias das farinhas obtidas.
- Realizar a caracterização física, físico-química, tecnológicas e potencial antioxidante das farinhas estudadas;
- Analisar o perfil de açúcares, ácidos orgânicos e perfil fenólico por HPLC do cladódio *in natura* e das farinhas obtidas;
- Realizar a caracterização morfológica das farinhas obtidas.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Plantas alimentícias não convencionais**

Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) é o termo utilizado para designar uma ou mais partes comestíveis de plantas exóticas ou nativas que usualmente não estão inseridas no hábito alimentar dos indivíduos (TERRA, FERREIRA, 2020). São espécies de cultivo fácil, muitas vezes espontâneo, com teor nutricional bastante significativo. Estima-se que no mundo haja cerca de 30 mil espécies de plantas com potencialidade alimentícia, cerca de 7 mil já foram utilizadas para o consumo humano ao longo dos anos. No entanto, 90% da alimentação da população baseia-se em apenas 20 espécies (KINUPP, HARRI, 2014).

A globalização agroalimentar propicia a adoção de uma alimentação monótona e sem conexão com a cultura local. Este fenômeno denominado erosão cultural alimentar correlaciona a simplificação da dieta com o abandono da produção de subsistência, que permeava os lares de grande parte da população décadas atrás. Assim, ocorre uma perda gradativa na diversidade e na complexidade nutricional que compõem o prato dos indivíduos (FONSECA, et al., 2018). Os sabores, texturas, aromas e formas são deixados de lado em uma cultura alimentar global onde dois terços das calorias consumidas diariamente advém de apenas 4 vegetais cultivados em escala mundial: milho, trigo, soja e arroz (PISARSKI-JUNIOR, 2019). Uma das alternativas para enriquecer a alimentação popular é a propagação do consumo das PANC na sociedade. No Brasil, estima-se que existam de 4 a 5 mil espécies de plantas comestíveis no todo ou em partes. A biodiversidade no país ainda é pouco explorada e esta característica acentua-se quando se trata do potencial alimentar (TERRA; FERREIRA, 2020).

As PANC são plantas com grande potencial, apresentando vantagem nutricional e econômica para os seus consumidores visto que possuem uma ou mais partes comestíveis, como rizomas, bulbos, folhas, flores, raízes, tubérculos, talos, colmos e sementes, possibilitando muitas vezes o aproveitamento integral do alimento e a diversificação de nutrientes (LIBERATO, LIMA, SILVA, 2019). Algumas PANC possuem compostos farmacologicamente ativos, podendo ser utilizadas como alimentos funcionais/nutracêuticos, apresentando conteúdos significativos de moléculas antioxidantes que reduzem as concentrações de radicais livres no organismo humano, dentre as quais estão catequinas, bioflavonoides, carotenoides, cumarinas, indóis, ácido elágico, fibras, limoneno, isoflavonas, quinonas, lignanas, vitaminas, minerais dentre

outros (SILVA, SILVA, BENEVIDES, 2022). Plantas como a ora-pró-nobis (*Pareeskia aculeata*), taioba (*Xanthosoma taioba*), licuri (*Syagrus coronata* (M) Beccari), guavirova (*Campomanesia xanthocarpa*) e tamarindo (*Tamarindo indica* L.), dentre tantas outras, vêm sendo utilizadas na elaboração de diversos produtos alimentícios, agregando valor nutricional e funcional nestes produtos. Na **tabela 1** observa-se uma variedade de produtos já desenvolvidos com estas PANC.

**Tabela 1: Produtos alimentícios desenvolvidos com a utilização de PANC.**

| Produto              | PANC utilizada        | Referência                          |
|----------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Chocotone            | Sementes de tamarindo | Pessoa et al. (2022)                |
| Bebida láctea        | Tamarindo             | Ladeira et al. (2020)               |
| Pão                  | Licuri                | Gomes, Aplevicz (2020)              |
| Snack extrusado      | Ora-pró-nobis         | Francelin et al. (2021)             |
| Bolo de chocolate    | Ora-pró-nobis         | Almeida, Ramos (2019)               |
| Pão de cebola        | Ora-pró-nobis         | Ramos, Luz, Queiroz (2021)          |
| Biscoito de polvilho | Ora-pró-nobis         | Manetta et al. (2023)               |
| Macarrão             | Ora-pró-nobis         | Zem et al. (2019)                   |
| Palitos integrais    | Taioba                | Beis et al. (2019)                  |
| Pão de forma         | Taioba                | Muricy, Evangeslista-Barreto (2022) |
| Biscoito             | Guavirova             | Moreto et al. (2020)                |

Fonte: Próprio autor (2023)

Ao pesquisar e difundir as PANC busca-se incrementar e diversificar os nutrientes disponíveis no prato dos indivíduos, bem como a utilização e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, visto que, devido à falta de conhecimento, muitas destas plantas são consideradas daninhas e muitas vezes ignoradas como “mato” (LIBERATO, LIMA, SILVA, 2019). Elas podem fazer parte da alimentação infantil nas escolas, nos hospitais e em ambientes institucionais. Mas para isso, é necessário que estejam inseridas na cultura das populações e que possuam incentivo de produção e comercialização. Esses passos só serão possíveis com a difusão do conhecimento científico a respeito destas espécies não somente no âmbito acadêmico, mas para toda a população (KINUPP, HARRI, 2014; LIBERATO, LIMA, SILVA, 2019).

Diversos estudos demonstram que as partes comestíveis dos cactos, principalmente frutas e cladódios, têm potencial para o consumo e aplicação em processos tecnológicos visando a diversidade de produtos como doces, geleias, bebidas e farinhas

(GORDIANO et al., 2022; MARTINS et al., 2022). Dentre as PANC a palma forrageira (*Opuntia ficus-índica* L. Mill) se destaca por possuir cladódios com alto valor nutritivo, com boas concentrações de vitamina A, vitaminas do complexo B, vitamina C, cálcio, magnésio, potássio, sódio e fibras, podendo assim ser inserida no cotidiano das populações, enriquecendo preparações e inovando nos cardápios (GOUWS, et al., 2020).

### 3.2 Palma

A palma forrageira (*Opuntia ficus-índica* L. Mill), conhecida popularmente por jamaracá, palmatória, figo gigante ou jurumbeba (RITA et al., 2021), é uma espécie nativa do México com elevada capacidade de adaptação, o que proporcionou a sua difusão em praticamente todas as áreas áridas e semiáridas do mundo. Pertence à divisão *Embryophita*, subdivisão *Angiospermea*, classe *Dicotyledoneae*, subclasse *Archiclamideae*, ordem *Opuntiales* e família das Cactáceas com cerca de 130 gêneros e 1500 espécies (FROTA et. al., 2015).

No Brasil os gêneros mais comuns são o *Opuntia* e o *Napolea*. Estes cultivares foram introduzidos no país por volta dos anos 1877 com a finalidade de hospedar o inseto cochonilha-de-carmin (*Dactylopius coccus*) utilizado como corante na indústria têxtil (FROTA et al., 2015). Nas primeiras duas décadas do século XX, com o declínio da produção do corante carmin de cochonilha, o cultivo da palma passou a ter o seu potencial de uso na produção de forragem para a atividade pecuária, sendo o seu plantio destinado a esta finalidade desde então (MACÊDO et al., 2020).

O Brasil possui mais de 500 mil hectares de plantações de cactos destinados à forragem para a alimentação animal (FAO, 2017). No país, a região Nordeste possui a maior produção de palma forrageira, sendo os estados de Pernambuco e Alagoas os maiores produtores. Observa-se uma crescente produção nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Bahia (LEITE, LEITE, TORRES, 2018). Apesar da alta produção no país o seu potencial para consumo alimentar ainda é limitado (GONÇALVES et al., 2021).

Os cladódios da palma, considerados adequados para a alimentação humana, devem ser colhidos com 15 a 20 cm de comprimento, serem tenros, túrgidos e de coloração verde brilhante. Os cladódios de palma possuem alto teor de água, um ótimo conteúdo de fibras alimentares, altos teores de ácido ascórbico e vitamina A, bem como um conteúdo expressivo de minerais como o cálcio, cloro e potássio. Conteúdos de

antioxidantes também são significativos, apresentando em sua composição flavonoides como a quercetina e Kaempferol (ALBUQUERQUE, 2017; XAVIER et al., 2021).

Devido a sua composição nutricional, há evidências que o consumo dos cladódios de palma traz diversos benefícios à saúde, como atividade anti-inflamatória (IZUEGBUNA, OTUNOLA, BRANDLEY, 2019), antibacteriana (EL-FEGHALE, IBRAHIM, NAWAS, 2018), anticancerígena (ANTUNES-RICARDO et al., 2019), efeito cardioprotetor (BAKOUR et al., 2017; RESSAISSI et al., 2020) e hipoglicemiante (HEGAZY et al., 2018). As altas concentrações de compostos bioativos também têm chamado atenção, sendo seu uso investigado em doenças relacionadas ao estresse oxidativo (EL-HAWARY et al., 2020).

Na alimentação humana, principalmente no México, o seu uso é mais difundido, os cladódios jovens vêm sendo utilizados em diversas preparações culinárias como sucos, saladas, guisados e doces (MACÊDO et al., 2020). Nos EUA e em alguns países europeus os cladódios são consumidos como alimentos exóticos (ALBUQUERQUE, 2017). A apresentação dos cladódios como farinácea tem ganhado destaque nos últimos anos, principalmente no desenvolvimento de novos produtos (XAVIER et al., 2021). Na África do Sul têm-se investigado a sua utilização em produtos de panificação como bolos e biscoitos devido às suas características nutricionais, e vantagens na substituição parcial ou total da farinha de trigo (DU-TOIT, 2016). Na Espanha e na Itália o consumo dos frutos da palma (pera espinhosa) é bastante difundido (ANDREU-COLL *et. al.*, 2019). A **Tabela 2** demonstra alguns dos produtos já desenvolvidos utilizando a farinha do cladódio de palma.

**Tabela 2: Produtos alimentícios desenvolvidos com farinha de cladódio de palma.**

| <b>Produto</b> | <b>Local do estudo</b> | <b>Referência</b>             |
|----------------|------------------------|-------------------------------|
| Biscoito       | Marrocos               | NABIL et al. (2020)           |
| Snack          | México                 | TREJO et al. (2021)           |
| Pão de forma   | Brasil                 | ALVES, CONSTANT, TELES (2021) |
| Pão            | Itália                 | SCIACCA et al. (2021)         |
| Biscoito       | Tunísia                | MSADDAK et al. (2015)         |
| Cookies        | Cuba                   | URIARTE-FRÍAS et al. (2021)   |
| Bolo           | Tunísia                | AYADI et al. (2009)           |
| Tortilhas      | México                 | RAMÍREZ-MORENO et al. (2015)  |
| Pão de Ló      | Egito                  | EL-SAFY (2013)                |

Fonte: Próprio autor (2023)

No Brasil, o Projeto Palmas para o Semiárido vem contribuindo na difusão de conhecimentos a respeito da produção e potencial agroeconômico da palma forrageira no estado da Paraíba, fornecendo aos produtores locais treinamento na produção agroindustrial, como a produção de cosméticos, iogurtes, vinhos, licores, doces e sucos advindos dessa matriz (ALBUQUERQUE, 2017). No semiárido baiano já há, mesmo que de forma sutil, a comercialização dos frutos e cladódios da palma para a alimentação humana, e, no estado de São Paulo, há a produção e comercialização dos frutos (Figo da Índia) (MACÊDO et al., 2020). A **figura 1** apresenta uma plantação da palma forrageira.

**Figura 1:** Palma forrageira gigante (*Opuntia ficus-indica* L. Mill).



Fonte: SILVA, OLIVEIRA, SOUTO, 2015

Mesmo diante do potencial de uso e versatilidade, os cladódios de palma ainda são pouco explorados no Nordeste brasileiro podendo apresentar-se como uma atividade econômica importante para as comunidades rurais, contribuindo na diversificação de produtos e desenvolvimento sustentável (RITA et al., 2021).

### 3.3 Secagem de alimentos

Alimentos *in natura* como vegetais e frutas geralmente possuem alto teor de água, sendo sensíveis ao calor e propícios a degradação (ZHANG et al., 2015), neste ponto, a desidratação é um dos processos mais comumente utilizados para aumentar a vida útil de produtos agrícolas. Esse processo reduz significativamente a umidade e a atividade de água do alimento que está relacionada com a inibição da degradação microbiana e enzimática (KORESE, ACHAGLINKAME, CHIKPAH, 2021). Outra característica da secagem é a redução de custo no transporte e estocagem, bem como a utilização em diferentes produtos sem as limitações sazonais. Com variada aplicação no setor de alimentos, os produtos finais normalmente são pós, flocos, grânulos, folhas ou partículas de formatos variados (MENON, STOJCESKA, TASSOU, 2020).

Os métodos de secagem comumente utilizados para a obtenção de farinhas e amidos são secagem em forno (calor) e liofilização (BAO, et al., 2021). A indústria alimentícia utiliza mais comumente a secagem com ar quente (convectiva) por ter uma ampla aplicabilidade, baixo custo e oferecer produtos que podem ter uma vida de prateleira prolongada (LIU, et al., 2020).

A secagem convectiva se dá pela evaporação da água do alimento submetido ao ar quente. A água que é evaporada da amostra é dispersada para o ambiente externo a partir da circulação forçada de ar, impedindo assim, o retorno da umidade para a amostra (SANTOS, SOUZA, CASTRO, 2012). A secagem com ar quente pode prejudicar a qualidade nutricional dos produtos obtidos devido ao período prolongado de contato do alimento com o ar e com o calor, podendo resultar em alterações de cor e oxidação de compostos bioativos, impactando nas propriedades funcionais do produto final (KORESE, ACHAGLINKAME, CHIKPAH, 2021; LIU, et al., 2020). Vale salientar que a secagem convectiva é um método excelente de desidratação, visto que possui baixo custo, baixa complexidade e um produto final seco mais uniforme. Considera-se também que fatores como a umidade inicial do alimento e a espessura da camada estão relacionados com a efetividade do processo de secagem convectiva. A temperatura e a velocidade do ar a serem utilizadas para a secagem sofrerão variações a depender do insumo que se almeja desidratar, visto que, cada matéria-prima biológica comporta-se de forma diferente pois possuem características distintas, cabendo ajustes no processo para que se obtenha produtos com qualidade sensorial e nutricional de excelência (KORESE, ACHAGLINKAME, CHIKPAH, 2021).

A liofilização baseia-se em desidratação em condições de pressão e temperatura, onde a água do produto previamente congelado passa do estado sólido para o estado de vapor por um processo chamado sublimação. Como são utilizadas baixas temperaturas e é realizado na ausência do contato com o ar atmosférico, ocorrem menores perdas nutricionais e organolépticas no produto final (SATOS, SOUZA, CASTRO, 2012; GUIMARÃES, et al., 2020). A liofilização é um método preferível para secagem de alimentos que contenham compostos termicamente sensíveis e propensos a oxidação, pelo fato de operar em baixas temperaturas e a vácuo. Apesar do alto custo e longo tempo de secagem, a liofilização é amplamente utilizada para produzir alimentos de alto valor nutricional, devido a retenção de nutrientes quando comparado a outros métodos de secagem (BHATTA, JANEZICC, RATTI, 2020), e também propicia melhores propriedades de reidratação e dissolução (LIU, 2020). É um método com ampla aplicação, já tendo sido utilizado na desidratação de abóbora (CIURZYŃSKA, LENART, GRĘDA, 2014), café (FISSORI, PISANO, BARRESI, 2014), morangos (SHISHEHGARHA, MAKHLOUF, RATTI, 2002) tomate e gengibre (GÜMÜŞAY et al., 2015), dentre outros.

O desempenho do processo de liofilização é altamente dependente das escolhas e condições operacionais, havendo uma necessidade de estudo prévio dos efeitos do tempo do processamento na qualidade do produto final. Assim como na desidratação convectiva, o binômio tempo/temperatura devem ser ajustados para cada tipo de matriz alimentar (VIEIRA, NICOLETI, TELIS, 2012).

### **3.4 Farinhas**

A ANVISA caracteriza as farinhas como produtos obtidos de partes comestíveis de rizomas, cereais, frutos, leguminosas, sementes e tubérculos (BRASIL, 2022), devendo ser obtidas de matéria-prima limpa e livre de matérias terrosas e parasitas, não podendo apresentar-se úmidas ou rançosas. Para a obtenção de farinhas utiliza-se basicamente dois processos, a secagem e a moagem que fornecem ao produto final características próprias. Podem ainda ser farinhas simples (oriundas de apenas uma matéria-prima) ou mistas (com duas ou mais matérias-primas) (BRASIL, 1998).

Um dos principais pontos em relação a conservação destas farinhas é o controle de umidade, não podendo ultrapassar 15%, visto que uma umidade elevada está intrinsecamente atrelada a deterioração do alimento, outro ponto observado é que uma umidade de 14% relaciona-se com maior capacidade higroscópica do produto,

favorecendo a formação de grumos o que pode descaracterizar a farinha. Assim, uma umidade abaixo de 13% é ideal neste tipo de produto (BRASIL, 1996).

Na indústria de alimentos as farinhas participam de vários processos, desde matéria principal até mesmo produto final na mesa do consumidor. Atualmente têm-se observado uma tendência à substituição de farinhas convencionais, como a de trigo, por farinhas diversas, utilizando resíduos agroindustriais, plantas nativas, raízes e cactos (MARTINS, et al., 2022; NUNES et al., 2022), visto que o número de consumidores que buscam opções mais saudáveis, com alimentos enriquecidos em fibras e outros nutrientes, tem crescido nos últimos anos (SANTOS et al., 2017). Além disso, indivíduos que possuem doença celíaca ou alguma intolerância ao glúten buscam constantemente opções de alimentos que substituam o trigo, o centeio, a cevada, o malte e a aveia, visto que o consumo desses alimentos desencadeia reações adversas em seus organismos. Assim, o mercado consumidor de produtos advindos de farináceas alternativas ao trigo tem crescido exponencialmente (FERREIRA et al., 2009).

Nesta perspectiva uma das formas de inserção da palma forrageira na indústria alimentícia é pelo seu uso em forma de farinha, podendo enriquecer preparações, apresentar-se como alternativa sem glúten, propiciar baixo custo, alta produtividade e ainda favorecer a atividade agrícola em regiões áridas e semiáridas (ALVES, CONSTANT, TELES, 2021; CHAHDOURA, et al., 2018; EL-ANANY, et al., 2020).

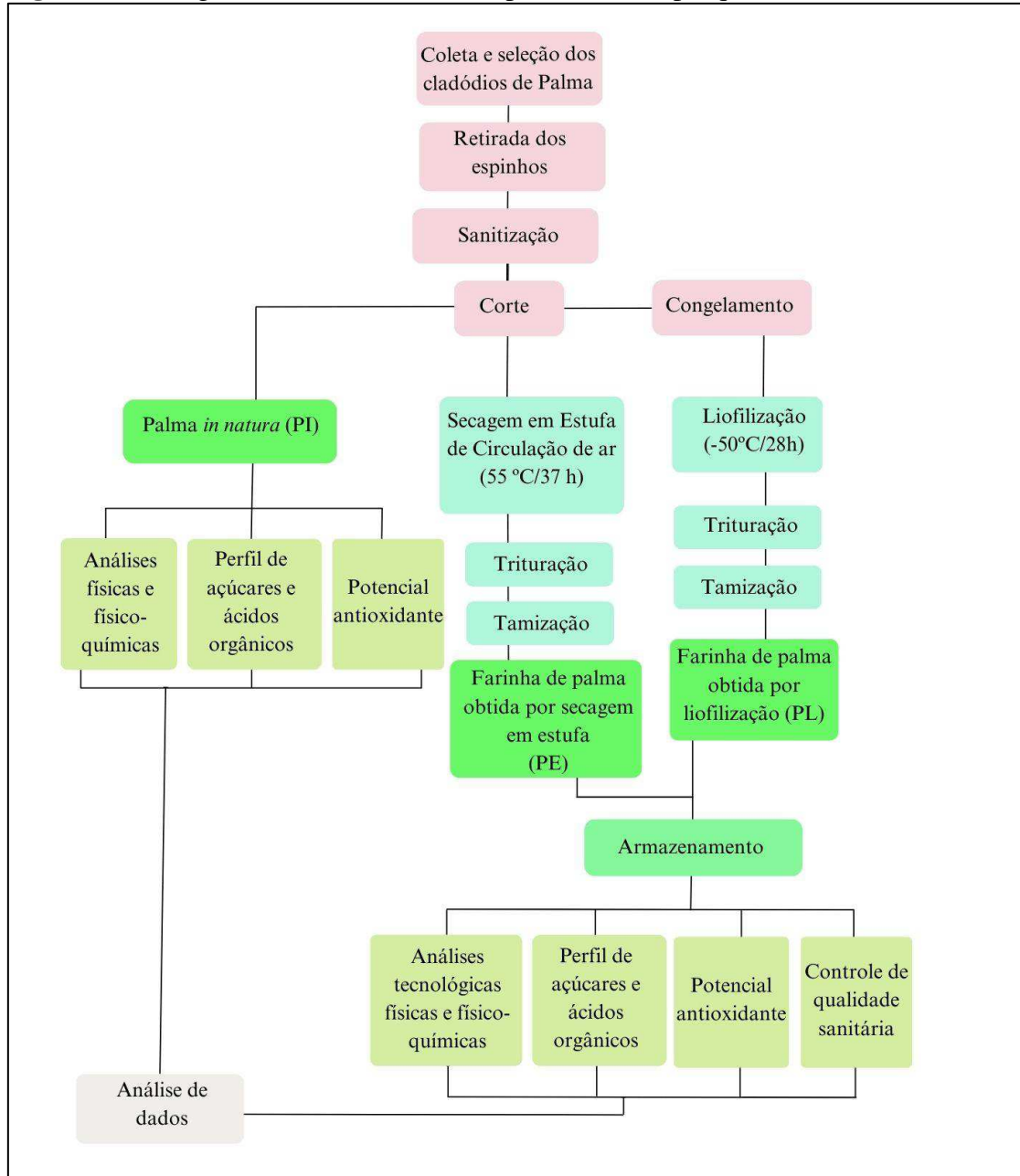
A palma é uma planta que tem potencial agroindustrial em quase que totalidade, sendo o seu uso como farinha já relatados na literatura em diversos tipos de produtos como biscoitos feitos a partir da farinha da casca do fruto (EL-SHAHAT et al., 2019; MAHLOKO et al., 2019), pães oriundos da farinha da semente do fruto (EL-ANANY et al., 2020) e o uso da farinha dos cladódios em diferentes em biscoitos (NABIL, et al., 2020), snacks (TREJO, et al., 2021) e pães (ALVES, CONSTANT, TELES, 2021; SCIACCA, et al., 2021). Vale salientar que os métodos de secagem empregados, bem como as temperaturas utilizadas irão influenciar diretamente no teor final de nutrientes das farinhas obtidas e de seus respectivos produtos (GUIMARÃES, et al., 2020).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Delineamento experimental

A Figura 2 apresenta o delineamento experimental da pesquisa.

**Figura 2:** Fluxograma do delineamento experimental da pesquisa.



Fonte: Próprio Autor (2023)

### 4.2 Matérias-primas e local do estudo

Os cladódios de palma foram obtidos no Sítio Chã do Cajueiro (6°24'54.2"S 36°12'43.5"W), na zona rural do município de Jaçanã, estado do Rio Grande do Norte, Brasil, no mês de junho de 2022, em três dias não consecutivos. O material genético foi

cadastrado no SISGEN sob o registro A94A268. Foram selecionados 3 kg cladódios jovens com cerca de 30 a 50 dias após o brotamento, medindo de 10 a 20 cm de comprimento e que apresentavam boa integridade física.

As análises tecnológicas, físicas, físico-químicas, determinação de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante foram realizadas no Laboratório de Bromatologia dos Alimentos do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande (LABROM/CES/UFCG). A farinha do cladódio de palma obtida por secagem em estufa de circulação de ar foi elaborada no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA/CES/UFCG), a farinha do cladódio de palma obtida por liofilização foi elaborada no Laboratório de Bromatologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba (LABROM/UFPB). A ressonância magnética nuclear (RMN) foi realizada no Instituto de Pesquisa em Fármacos e Medicamentos - IPeFarM (UFPB), as análises de morfologia e de minerais foram realizadas no Instituto Nacional de Tecnologia em União e Revestimento de Materiais da Universidade Federal do Pernambuco (INTM/UFPE) e as análises microbiológicas (controle de qualidade e viabilidade) foram executadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos (LABMA/CES/UFCG).

A execução da determinação dos açúcares, ácidos orgânicos e perfil fenólicos ocorreu no Laboratório Experimental de Alimentos (LEA) do Departamento de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF Sertão-PE), Petrolina – PE. As análises de quantificação de fibras foram realizadas no Laboratório de Alimentos da União das Instituições do Estado de São Paulo (UNIESP) do Centro Universitário (João Pessoa/PB).

#### **4.3 Caracterização física e físico-química do cladódio *in natura***

Os cladódios de palma *in natura* foram avaliados quanto às características físicas e físico-químicas: atividade de água a 25 °C, por leitura em equipamento Aqualab (Meter®, AquaLab Series 4TEV, São José dos Campos, São Paulo, Brasil); potencial hidrogeniônico (pH) por meio da utilização de pHmetro digital (GEHAKA, modelo PG1800, São Paulo - SP, Brasil), calibrado previamente utilizando soluções tamponantes de pH 4,0 e 7,0, com a imersão do eletrodo em uma solução aquosa após agitação; umidade avaliada por secagem em estufa (Med Clave, modelo 4) a 105 °C até obtenção de massa constante; teor de cinzas (resíduo mineral fixo – RMF) foi quantificado por

carbonização seguida de incineração em forno mufla (modelo 0612, Jung®, Blumenau - SP, Brasil) a 550 °C; proteína foi quantificada por Micro-Kjeldahl, todos segundo metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 2019). O teor de gordura deu-se pelo método Folch, Less e Sloane-Stanley (1957). Para a aferição de fibras totais, solúveis e insolúveis foi utilizado o método enzimático-gravimétrico (HORWITZ et al., 2005; PROSKY et al., 1995). Para a avaliação da acidez utilizou-se o método de acidez titulável por volumetria potenciométrica do Instituto Adolf Lutz (2008). Para a avaliação da cor, foi utilizada a metodologia descrita por Nascimento (2017) com adaptações, utilizando colorímetro (Konica Minolta®, CR 400, Osaka, Japan) no sistema CIELAB (CIE, 1996), seguindo as coordenadas (L\*, a\*, b\*), onde o L\* relaciona-se com a luminosidade, variando entre o preto (0) e o branco (100), o a\* representa as variações da cor do verde (-a) ao vermelho (+a), já a coordenada b\* simboliza a oscilação da cor azul (-b) ao amarelo (+b). Para a determinação do conteúdo de ácido ascórbico utilizou-se o método de Tillmans descrito pela AOAC (2019).

#### **4.4 Elaboração das farinhas dos cladódios de palma**

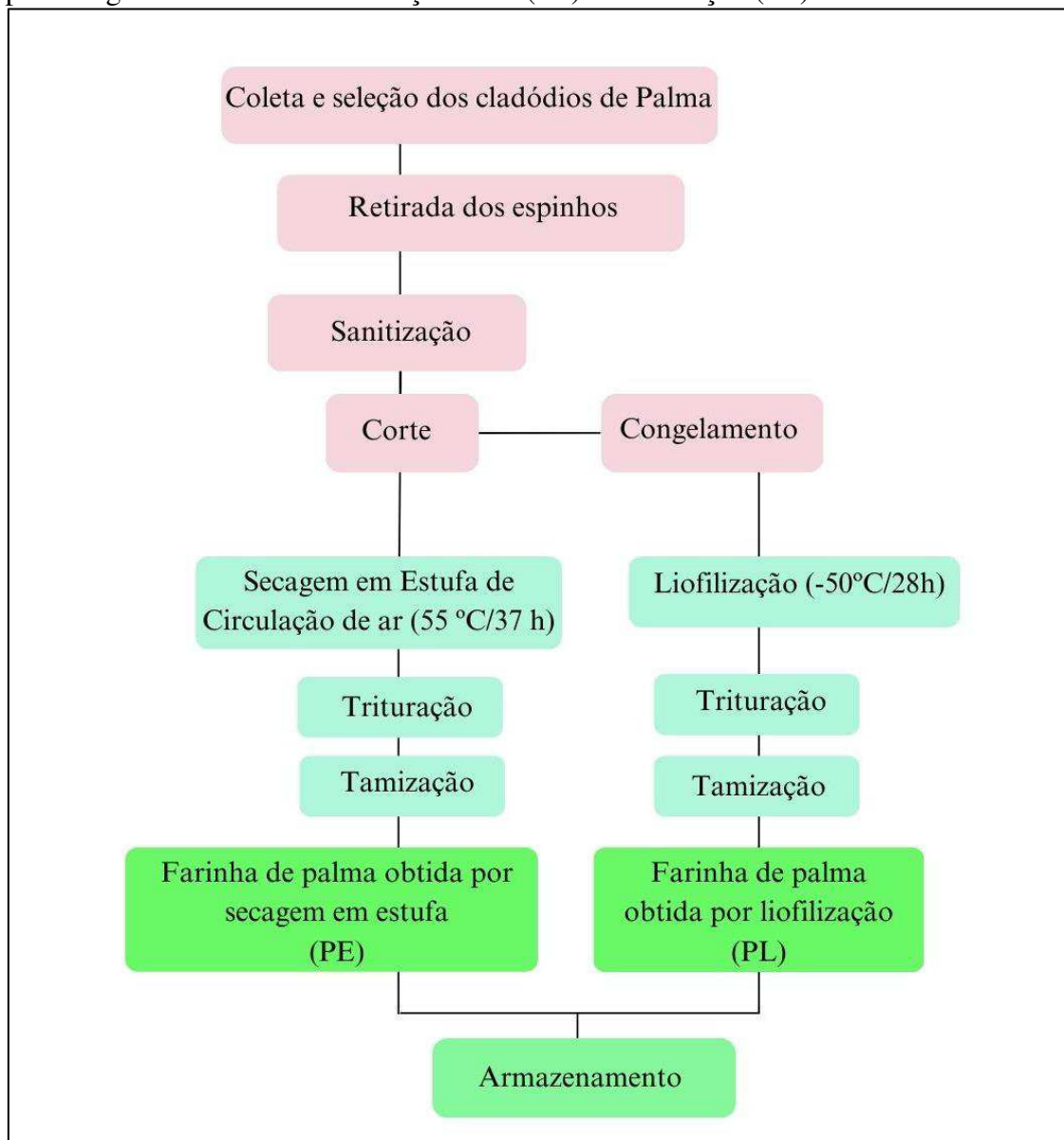
Após a coleta, com o auxílio de faca de aço inoxidável foram retirados os espinhos e posteriormente os cladódios foram submetidos a sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm. por quinze minutos e enxaguados em água corrente (XAVIER et al., 2021). Posteriormente foram cortados com faca de aço inoxidável em espessura de aproximadamente 1cm, armazenados em sacos plásticos e em seguida congelados (-20 °C).

Para a elaboração da farinha do cladódio de palma em estufa (PE) foi utilizado a metodologia descrita por Suarez et al. (2021) com adaptações, onde os cladódios foram dispostos em bandejas de aço inoxidável e colocados em uma estufa de secagem com circulação forçada de ar (Quimis, Q314M, Diadema, São Paulo, Brasil) a  $55 \pm 1^\circ\text{C}$  por um período de 37 h. Para a obtenção da farinha liofilizada do cladódio de palma (PL) utilizou-se a metodologia descrita por Bochnak-Niedźwiecka (2022) com adaptações, os cladódios já higienizados, cortados e congelados foram liofilizados em temperatura de  $-50 \pm 2^\circ\text{C}$  e pressão de vácuo 76 µHg utilizando velocidade estimada de 1 mm/h por 28 h em liofilizador (Liotop, São Paulo, Brasil).

Após as secagens, as amostras foram trituradas em um moinho de facas (Willey, Solab®, Piracicaba, São Paulo) e as farinhas foram tamizadas em peneira com malha de

230 mesh em um agitador de peneiras (Bertel®, Caieiras, São Paulo). As farinhas foram armazenadas a vácuo em sacos de polipropileno (15 x 25 cm, Cetro) e envoltas com papel alumínio, para proteção da luz, até o momento das análises. A **Figura 3** apresenta o fluxograma de produção das farinhas de palma.

**Figura 3** – Fluxograma de produção das farinhas de palma *Opuntia ficus-indica* obtidas por secagem em estufa de circulação de ar (PE) e liofilização (PL).



Fonte: Próprio Autor (2023)

A **Figura 4** apresenta pictoricamente as duas farinhas obtidas.

**Figura 4:** Farinha da palma obtida por secagem em estufa (PE) e farinha de palma obtida por liofilização (PL).



Fonte: Próprio Autor (2022).

#### **4.5 Controle de qualidade das farinhas do cladódio de palma**

Para a avaliação microbiológica das farinhas, foram utilizados os métodos descritos pela American Public Health Association (APHA, 2015), onde uma porção de 25 g de farinha foi homogeneizada em 225 g de solução salina estéril, seguida por diluições seriadas e submetidas às análises de coliformes totais e termotolerantes, *Staphylococcus* coagulase positiva, *Salmonella* spp. e bolores e leveduras.

A mensuração de coliformes totais foi realizada pela determinação do número mais provável (NMP) de coliformes em Caldo *E. coli* (EC), o período de incubação foi de  $24 \pm 2$  h, para os coliformes totais utilizou-se a temperatura de  $35 \pm 0,5$  °C, enquanto para os coliformes termotolerantes a temperatura utilizada foi  $45,5 \pm 0,2$  °C.

Para a avaliação de *Staphylococcus* coagulase positiva foram transferidas, por semeadura de superfície, alíquotas de 0,1 mL da diluição seriada em placas de Petri

contendo ágar manitol, que foram incubadas por período de 48 h a uma temperatura de  $36 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Para a avaliação de *Salmonella spp.*, foi adicionada em solução salina peptonada 25 g da amostra, posteriormente incubada a  $35^\circ\text{C}$  por 24 h. Após a incubação inicial a mesma foi transferida para placa de Petri e reincubada por mais 24 h a  $35^\circ\text{C}$  para posterior avaliação de presença/ausência.

Para a análise de bolores e leveduras utilizou-se o método de contagem padrão em placas, determinando-se o número de unidades formadoras de colônia (UFC). Foi realizado o plaqueamento em superfície utilizando o meio de cultura Ágar batata previamente acidificado com ácido tartárico. O período de incubação foi de 72 h em temperatura ambiente.

#### **4.6 Caracterização tecnológica, física e físico-química das farinhas do cladódio de palma**

A morfologia das farinhas foi avaliada seguindo a metodologia descrita por Brito et al. (2020). Em que, uma camada nanométrica (40–50 nm) de ouro foi depositada sobre a amostra, utilizando um metalizador (Quorum SC7620, Madri, Espanha) (20–1000  $\mu\text{m}$ ). Para a obtenção das imagens foram utilizadas diferentes ampliações (100x-4000x) obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) (TESCAN MIRA3, Brno, República Tcheca). Os tamanhos das partículas também foram aferidos.

Para a avaliação dos microelementos das farinhas, utilizou-se a metodologia descrita por Etienne et al. (2017), com adaptações. O espectrômetro de energia dispersiva (EDS) (Oxford, Londres, Inglaterra) acoplado a um microscópio eletrônico de varredura (MEV) (TESCAN MIRA3, Brno, República Tcheca) foi operado a pressões de alto vácuo. As condições operacionais utilizadas para a análise de EDS foram: Zoom (1000x), distância de trabalho (15 mm) e tensão de aceleração (15 Kv). A composição foi avaliada, e posteriormente os dados transferidos para os softwares MS Word e Excel, sendo estes expressos em percentual (%).

Os parâmetros físicos e físico-químicos foram determinados conforme metodologia já descrita no item 4.2.

#### **4.6 Perfil de açúcares e ácidos orgânicos do cladódio de palma *in natura* e das farinhas**

Para a avaliação do conteúdo de açúcares (glicose, frutose, maltose e ramnose) e de ácidos orgânicos (cítrico, láctico, málico, succínico, fórmico, acético, butírico e propiônico), foi preparado inicialmente o extrato aquoso da palma *in natura* e das farinhas de cladódio de palma. Para isto, 2 g das amostras foram homogeneizados em 10 mL de água ultrapurificada (Sistema de Purificação de Água Integral Milli-Q®, EMD Millipore, Billerica, MA, EUA) por 10 min em triturador/homogeneizador Turratrec (TE-102 - Tecnal®, Piracicaba, São Paulo, Brasil). A suspensão formada foi centrifugada (4000 x g, 15 min, 4 °C) e o sobrenadante filtrado em um filtro de 0,45 µm (Millex Millipore, Barueri, SP, Brasil). Em seguida, foi realizada uma injeção do extrato em sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com um sistema LC 1260 Infinity (Agilent Technologies, Santa Clara, Califórnia, EUA) equipado com uma bomba de solvente quaternário (modelo G1311C), desgaseificador, compartimento de coluna termostato (modelo G1316A) e amostrador automático (modelo G1329B) acoplado a um detector de matriz de diodo (DAD) (modelo G1315D) e detector de índice de refração (RID) (modelo G1362A). Durante a análise, a coluna Agilent Hi-Plex H (300 x 7,7 mm) com tamanho de partícula de 8,0 µm e coluna de guarda PL Hi-Plex H (5 x 3 mm) (Agilent Technologies) foram mantidas a 50 °C, o volume de injeção foi de 10 µL com vazão de 0,5 mL/min, fase móvel H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 4,0 mM em água ultrapura e corrida de 20 min. Os dados obtidos foram processados usando OpenLAB CDS ChemStation Edition™ (Agilent Technologies). Os picos e as áreas médias de pico foram utilizados para quantificação de amostras de CLAE comparando seus tempos de retenção com os padrões de ácidos orgânicos e açúcares (BATISTA et al., 2018; COELHO et al., 2018; LIMA et al., 2019; PADILHA et al., 2017). Os resultados de açúcares e ácidos orgânicos foram expressos como g por 100 g de amostra (g/100 g).

#### **4.7 Potencial antioxidante do cladódio de palma *in natura* e das farinhas**

Para a avaliação do potencial antioxidante foram realizados os ensaios de determinação dos compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante. Para tanto, foi realizada a obtenção dos extratos segundo a metodologia de Monteiro et al. (2020) com adaptações, onde em tubo Falcon foi pesada 1 g da amostra e acrescido 10 mL de metanol a 80%. Os tubos foram cobertos com papel alumínio e passaram por um processo de maceração durante 24 h em temperatura de 23±0,5°C. Em seguida os extratos foram filtrados em papel filtro qualitativo com diâmetro de 125 mm (Whatman®, GE

Healthcare, Chicago, IL, USA) e armazenados em frascos âmbar ( $-18 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ) até o momento da análise.

Para determinação do teor de compostos fenólicos totais utilizou-se a metodologia descrita por Liu et al. (2002), com adaptações. Onde, 250  $\mu\text{L}$  do extrato foi misturado em tubo de ensaio com 1250  $\mu\text{L}$  do reagente Folin-Ciocalteu a 10%. As soluções foram agitadas por 30 s em Vortex (Logen Scientific, modelo LSM56-II-VM, Fortaleza, Ceará, Brasil) e armazenadas em temperatura ambiente ( $23 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ) na ausência da luz por 6 min. Após, foram adicionados 1000  $\mu\text{L}$  da solução de carbonato de sódio a 7,5%. A mistura foi levada ao banho maria (Novatecnica®, modelo NT232, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a uma temperatura de  $50 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , durante 5 min. Em seguida, a absorbância foi verificada a 765 nm utilizando espectrofotômetro (BEL Photonics®, Piracicaba, São Paulo, Brasil). Também foi realizado um teste branco com a ausência dos extratos para zerar o espectrofotômetro. O conteúdo de compostos fenólicos totais das amostras foi determinado utilizando uma curva padrão preparada com ácido gálico (Sigma-Aldrich, St. Louis, MA, USA). Os resultados foram expressos como miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por cem grama de amostra (mg EAG/100 g).

Para a avaliação de flavonoides totais foi utilizado o método proposto por Zhishen, Mengcheng e Jianming (1999), onde uma alíquota de 0,5 mL do extrato foi adicionada à 2 mL de água destilada em um tubo de ensaio. Em seguida, acrescentou-se 150  $\mu\text{L}$  de nitrito de sódio a 5%. Após 5 min, 150  $\mu\text{L}$  de cloreto de alumínio a 10% foi adicionado e, após 6 min, 1 mL de hidróxido de sódio a 1 M, seguido pela adição de 1,2 mL de água destilada. A absorbância da amostra foi medida a 510 nm usando um espectrofotômetro (BEL Photonics®) contra um branco na ausência dos extratos. O teor de flavonoides totais do extrato foi determinado usando uma curva padrão de equivalente de catequina (EC) (Sigma-Aldrich). Os resultados foram expressos como equivalentes de catequina (EC) por 100 g de amostra (mg CE/100 g).

Para a avaliação da atividade antioxidante do cladódio e da farinha de cladódio de palma foram utilizados dois métodos distintos: FRAP (Ferric reducing ability of plasma) e ABTS (2,2-azino-bis (3-etilbenzo-tiazoline-6-sulfonic acid), cujas metodologias estão descritas a seguir.

Para determinação da atividade antioxidante por meio da redução do ferro (FRAP) utilizou-se a metodologia descrita por Benzie e Strain (1996), adaptada por Pulido et al. (2000). O reagente FRAP foi preparado no momento da análise, através da mistura de 11 mL de solução tampão acetato de sódio anidro a 0,3 M (pH 3,6), 1,1 mL de solução TPTZ

(2,4,6-tris (2-pyridyl-s-triazine) a 10 mM/L em uma solução de HCl a 40 mM e cloreto férrico (FeCl<sub>3</sub>) a 20 mM. Para a análise, uma alíquota de 200 µL do extrato da amostra foi adicionado a 1800 µL do reagente FRAP em um tubo de ensaio e levados ao banho maria (Novatecnica<sup>®</sup>) a 37 ±1 °C por 30 min. A absorbância foi medida a 593 nm em espectrofotômetro (BEL Photonics<sup>®</sup>). A curva padrão foi realizada com Trolox 1 mM) e os resultados foram expressos em micromoles de capacidade antioxidante equivalente de Trolox (CAET) por 100 grama de amostra (µmol TEAC/100g).

O método ABTS foi realizado de acordo com a metodologia de Ksurveswaran et al. (2007), com algumas modificações. Inicialmente, formou-se o radical ABTS<sup>•+</sup> a partir da reação de 5 mL de solução de ABTS<sup>•+</sup> (2,2-azino-bis (3-etilbenzo-tiazoline) -6-sulfonic acid) a 7 mM com 88 µL de solução de persulfato de potássio 140 mM (concentração final de 2,45 mM), que foram incubados em temperatura de 25 °C, na ausência de luz, durante 12-16 h. Uma vez formado o radical, o mesmo foi diluído em água destilada até obter o valor de absorbância de 0,800 (± 0,020) a 734 nm. A partir do extrato foram preparadas quatro diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro foi transferido para um tubo de ensaio uma alíquota de 100 µL das diluições do extrato e adicionado 500 µL do radical ABTS<sup>•+</sup>. Após, os tubos de ensaio foram mantidos em repouso na ausência de luz por 6 min. Em seguida, realizou-se a leitura da absorbância a 734 nm em espectrofotômetro (BEL Photonics<sup>®</sup>). Também foi elaborada uma solução “controle” que consistiu em uma alíquota de 100 µL do solvente extrator do extrato adicionada de 500 µL do radical ABTS<sup>•+</sup>. A solução “branco” foi o solvente extrator de cada extrato, utilizada para zerar o espectrofotômetro. Os resultados foram expressos em micromoles de capacidade antioxidante equivalente de Trolox (TEAC) por grama de amostra (µmol TEAC/g).

Os componentes da matriz foram identificados por meio da utilização do método de ressonância magnética nuclear (RMN) seguindo metodologia descrita por Santos (2022) com uso de espectrômetro Avance III HD (Bruker), onde as amostras foram empacotadas em rotor de zircônia de 4 mm e rotacionadas a 10 kHz, sendo os açúcares solúveis das amostras removidos para evitar interferências por meio de lavagens com água e centrifugações das farinhas (13.304 g, 10 min; HETTICH, modelo Rotina 380R).

#### **4.8 Análise de dados**

Todos os ensaios foram realizados em triplicata. Os resultados foram expressos em média e  $\pm$  desvio padrão. Os dados foram avaliados por análise de variância (ANOVA), sendo utilizado o teste de Tukey com nível de variância de 5% e de significância ( $p \leq 0,05$ ). Para realização das análises estatísticas foi utilizado o software computacional GraphPad Prism 6.0 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA).

## 5. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. G. **Caracterização e utilização de farinhas obtidas de cladódios de palma (*Opuntia ficus-indica*) pré-tratados com ultrassom para produção de biscoitos.** 2017. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2017.
- ALVES, S. A.; CONSTANT, P. B. L.; TELES, A R. S. Avaliação físico-química e sensorial de pão de forma elaborado com farinha de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. 01-09, 2021.
- ALMEIDA, M. E. F.; RAMOS, J. A. S. C. Farinha de ora-pro-nóbis como ingrediente no preparo de bolo de chocolate. **Revista Agrotecnologia**, v. 10, n. 2, p. 57-69, 2019.
- ANDREU-COLL, L.; CANO-LAMADRID, M; SENDRA, E.; CARBONELL-BARRACHINA, A.; LEGUA, P.; HERNÁNDEZ, F. Fatty acid profile of fruits (pulp and peel) and cladodes (young and old) of prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] from six Spanish cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 84, p. 103294, 2019.
- ANTUNES-RICARDO, M., HERNÁNDEZ-REYES, A., USCANGA-PALOMEQUE, A. C., RODRÍGUEZ-PADILLA, C., MARTÍNEZ-TORRES, A., GUTIÉRREZ-URIBE, A. Isorhamnetin glycoside isolated from *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill induces apoptosis in human colon cancer cells through mitochondrial damage. **Chemico-Biological Interactions**, v.. 310, p. 1-8, 2019.
- AOAC. **Official methods of analysis. 21st Edn. Arlington: AOAC International.** ISBN: 978-0935584899. 2019.
- APHA. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 5th.ed. Washington: **Armer Public Health assn**, p.995. 2015.
- AYADI, M. A.; ABDELMAKSoud, W.; ENNOURI, M.; ATTIA, H. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. **Industrial Crops and Products**. V. 30, p. 40-47, 2009.
- BAKOUR, M., AL-WAILI, N., EL-HASKOURY, R., EL-MENYIY, N., AL-WAILI, T., AL-WAILI, A., LYOUSSEI, B. Comparison of hypotensive, diuretic and renal effects between cladodes of *Opuntia ficus-indica* and furosemide. **Asian Pacific journal of tropical medicine**. V. 10, n. 9, p. 900-906, 2017.
- BAO, H., ZHOU, J., YU, J., WANG, s. Effect of Drying Methods on Properties of Potato Flour and Noodles Made with Potato Flour. **Foods**. V. 10, n. 1115, 2021.
- BATISTA, K. S.; ALVES, A. F.; LIMA, M. D. S.; SILVA, L. A.; LINS, P. P.; GOMES, J. A. S.; SILVA, A. S.; TOSCANO, L. T.; MEIRELES, B. R. L. A.; CORDEIRO, A. M. T. M.; CONCEIÇÃO, M. L.; SOUZA, E. L.; AQUINO, J. S. Beneficial effects of consumption of acerola, cashew or guava processing by-products on intestinal health and lipid metabolism in dyslipidaemic female Wistar rats. **British Journal of Nutrition**, v. 119, n. ?, p. 30–41, 2018.

- BEIS, A. T.; ROCHA, A. V.; VIEIRA, A. C. C.; LEMOS, E. F. O.; CAMPOS, F. P.; PADILHA, J. S.; LOPES, T. I.; BERNARDI, D. M. Palitos integrais com farinha de taioba e espinafre. **Fag Journal of Health**. Edição especial. P. 10-11, 2019.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. **Anal Biochem**, v. 239, p. 70-76, 1996.
- BHATTA, S., JANEZIC, T. S., RATTI, C. Freeze-Drying of Plant-Based Foods. **Foods**. V. 9, n. 87, 2020.
- BOCHNAK-NIEDŹWIECKA, J., SZYMANOWSKA, U., KAPUSTA, I., ŚWIECA, M. Antioxidant Content and Antioxidant Capacity of the Protein-Rich Powdered Beverages Enriched with Flax Seeds Gum. **Antioxidants**, v. 11, n. 3, p. 582, 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2022). Resolução – **RDC Nº. 711**, de 1º de julho de 2022. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Portaria Nº 27 de 13 de janeiro de 1998. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar (conteúdo de nutrientes). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 de janeiro de 1998.
- BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução Nº 354 de 18 de julho de 1996. Norma técnica referente à farinha de trigo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1 de julho de 1996.
- BRITO, T. B. N.; PEREIRA, A. P. A.; PASTORE, G. M.; MOREIRA, R. F. A.; FERREIRA, M. S. L.; FAI, A. E. C. Chemical composition and physicochemical characterization for cabbage and pineapple by-products flour valorization. **LWT - Food Science and Technology**, v. 124, p. 109028, 2020.
- CHAHDOURA, H.; CHAOUCH, M. A.; CHOUCHE, W.; CHAHED, A.; ACHOUR, S.; ADOUNI, K.; MOSBAH, H.; MAJDOUB, H.; FLAMINI, G.; ACHOUR, L. Incorporation of *Opuntia macrorhiza Engelm.* in cake-making: Physical and sensory characteristics. **LWT Food Science and Technology**. V. 90, p. 15–21, 2018.
- CIURZYNSKA, A., LENART, A. G. R., EDA, K. J. Effect of pre-treatment conditions on content and activity of water and colour of freeze-dried pumpkin. **LWT Food Science and Technology**. V. 59, p. 1075-1081, 2014.
- COELHO, E. M.; PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SÁ, A. G. B.; PEREIRA, G. E.; AZEVÊDO, L. C.; LIMA, M. S. Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and characterization of products from northeast Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 160-167, 2018.
- DIEZ, L. B., ZAMORA, C. M. P., MICHALUK, A. G., NUÑEZ, M. B., TORRES, C. A., GONZALEZ, A. M. Mucílago de *Opuntia ficus indica* como potencial excipiente natural de productos cosméticos. **Naturalia Patagónica**. V. 16, p. 143-157, 2020.

DU TOIT M, A. **Selection, extraction, characterization and application of mucilage from cactus pear (*Opuntia ficus-indica* and *Opuntia robusta*)**. 2016. Philosophiae Doctor. Department of Consumer Science, Faculty of Natural and Agricultural Sciences at the University of the Free State, Bloemfontein, South Africa, 2016.

EL- HAWARY, S. S., SOBEH, M., BADR, W. K., ABDELFAHATTAH, M. A. O., ALI, Z. Y., EL-TANTAWY, M. E., RABEH, M. A., WINK, M. HPLC-PDA-MS/MS profiling of secondary metabolites from *Opuntia ficus-indica* cladode, peel and fruit pulp extracts and their antioxidant, neuroprotective effect in rats with aluminum chloride induced neurotoxicity. **Saudi Journal of Biological Sciences**. V. 27, p. 2829-2838, 2020.

EL-ANANY, A.; ALI, R. F.; MOUSA, H.; HAMAD, E. Nutritional and sensory characteristics of bread enriched with roasted prickly pears (*Opuntia ficus-indica*) seed flour. **Food & Function**, 2020.

EL-FEGHALE, P A. J., IBRAHIM, R., NAWAS, T. Antibacterial activity of *Curcuma longa*, *Opuntia ficus-indica* and *Linum usitatissimum*. **MOJ Toxicol**. V. 4, n. 3, p.214–220, 2018

EL-SAFY, S. Evaluation and utilization of cladodes flour in formulating functional sponge cake. **World Appl. Sci. J**. v. 27, N. 4, P. 512-523, 2013.

EL-SHAHAT, M. S.; RABIE, M. A.; RGAB, M.; SILIHA, H.I. Changes on physicochemical and rheological Properties of biscuits substituted with the peel and alcohol insoluble solids (AIS) from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). **J. Food Sci Technol**, v. 56, p. 3635-3645, 2019.

ETIENNE, D. T.; ROMUALD, M. M.; YSIDOR, K. N. G.; DAOUDA, S.; ADAMA, C.; MARIUS, B. G. H. Nutritive Contents of Cakes Enriched with Almonds Powder of *Terminalia catappa* of Côte d'Ivoire. **Asian Research Journal of Agriculture**, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2017.

FAO. **It's time to put cactus on the menu**, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/pt/item/1068756/icode/> . Acesso em: 20 fev. 2023.

FERREIRA, P. S. **Elaboração de Snacks com cladódios de facheiro (*Pilosocereus pachycladus*) e palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

FERREIRA, S. M. R.; LUPARELLI, P. C.; SCHIEFERDECKER, M. E. M.; VILELA, R. M. Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición** v. 59, n. 4, 2009.

FISSORE, D., PISANO, R., BARRESI, A. Applying quality-by-design to develop a coffee freeze-drying process. **J. Food Eng**. V. 123, p. 179–187, 2014.

FOLCH, J.; LESS, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1957.

- FONSECA, C., LOVATTO, P., SCHIEDECK, G., HELLWIG, L., GUEDES, A. F. A importância das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCS) para a sustentabilidade dos sistemas de produção de base ecológica. **Cadernos de Agroecologia**, Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, Nº 1, 2018.
- FRANCECLIN, M. F.; MACHADO, L. M.; SILVA, D. M. B.; ALVES, E. S.; PERALTA, R. M.; COSTA, S. C.; MOTEIRO, A. R. G. Desenvolvimento e caracterização de snack de milho extrusado com adição de farinha de Ora-pro-nóbis. **Research, Society and Development**. V. 10, n. 3, p. e2910312850, 2021.
- FROTA, M. N. L., CARNEIRO, M. S. S., CARVALHO, G. M. C., NETO, R. B. A. **Palma forrageira na alimentação animal**. Embrapa Meio-Norte, 2015.
- GOMES, M. J.; APLEVICZ, K. S. Development and Sensory Analysis of Breads Made with Licuri Flour (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari). **Journal of Culinary Science & Technology**. V. 19, n. 6, p. 555-566, 2020.
- GONÇALVES, J. L. C., SANTOS, J. F., CARNELOSSI, M. A. G., MOREIRA, J. J. S. Potencialidades das cactáceas brasileiras na tecnologia de alimentos: uma revisão integrativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas**. V. 2, cap. 45, p. 620-638, 2021.
- GORDIANO, I., BEZERRA, P. Q. M., PINTO, L. C., MATOS, M. F. R. Potencial das cactáceas brasileiras na gastronomia: uma revisão. **Research, Society and Development**. v. 11, n. 7, e7611729617, 2022.
- GOUWS, C.; MORTAZAVI, R.; MELLOR, D.; MCKUNE, A.; NAUMOVSKI, N. The effects of Prickly Pear fruit and cladode (*Opuntia spp.*) consumption on blood lipids: A systematic review. **Complementary Therapies in Medicine**. V. 50, 102384, 2020.
- GUIMARÃES, R. M., IDA, E. I., FALCÃO, H. G., REZENDE, T. A. M., SILVA, J. S., ALVES, C. C. F., SILVA, M. A. P., EGEEA, M. B. Evaluating technological quality of okara flours obtained by different drying processes. **LWT - Food Science and Technology**. V.123, n. 10906, 2020.
- GÜMÜSAY, O. A., BORAZAN, A. A., ERCAL, N., DEMIRKOL, O. Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. **Food Chemistry**. V. 173, p. 156–162, 2015.
- HEGAZY, E. M., HAFIZ, N. A., ROZIK, N. N., KHALIL W. K. Comparative study between poder and nanoparticles of dried cactus (*Opuntia ficus-indica* L.) fruit peels in streptozotocininduced diabetic rats: anti-microbial and anti-genotoxic capacity. **Annual Research & Review in Biology**. V.26, n. 6, p. 1-14, 2018.
- HORWITZ, W; LATIMER J. R; GEORGE, W. Official Methods of Analysis of the **Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC. 2005.
- IAL – Instituto Adolf Lutz. **Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. São Paulo, IAL, 1020 p., 2008.

IZUEGBUNA, O., OTUNOLA, G., BRADLEY, G. Chemical composition, antioxidant, antiinflammatory, and cytotoxic activities of *Opuntia stricta* cladodes. **PLoS ONE**. V. 14, n. 1, e0209682, 2019.

KINUPP, V. F., HARRI, L. **Plantas Alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. 2. Ed. São Paulo: Plantarum, 2014.

KORESE, J. K., ACHAGLINKAME, M. A., CHIKPAH, S. K. Effect of hot air temperature on drying kinetics of palmyra (*Borassus aethiopum* Mart.) seed-sprout fleshy scale slices and quality attributes of its flour. **Journal of Agriculture and Food Research**. V. 6, 100249, 2021.

KSURVESWARAN, S.; CAI, Y. Z.; CORKE, H.; SUN, M. Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 938-953, 2007.

LADEIRA, S. A.; PAZ, M. E. M.; LIMA, J. R. R.; MELO, F. O.; TALMA, S. V.; LIMA, J. S. Produção e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de bebidas lácteas fermentadas prebióticas sabor tamarindo. **Diversitas Journal**. V. 5, n. 4, p. 2528-2550, 2020.

LEITE, T. S., LEITE, M. S., TORRES, S. B. Palma forrageira: situação atual e perspectivas para o cultivo na região semiárida do Ceará, Brasil. **Arq. Ciênc. Vet. Zool**. V. 21, n. 2, p. 77-83, 2018.

LIBERATO, P. S.; LIMA, D. V. T.; SILVA, G. M. B. PANCs – Plantas Alimentícias Não Convencionais e Seus Benefícios Nutricionais. **Environmental Smoke**, v. 2, n. 2, p. 102-111, 2019.

LIMA, R. S.; FERREIRA, S. R. S.; VITALI, L.; BLOCK, J. M. May the superfruit red guava and its processing waste be a potential ingredient in functional foods? **Food Research International**, v. 115, p. 451-459, 2019.

LIU, M.; LI, X. Q.; WEBER, C.; LEE, C. Y.; BROWN, J.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 50, p. 2926–2930, 2002.

LIU, W., ZHANG, M. B., ADHIKARI, B., CHEN, J. A novel strategy for improving drying efficiency and quality of cream mushroom soup based on microwave pre-gelatinization and infrared freeze-drying, **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. V. 66, 102516, 2020.

MACÊDO, A. J. S., NETO, J. M. C., OLIVEIRA, L. B., EDVAN, R. L., SANTOS, E. M. A cultura da palma, origem, introdução, expansão, utilidades e perspectivas futuras: Revisão de Literatura. **Braz. J. of Develop**. v. 6, n. 8, p. 62967-62987, 2020.

MAHLOKO, L. M.; SILUNGWE, H.; MASHAV, M. E.; KGATLA, T. E. Bioactive compounds, antioxidant activity and physical characteristics of wheat-prickly pear and banana biscuits. **Heliyon**, v. 5, e02479, 2019.

- MANETTA, G. B.; ROMANO, B. C. COSTA, T. M. B.; TRIFFONI-MELO, A. T. Utilização de farinha de Ora-Pro-Nobis (*Pereskia aculeata miller*) em preparação de biscoitos de polvilho. **Brazilian Journal of Development**. V. 9, n. 1, p. 1494-1508, 2023.
- MARTINS, A. C. S.; MEDEIROS, G. K. V. V.; SILVA, J. Y. P.; VIERA, V. B.; BARROS, P. S.; LIMA, M. S.; SILVA, M. S.; TAVARES, J. F.; NASCIMENTO, Y. M.; SILVA, E. F.; SOARES, J. K. B.; SOUZA, E. L.; OLIVEIRA, M. E. G. Physical, Nutritional, and Bioactive Properties of Mandacaru Cladode Flour (*Cereus jamacaru DC.*): An Unconventional Food Plant from the Semi-Arid Brazilian Northeast. **Foods**. V. 11, n. 3814, 2022.
- MENON, A., STOJCESKA, V., TASSOU, S. A systematic review on the recent advances of the energy efficiency improvements in non-conventional food drying technologies. **Trends in Food Science & Technology**. V. 100, p. 67-76, 2020.
- MONTEIRO, S. A.; BARBOSA, M. M.; SILVA, F. F. M. D; BEZERRA, R. F.; MAIA, K. S. Preparation, phytochemical and bromatological evaluation of flour obtained from the acerola (*Malpighia punicifolia*) agroindustrial residue with potential use as fiber source. **LWT- Food Science and Technology**, v. 134, 2020.
- MORETO, V. O.; BRUNI, A. R. S.; CZAİKOSKI, A.; CZAİKOSKI, K. Desenvolvimento e análise sensorial de biscoito acrescido de farinha de guavirova. **Brazilian Journal Development**. V. 6, n. 8, p. 58580-58588, 2020.
- MSADDAK, L.; SIALA, R.; FAKHFAKH, N.; AYADI, M. A.; NASRI, M.; ZOUARI, N. Cladodes from prickly pear as a functional ingredient: effect on fat retention, oxidative stability, nutritional and sensory properties of cookies. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**. V. 2, n. 48, p. 1-7, 2015
- MURICY, M. A. L. C.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S. Desenvolvimento e análise sensorial de pão de forma enriquecido com concentrado proteico de peixe e farinha de taioba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas**. V. 3, cap. 6, 2022.
- NABIL, B.; OUAABOV, R.; OUHAMMOU, M.; ESSAADOUNI, L.; MAHROUZ, M. Functional Properties, antioxidante activity, and organoleptic quality of novel biscuit produced by moroccan cladode flour "*Opuntia ficus-indica*". **Journal of Food Quality**, id3442398, 2020.
- NASCIMENTO, A. M. L.; RAMOS, E. M. N. F.; SILVA, J. S. B. Conhecimento e uso das plantas da Caatinga por agricultores locais moradores de uma comunidade rural do município de Pesqueira Estado de Pernambuco. **Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, V. 10, n. 1, 2019.
- NASCIMENTO, C. M. O. **Propriedades físico-químicas, nutricionais e funcionais de farinha de batata doce de polpa alaranjada e seu potencial de coloração de Petit Suisse**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

- NUNES, B. V., BARBOSA, E. A., MENDONÇA, H. O. P., REIS, M. C., MELO, A. C., REINA, L. D. C. B., MELO, J. O. F. Produção Artesanal de Farinhas. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**. V. 5, Cap. 27, p. 370-389, 2022.
- PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SOUZA, M. E. A. O.; PEREIRA, G. E.; OLIVEIRA, D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; LIMA, M. S. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food Chemistry**, v. 228, p. 106-115, 2017.
- PESSOA, K. K.; SILVA, T.; MADALOZZO, E. S.; BACH, F. Desenvolvimento de chocotone com substituição parcial da farinha de trigo por farinha elaborada com sementes de tamarindo (*Tamarindus Indica l.*). **Brazilian jornal of Development**. V. 8, n. 2, p. 9554-9572, 2022.
- PISARSKI-JUNIOR, M. R. Tradições Alimentares Regionais em uma América Latina Neocolonial: a luta pela manutenção de costumes e da soberania alimentar. **RELAcult**. V. 05, n. 1601, 2019.
- PROSKY, L.; ASP, N. G.; SCHWEIZER, T. F.; DEVRIES, J. W.; FURDA, I. Determination of insoluble and soluble dietary fibers in foods and food products. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists International**, v. 75, n. 2, p. 360-367, 1995.
- PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 8, p. 396-402, 2000.
- RAMOS, R. O.; LUZ, A. S.; QUEIROZ, C. R. A. A. Pão de cebola com farinha de folhas de ora-pro-nóbis. **Brazilian Journal of Development**. V. 7, n. 8, p. 75769-75782, 2021.
- RAMÍREZ-MORENO, E.; CORDOBA-DÍAZ, M.; SÁNCHEZ-MATA, M. C.; MARQUÉS, C. D.; GOÑI, I. The addition of cladodes (*Opuntia ficus indica* L. Miller) to instant maize flour improves physicochemical and nutritional properties of maize tortillas. **LWT - Food Science and Technology**. V. 62, p. 675-681, 2015.
- RESSAÏSSI, A., ATTIA, N., PACHECO, R., FALÉ, P. L., SERRALHEIRO, M. L. M. Cholesterol transporter proteins in HepG2 cells can be modulated by phenolic compounds present in *Opuntia ficus-indica* aqueous solutions. **Journal of Functional Foods**. V.64, p. 1-7, 2020.
- RITA, A. E. C. S., NUNES, X. P., LIMA, D. F., MOREIRA, M. B., GOMES, C. H. B. Aspectos alimentares da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* L. Mill) no Semiárido do Brasil. **Meio Ambiente, Sustentabilidade e Tecnologia**. V. 8, cap. 6, p. 50-57, 2021.
- SANTOS, L. B. D. **Bioplásticos produzidos a partir de subprodutos de processamento de laranja**. 2022. Dissertação (Mestrado em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2022.

- SANTOS, E. N.; BEZERRA, E. A.; SILVA, L. M. A.; CAVALCANTI, M. T. Elaboração e caracterização da farinha do fruto da castanhola (*Terminalia catappa* Linn). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V. 12, n. 2, p. 362-365, 2017.
- SANTOS, G.; SOUZA, D. S.; CASTRO, A. A. Cinética de secagem convectiva e liofilização de ramos de coentro (*Coriandrum sativum* L.): estudo da influência dos processos em sua coloração. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. V. 14, n. 4, p. 329-335, 2012.
- SCIACCA, F.; PALUMBO, M. PAGLIARO, A.; DI-STEFANO, V. SCADURRA, S.; VIRZI, N. MELILLI, M. G. *Opuntia* cladodes as functional ingredient in durum wheat bread: rheological, sensory, and Chemical characterization. **CyTA Journal of Food**, v. 19, n.1, p. 96-104, 2021.
- SHISHEHGARHA, F.; MAKHLOUF, J.; RATTI, C. Freeze-Drying Characteristics of Strawberries. **Dry. Technol.** V. 20, p. 131–145, 2002.
- SILVA, A. A. G.; OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S. **Zoneamento agrícola de risco climático da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill) para o estado de Sergipe**. 1ª ed, Aracajú, EMBRAPA, 2015.
- SILVA, A.; SILVA, A. J.; BENEVIDES, C. M. J. Revisão sistemática sobre PANC no Brasil: aspectos nutricionais e medicinais. **Revista Scientia**. V. 7, n. 1, p. 132-152, 2022.
- SUAREZ, L. M., FAN, H., ZAPATA, J. E., WU, J. Optimization of Enzymatic Hydrolysis for Preparing Cassava Leaf Hydrolysate with Antioxidant Activity. **Food and Bioprocess Technology**, v. 14, n. 12, p. 2181-2194, 2021.
- TERRA, S. B.; FERREIRA, B. P. Conhecimento de plantas alimentícias não convencionais em assentamentos rurais. **Revista Verde**, v. 15, n. 12, p. 221-228, 2020.
- TREJO, C. A.; CARRASCO, J. A. L.; GARCIA, T. G.; MORENO, I. E.; DUARTE, M. M.; GALLO, L. C.; MELENDEZ, R.M.; ARROYO, B. P.; FIGUEROA, C. S. Development of a third Generation snack of rice starch enriched with nopal flour (*Opuntia ficus-indica*). **Molecules**, v. 26, n. 54, p. 1-24, 2021.
- URIARTE-FRÍAS, G.; HERNÁNDEZ-ORTEGA, M. M.; GUTIÉRREZ-SALMEÁN, G.; SANTIAGO-ORTIZ, M. M.; MORRIS-QUEVEDO, H. J.; MENESES-MAYO, M. Pre-Hispanic Foods Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*), Nopal (*Opuntia 42ícus-indica*) and Amaranth (*Amaranthus sp.*) as New Alternative Ingredients for Developing Functional Cookies. **Journal of Fungi**. V. 7, n. 11, 2021
- VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**. V. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.
- XAVIER, I. R., FREITAS, L. L., SOUZA, A. S., SOUZA, C. C. E., ZANUTO, M. E. Estudo da estabilidade da farinha de palma (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) armazenada em sachês de alumínio. **Brazilian Journal of Development**. V. 7, n.11, p. 104692-104717, 2021.

ZEM, L. M.; HELM, C. V.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.;  
Nutritional analysis of noodles with and without the additional of *Pereskia Aculeata*.  
**Revista Eletrônica Científica da UERGS**. V. 5, n. 3, p. 280-288, 2019.

ZHANG, M., CHEN, H., MUJUMDAR, A. S., TANG, J., MIAO, S., WANG, Y.  
Recent Developments in High-quality Drying of Vegetables, Fruits and Aquatic  
Products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 1072954, 2015.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; WU, J. The determination of flavonoid contents in  
mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64,  
n. 4, p. 555-559, 1999.

## 6. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados desta dissertação estão apresentados na forma de um artigo original, uma patente de invenção e um capítulo de livro já publicado. O artigo será submetido a um periódico classificado com Qualis A1, na área de Biotecnologia, com base na classificação de periódicos do quadriênio 2017-2020.

6.1 **Artigo** – PROPRIEDADES FÍSICAS, NUTRICIONAIS E BIOATIVAS DE FARINHAS DO CLADÓDIO DE PALMA (*Opuntia ficus-indica* L.) OBTIDAS POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM.

6.2 **Patente** – FARINHA LIOFILIZADA DO CLADÓDIO DE PALMA (*Opuntia ficus-indica* L.).

6.3 **Capítulo de livro** - APLICAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS: UMA BREVE REVISÃO.



# Propriedades físicas, nutricionais e bioativas de farinhas do cladódio de palma (*Opuntia ficus-indica* L.) obtidas por diferentes métodos de secagem

## Resumo

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* L.) possui grande potencialidade nutricional e o nordeste brasileiro possui clima favorável ao seu cultivo, sendo assim, esta pesquisa objetivou desenvolver e caracterizar as propriedades tecnológicas, físicas, nutricionais e bioativas de farinhas do cladódio de palma obtidas por liofilização (PL) e secagem em estufa de circulação de ar (PE). O perfil granulométrico revelou que as farinhas da palma apresentaram partículas irregulares com superfície e geometria escamosa, e baixa atividade de água (PE: 0,410 e PL: 0,501), teor de umidade (PE: 5,8 g/100 g e PL: 12,1 g/100 g), cinzas (PE: 18,18 g/100 g e PL: 16,18 g/100 g), teor de proteína de (PE: 14,17 % e PL: 7,27%), e um baixo teor de lipídeos (PE: 1,92 g/100 g e PL: 1,44 g/100 g). As farinhas de palma apresentam fibra alimentar total (PE: 41,12 g/100 g e PL: 41,93 g/100 g), potássio (PE: 7,3% e PL: 2,93%), cloro (PE: 5,44% e PL: 1,67%) e cálcio (PE: 0,91% e PL: 0,96%). As farinhas apresentaram glicose (PE: 3,75 g/100g e PL: 2,07 g/100 g) e frutose (PE: 4,76 g/100 g e PL: 2,87 g/100g), também foram encontrados em ambas as farinhas os ácidos cítricos, málico, succínico láctico e fórmico. Os compostos fenólicos totais foram maiores na PE (799,83 mg AGE/100 g), bem como flavonoides totais (189,16 mg CE/100 g) e FRAP (7,04  $\mu$ mol TEAC/ g). As concentrações de ABTS foram maiores na PL (10,01  $\mu$ mol TEAC/ g) assim como os teores de ácido ascórbico (36,90 mg/100 g). Os principais compostos fenólicos encontrados foram catequina (5,73 mg/100 g) e a procianidina B2 ( 4,54 mg/100 g) na PL, e na PE a procianidina B1 (9,91 mg/100 g) e o ácido cafeico (4,31 mg/100 g). Os resultados obtidos demonstram que a farinha obtida por secagem em estufa mostrou-se superior à farinha liofilizada pois concentrou mais nutrientes e preservou mais antioxidantes. Mostrando-se como uma alternativa a ser inserida na alimentação humana, bem como, na elaboração de novos produtos.

**Palavras-chave:** Secagem; PANC; Alimento funcional, cactácea.

## Introdução

Plantas alimentícias não convencionais (PANC) é o termo utilizado para designar plantas exóticas ou nativas que usualmente não estão inseridas habitualmente na alimentação humana, embora possuam suas estruturas comestíveis (TERRA; FERREIRA, 2020). Elas vêm ganhando espaço nos últimos anos, por serem espécies de cultivo fácil e espontâneas, dentre elas, destaca-se a *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, cacto arbustivo ramificado e suculento, que cresce com facilidade em climas áridos e semiáridos e com ampla distribuição geográfica devido à sua capacidade de adaptação em ambientes adversos (SILVA et al., 2022).

No Brasil, a palma forrageira é comumente utilizada para a alimentação animal, já em países como México, Marrocos e Canadá é bastante utilizada na alimentação

humana. Conhecida por suas características bioativas, a palma é rica em betalaínas, polifenóis, carotenoides, potássio, cloro e cálcio. Além disso, é rica em fibras solúveis e insolúveis, contribuindo para o bom funcionamento da microbiota intestinal e prevenção de doenças cardiovasculares (GOUWS et al., 2020; ONAKPOYA, O'SULLIVAN, HENEGHAN, 2015).

Considerando estas características, a utilização de diferentes métodos de secagem pode preservar os nutrientes e aumentar a sua concentração tornando-se uma alternativa viável para a inserção dos cladódios de palma em produtos alimentícios, podendo participar como farinha na elaboração de novos produtos (EL-ANANY et al., 2020; CHAHDOURA et al., 2018; TREJO et al., 2021; URIARTE-FRÍAS et al., 2021). Neste aspecto, o uso da farinha de palma em produtos alimentares pode oferecer o que os consumidores buscam, além de produtos saborosos e atraentes, alimentos sustentáveis e que agreguem características benéficas à saúde (ALVES, CONSTANT, TELES, 2021; NABIL, et al., 2020).

Diante do exposto, esta pesquisa tem por finalidade desenvolver e caracterizar as propriedades tecnológicas, físicas, nutricionais e bioativas de farinhas do cladódio de palma (*Opuntia ficus-índica* L. Mill) obtidas por secagem convectiva em estufa e liofilização, avaliando qual método apresentou melhor resultado.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Matérias primas e local do estudo

Os cladódios de palma foram obtidos no Sítio Chã do Cajueiro (6°24'54.2"S 36°12'43.5"W), na zona rural do município de Jaçanã, estado do Rio Grande do Norte, Brasil, no mês de junho de 2022, em três dias não consecutivos. O material genético foi cadastrado no SISGEN sob o registro A94A268. Foram selecionados 3 kg cladódios jovens com cerca de 30 a 50 dias após o brotamento, medindo de 10 a 20 cm de comprimento e que apresentavam boa integridade física.

As análises tecnológicas, físicas, físico-químicas, determinação de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante foram realizadas no Laboratório de Bromatologia dos Alimentos do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande (LABROM/CES/UFCG). A farinha do cladódio de palma obtida por secagem em estufa de circulação de ar foi elaborada no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA/CES/UFCG), a farinha do cladódio de palma obtida por liofilização foi elaborada no Laboratório de Bromatologia de Alimentos

da Universidade Federal da Paraíba (LABROM/UFPB). A ressonância magnética nuclear (RMN) foi realizada no Instituto de Pesquisa em Fármacos e Medicamentos (IPeFarM/UFPB), a análise de morfologia e de minerais foram realizadas no Instituto Nacional de Tecnologia em União e Revestimento de Materiais da Universidade Federal do Pernambuco (INTM/UFPE) e as análises microbiológicas (controle de qualidade e viabilidade) foram executadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos (LABMA/CES/UFCG).

A execução da determinação dos açúcares, ácidos orgânicos e perfil fenólicos ocorreu no Laboratório Experimental de Alimentos (LEA) do Departamento de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF Sertão-PE), Petrolina – PE. As análises de quantificação de fibras foram realizadas no Laboratório de Alimentos da União das Instituições Educacionais do Estado de São Paulo (UNIESP) do Centro Universitário João Pessoa/PB.

## **2.2 Caracterização física e físico-química do cladódio *in natura* da palma**

Os cladódios de palma *in natura* foram avaliados quanto às características físicas e físico-químicas: atividade de água a 25 °C, por leitura em equipamento Aqualab (Meter®, AquaLab Series 4TEV, São José dos Campos, São Paulo, Brasil); potencial hidrogeniônico (pH) por meio da utilização de pHmetro digital (GEHAKA, modelo PG1800, São Paulo - SP, Brasil), calibrado previamente utilizando soluções tamponantes de pH 4,0 e 7,0, com a imersão do eletrodo em uma solução aquosa após agitação; umidade avaliada por secagem em estufa (Med Clave, modelo 4) a 105 °C até obtenção de massa constante; teor de cinzas (resíduo mineral fixo – RMF) foi quantificado por carbonização seguida de incineração em forno mufla (modelo 0612, Jung®, Blumenau - SP, Brasil) a 550 °C; proteína foi quantificada por Micro-Kjeldahl, todos segundo metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemist (AOAC) (2019). O teor de gordura deu-se pelo método Folch, Less e Sloane-Stanley (1957). Para a aferição de fibras totais, solúveis e insolúveis foi utilizado o método enzimático-gravimétrico (HORWITZ et al., 2005; PROSKY et al., 1995). Para a avaliação da acidez utilizou-se o método de acidez titulável por volumetria potenciométrica do Instituto Adolf Lutz (2008). Para a avaliação da cor, foi utilizada a metodologia descrita por Nascimento (2017) com adaptações, utilizando colorímetro (Konica Minolta®, CR 400, Osaka, Japan) no sistema CIELAB (CIE, 1996), seguindo as coordenadas (L\*, a\*, b\*), onde o L\* relaciona-se com a luminosidade, variando entre o preto (0) e o branco (100), o a\* representa as variações

da cor do verde (-a) ao vermelho (+a), já a coordenada b\* simboliza a oscilação da cor azul (-b) ao amarelo (+b). Para a determinação do conteúdo de ácido ascórbico utilizou-se o método de Tillmans descrito pela AOAC (2019).

### **2.3 Elaboração das farinhas do cladódio de palma**

Após a coleta e com o auxílio de faca de aço inoxidável foram retirados os espinhos e posteriormente os cladódios foram submetidos a sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por quinze minutos e enxaguados em água corrente (XAVIER *et al.*, 2021). Posteriormente foram cortados com faca de aço inoxidável em espessura de aproximadamente 1cm e armazenados em sacos plásticos e em seguida congelados (-20 °C).

Para a elaboração da farinha do cladódio de palma em estufa (PE) foi utilizado a metodologia descrita por Suarez et al. (2021) com adaptações, onde os cladódios foram dispostos em bandejas de aço inoxidável e colocados em uma estufa de secagem com circulação forçada de ar (Quimis, Q314M, Diadema, São Paulo, Brasil) a  $55 \pm 1^\circ\text{C}$  por um período de 37 h. Para a obtenção da farinha liofilizada do cladódio de palma (PL) utilizou-se a metodologia descrita por Bochnak-Niedźwiecka (2022) com adaptações, onde os cladódios já higienizados, cortados e congelados foram liofilizados em temperatura de  $-50 \pm 2^\circ\text{C}$  e pressão de vácuo 76 µHg utilizando velocidade estimada de 1 mm/h por 28 h em liofilizador (Liotop, São Paulo, Brasil).

Após as secagens, as amostras foram trituradas em um moinho de facas (Willey, Solab®, Piracicaba, São Paulo) e as farinhas foram tamizadas em peneira com malha de 230 *mesh* em um agitador de peneiras (Bertel®, Caieiras, São Paulo). As farinhas foram armazenadas a vácuo em sacos de polipropileno e envoltas com papel alumínio, para proteção da luz, até o momento das análises

### **2.4 Controle de qualidades das farinhas**

Para avaliação da qualidade sanitária das farinhas, foi utilizado método descrito pela American Public Health Association (APHA, 2015), realizando a mensuração de coliformes a 35° C (totais) e a 45°C (termotolerantes) pela contagem em placas do número mais provável (NMP). *E. coli*, *Staphylococcus* coagulase positiva, bolores e leveduras e detecção de *Salmonella* sp. foram realizadas conforme Brasil (2019).

### **2.5 Caracterização tecnológica, física e físico-química das farinhas**

A morfologia das farinhas foi avaliada seguindo a metodologia descrita por Brito et al. (2020). Em que, uma camada nanométrica (40–50 nm) de ouro foi depositada sobre a amostra, utilizando um metalizador (Quorum SC7620, Madri, Espanha) (20–1000 µm). Para a obtenção das imagens foram utilizadas diferentes ampliações (100x-4000x) obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) (TESCAN MIRA3, Brno, República Tcheca). Os tamanhos das partículas também foram aferidos.

Para a avaliação dos microelementos das farinhas, utilizou-se a metodologia descrita por Etienne et al. (2017), com adaptações. O espectrômetro de energia dispersiva (EDS) (Oxford, Londres, Inglaterra) acoplado a um microscópio eletrônico de varredura (MEV) (TESCAN MIRA3, Brno, República Tcheca) foi operado a pressões de alto vácuo. As condições operacionais utilizadas para a análise de EDS foram: Zoom (1000x), distância de trabalho (15 mm) e tensão de aceleração (15 Kv). A composição foi avaliada, e posteriormente os dados transferidos para os softwares MS Word e Excel, sendo estes expressos em percentual (%).

Os parâmetros físicos e físico-químicos foram determinados conforme metodologia já descrita no item 2.2.

## **2.6 Perfil de açúcares e ácidos orgânicos do cladódio da palma *in natura* e das farinhas**

Para a avaliação do conteúdo de açúcares (glicose, frutose, maltose e ramnose) e de ácidos orgânicos (cítrico, láctico, málico, succínico, fórmico, acético, butírico e propiônico), foi preparado inicialmente o extrato aquoso da palma *in natura* e das farinhas de cladódio de palma. Para isto, 2 g das amostras foram homogeneizados em 10 mL de água ultrapurificada (Sistema de Purificação de Água Integral Milli-Q®, EMD Millipore, Billerica, MA, EUA) por 10 min em triturador/homogeneizador Turratec (TE-102 - Tecnal®, Piracicaba, São Paulo, Brasil). A suspensão formada foi centrifugada (4000 x g, 15 min, 4 °C) e o sobrenadante filtrado em um filtro de 0,45 µm (Millex Millipore, Barueri, SP, Brasil). Em seguida, foi realizada uma injeção do extrato em sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com um sistema LC 1260 Infinity (Agilent Technologies, Santa Clara, Califórnia, EUA) equipado com uma bomba de solvente quaternário (modelo G1311C), desgaseificador, compartimento de coluna termostato (modelo G1316A) e amostrador automático (modelo G1329B) acoplado a um detector de matriz de diodo (DAD) (modelo G1315D) e detector de índice de refração (RID) (modelo G1362A). Durante a análise, a coluna Agilent Hi-Plex H (300 x 7,7 mm)

com tamanho de partícula de 8,0 µm e coluna de guarda PL Hi-Plex H (5 x 3 mm) (Agilent Technologies) foram mantidas a 50 °C, o volume de injeção foi de 10 µL com vazão de 0,5 mL/min, fase móvel H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 4,0 mM em água ultrapura e corrida de 20 min. Os dados obtidos foram processados usando OpenLAB CDS ChemStation Edition<sup>TM</sup> (Agilent Technologies). Os picos e as áreas médias de pico foram utilizados para quantificação de amostras de CLAE comparando seus tempos de retenção com os padrões de ácidos orgânicos e açúcares (BATISTA et al., 2018; COELHO et al., 2018; LIMA et al., 2019; PADILHA et al., 2017). Os resultados de açúcares e ácidos orgânicos foram expressos como g por 100 g de amostra (g/100 g).

## **2.5 Potencial antioxidante do cladódio da palma *in natura* e das farinhas**

Para a avaliação do potencial antioxidante foram realizados os ensaios de determinação dos compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante. Para tanto, foi realizada a obtenção dos extratos segundo a metodologia de Monteiro *et al.* (2020) com adaptações, onde em tubo Falcon foi pesada 1 g da amostra e acrescido 10 mL de metanol a 80%. Os tubos foram cobertos com papel alumínio e passaram por um processo de maceração durante 24 h em temperatura de 23±0,5°C. Em seguida os extratos foram filtrados em papel filtro qualitativo com diâmetro de 125 mm (Whatman®, GE Healthcare, Chicago, IL, USA) e armazenados em frascos âmbar (-18±0,5°C) até o momento da análise.

Para determinação do teor de compostos fenólicos totais utilizou-se a metodologia descrita por Liu et al. (2002), com adaptações. Onde, 250 µL do extrato foi misturado em tubo de ensaio com 1250 µL do reagente Folin-Ciocalteu a 10%. As soluções foram agitadas por 30 s em Vortex (Logen Scientific, modelo LSM56-II-VM, Fortaleza, Ceará, Brasil) e armazenadas em temperatura ambiente (23 ± 0,5 °C) na ausência da luz por 6 min. Após, foram adicionados 1000 µL da solução de carbonato de sódio a 7,5%. A mistura foi levada ao banho maria (Novatecnica®, modelo NT232, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a uma temperatura de 50 ± 1 °C, durante 5 min. Em seguida, a absorbância foi verificada a 765 nm utilizando espectrofotômetro (BEL Photonics®, Piracicaba, São Paulo, Brasil). Também foi realizado um teste branco com a ausência dos extratos para zerar o espectrofotômetro. O conteúdo de compostos fenólicos totais das amostras foi determinado utilizando uma curva padrão preparada com ácido gálico (Sigma-Aldrich, St. Louis, MA, USA). Os resultados foram expressos como miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por cem grama de amostra (mg EAG/100 g).

Para a avaliação de flavonoides totais foi utilizado o método proposto por Zhishen, Mengcheng e Jianming (1999), onde uma alíquota de 0,5 mL do extrato foi adicionada à 2 mL de água destilada em um tubo de ensaio. Em seguida, acrescentou-se 150 µL de nitrito de sódio a 5%. Após 5 min, 150 µL de cloreto de alumínio a 10% foi adicionado e, após 6 min, 1 mL de hidróxido de sódio a 1 M, seguido pela adição de 1,2 mL de água destilada. A absorbância da amostra foi medida a 510 nm usando um espectrofotômetro (BEL Photonics®) contra um branco na ausência dos extratos. O teor de flavonoides totais do extrato foi determinado usando uma curva padrão de equivalente de catequina (EC) (Sigma-Aldrich). Os resultados foram expressos como equivalentes de catequina (EC) por 100 g de amostra (mg CE/100 g).

Para a avaliação da atividade antioxidante do cladódio e da farinha de cladódio de palma foram utilizados dois métodos distintos: FRAP (Ferric reducing ability of plasma) e ABTS (2,2-azino-bis (3-etilbenzo-tiazoline-6-sulfonic acid), cujas metodologias estão descritas a seguir.

Para determinação da atividade antioxidante por meio da redução do ferro (FRAP) utilizou-se a metodologia descrita por Benzie e Strain (1996), adaptada por Pulido et al. (2000). O reagente FRAP foi preparado no momento da análise, através da mistura de 11 mL de solução tampão acetato de sódio anidro a 0,3 M (pH 3,6), 1,1 mL de solução TPTZ (2,4,6-tris (2-pyridyl-s-triazine) a 10 mM/L em uma solução de HCl a 40 mM e cloreto férrico (FeCl<sub>3</sub>) a 20 mM. Para a análise, uma alíquota de 200 µL do extrato da amostra foi adicionado a 1800 µL do reagente FRAP em um tubo de ensaio e levados ao banho maria (Novatecnica®) a 37 ± 1 °C por 30 min. A absorbância foi medida a 593 nm em espectrofotômetro (BEL Photonics®). A curva padrão foi realizada com Trolox 1 mM e os resultados foram expressos em micromoles de capacidade antioxidante equivalente de Trolox (CAET) por 100 grama de amostra (µmol TEAC/100g).

O método ABTS foi realizado de acordo com a metodologia de Ksurveswaran et al. (2007), com algumas modificações. Inicialmente, formou-se o radical ABTS<sup>•+</sup> a partir da reação de 5 mL de solução de ABTS<sup>•+</sup> (2,2-azino-bis (3-etilbenzo-tiazoline) -6-sulfonic acid) a 7 mM com 88 µL de solução de persulfato de potássio 140 mM (concentração final de 2,45 mM), que foram incubados em temperatura de 25 °C, na ausência de luz, durante 12-16 h. Uma vez formado o radical, o mesmo foi diluído em água destilada até obter o valor de absorbância de 0,800 (± 0,020) a 734 nm. A partir do extrato foram preparadas quatro diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro foi transferido para um tubo de ensaio uma alíquota de 100 µL das diluições do extrato e

adicionado 500 µL do radical ABTS<sup>•+</sup>. Após, os tubos de ensaio foram mantidos em repouso na ausência de luz por 6 min. Em seguida, realizou-se a leitura da absorbância a 734 nm em espectrofotômetro (BEL Photonics®). Também foi elaborada uma solução “controle” que consistiu em uma alíquota de 100 µL do solvente extrator do extrato adicionada de 500 µL do radical ABTS<sup>•+</sup>. A solução “branco” foi o solvente extrator de cada extrato, utilizada para zerar o espectrofotômetro. Os resultados foram expressos em micromoles de capacidade antioxidante equivalente de Trolox (TEAC) por grama de amostra (µmol TEAC/g).

Os componentes da matriz foram identificados por meio da utilização do método de ressonância magnética nuclear (RMN) seguindo metodologia descrita por Santos (2022) com uso de espectrômetro Avance III HD (Bruker), onde as amostras foram empacotadas em rotor de zircônia de 4 mm e rotacionadas a 10 kHz, sendo os açúcares solúveis das amostras removidos para evitar interferências por meio de lavagens com água e centrifugações das farinhas (13.304 g, 10 min; HETTICH, modelo Rotina 380R).

## **2.7 Análise de dados**

Todos os experimentos foram realizados em triplicata. Os resultados foram expressos em média e  $\pm$  desvio padrão. Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA), sendo utilizado o teste de Tukey com nível de variância de 5% e de significância ( $p \leq 0,05$ ). Para realização das análises estatísticas foi utilizado o software computacional GraphPad Prism 6.0 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA).

## **3.0 Resultados e Discussão**

### **3.1 Controle de Qualidade das Farinhas**

Os resultados das análises microbiológicas das farinhas PE e PL revelaram que as amostras não apresentaram contaminação, evidenciando qualidade sanitária no processo de obtenção das mesmas, atendendo aos requisitos sanitários para farinhas determinados pela legislação brasileira. Assim as amostras foram aceitáveis para o consumo e/ou uso no processamento de alimentos (BRASIL, 2022; MARTINS et al., 2022).

### **3.2 Características físicas, físico-químicas, tecnológicas e morfológicas do cladódio de palma *in natura* e das farinhas**

Os resultados das análises físicas e físico-químicas do cladódio de palma *in natura* (PI), da farinha de palma da estufa (PE) e farinha de palma liofilizada (PL) podem ser visualizadas na **Tabela 1**.

**Tabela 1:** Resultados médios ( $\pm$ desvio-padrão) para análises físicas e físico-químicas do cladódio da palma *Opuntia ficus-indica in natura* e das farinhas obtidas por estufa de circulação de ar e liofilização.

| PARAMÊTROS                         | PI                            | PE                            | PL                            |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Atividade de água (Aw)             | 0,993 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup> | 0,410 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup> | 0,501 $\pm$ 0,03 <sup>b</sup> |
| Umidade (g/100 g)                  | 96,7 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>   | 5,8 $\pm$ 0,3 <sup>c</sup>    | 12,1 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>   |
| Cinzas - RMF (g/100 g)             | 0,95 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>  | 18,18 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup> | 16,18 $\pm$ 0,9 <sup>c</sup>  |
| Ph                                 | 3,83 $\pm$ 0,02 <sup>c</sup>  | 4,44 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>  | 5,08 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>  |
| Acidez em Ácido Cítrico (g/ 100 g) | 0,32 $\pm$ 0,00 <sup>c</sup>  | 2,17 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup>  | 3,99 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>  |
| Lipídios (g/100 g)                 | 0,22 $\pm$ 0,00 <sup>c</sup>  | 1,92 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>  | 1,44 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>  |
| Proteínas (g/100 g)                | 1,04 $\pm$ 0,34 <sup>c</sup>  | 14,17 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup> | 7,27 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>  |
| Fibras Dietéticas Insolúveis (%)   | 10,49 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup> | 32,68 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup> | 30,03 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup> |
| Fibras Dietéticas Solúveis (%)     | 6,77 $\pm$ 0,00 <sup>c</sup>  | 8,44 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>  | 11,90 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup> |
| Fibras Dietéticas Totais (%)       | 17,26 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup> | 41,12 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup> | 41,93 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup> |

Fonte: Próprio Autor (2022). PI: Palma *in natura*; PE: Farinha da palma obtida na estufa; PL: Farinha de palma liofilizada, <sup>ac</sup> Média  $\pm$ desvio-padrão com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos.

O cladódio *in natura* de palma obteve uma atividade de água de 0,993, após as secagens os valores encontrados para as farinhas foram de 0,410 para PE e 0,501 para PL. Resultado já esperado, visto que os métodos de secagem empregados possuem como finalidade a retirada da água disponível da matéria-prima, possibilitando assim, uma menor deterioração microbiana e aumento da vida de prateleira (CÁNOVAS et al., 2020).

Quanto aos teores de umidade do cladódio de palma *in natura*, obteve-se uma média de 96,7 g/100 g, resultado superior ao encontrado por Barazarte et al. (2017) que avaliou as características físicas e químicas de cladódios de *Opuntia ficus-indica* (L.) de diferentes idades, em que a umidade dos cladódios de nove a doze meses foi de 91,89 g/100 g. A palma é um alimento que possui alto conteúdo de água, e a variação da umidade dos cladódios *in natura* pode ocorrer devido a idade dos cladódios analisados, bem como a pluviosidade na época da coleta (BOUTAKIOUT, et al., 2018).

Para as umidades das farinhas PE (5,8 g/100 g) e PL (12,1 g/100 g) ( $p < 0,05$ ), observa-se que a farinha liofilizada apresentou maiores teores de umidade, no entanto, este valor é condizente com as características dispostas na legislação brasileira (RDC 711 de 2022), que preconiza uma umidade máxima de 15% para farinhas, amido de cereais e farelos (BRASIL, 2022). A utilização de diferentes métodos, de temperaturas e tempo de secagem podem interferir no teor final de umidade das amostras (Umuhozariho et al., 2020). No presente estudo foram utilizados para a PE (55 °C/37 hs de secagem convectiva

com circulação de ar) e PL (-50 °C/28 hs de secagem por liofilização), assim, observa-se que os dois métodos de secagem foram eficientes na redução da umidade das amostras, no entanto, a secagem em convectiva mostrou-se mais eficiente neste parâmetro.

Os valores encontrados de cinzas (Tabela 2) foram de 0,95, 18,18 e 16,18 g/100 g para PI, PE e PL, respectivamente, todos diferindo entre si, fato este, justificado pela concentração de nutrientes proveniente da perda de água pelos diferentes métodos de secagem (KUMAR et al., 2017), apresentando assim, maiores concentrações para PE que obteve uma maior perda de umidade, ocorrendo uma maior concentração de nutrientes. Hernández-Becerra et al., (2022) ao avaliarem a composição química de farinhas de cladódio de palma em diferentes estádios de maturação obtidas por secagem convectiva em estufa a vácuo por 12 h a 45°C, obtiveram valores semelhantes a este estudo, em que, cladódios de 40 dias continham 17,65% de cinzas.

Para o parâmetro pH (Tabela 2), os resultados deste estudo foram 3,83 g/100g, 4,44 g/100g e 5,08 g/100g para PI, PE e PL respectivamente ( $p < 0,05$ ), assim, pode-se classificar de acordo com Bezerra e Brito (2020) que a PI apresentou-se como alimento muito ácido, a PE alimento ácido e a PL como alimento de baixa acidez. As secagens do cladódio de palma diminuíram a acidez do produto, no entanto, as farinhas ainda possuem baixa possibilidade de desenvolvimento de bactérias patogênicas, propiciando maior conservação e vida de prateleira (CARDOSO et al., 2020).

Os resultados obtidos de acidez em ácido cítrico para a PI, PE e PL foram 0,32 g/100g, 2,17 g/100g e 3,99 g/100g respectivamente ( $p < 0,05$ ). A PL obteve uma maior concentração de acidez quando comparado a PE, fato este, que pode ser atribuído ao método de secagem empregado, visto que as altas temperaturas utilizadas na secagem convectiva possuem uma tendência maior a degradação térmica dos ácidos orgânicos ao longo do tempo de secagem (SANTOS et al., 2020). Nabil et al. (2020) encontrou resultado semelhante de pH (4,20 g/100g) e acidez (1,17 g/100g) ao avaliar farinha de cladódio de palma obtida por secagem em estufa a 60°C por 48h, tempo e temperatura superiores aos utilizados nesta pesquisa.

A palma *in natura* apresentou-se como um alimento de baixo valor energético e proteico (HERNÁNDEZ-BECERRA et al., 2022) como exposto na tabela 1. Após os processos de secagem observou-se o aumento no teor de nutrientes, em que a PE apresentou uma maior eficiência na concentração de lipídeos e proteínas, 1,92 g/100g e 14,17 g/100g, respectivamente. A PL apresentou um percentual de gordura de 1,44 g/100g e uma quantidade de proteína de 7,27 g/100 g, apresentando diferença estatística

para estes dois parâmetros quando comparado à PE. Os baixos teores de lipídeo e maiores médias do conteúdo proteico encontrado nas farinhas PE e PL propiciam um melhor aproveitamento tecnológico em alimentos, favorecendo uma menor oxidação lipídica e maior densidade proteica, possibilitando a utilização das farinhas em diversos produtos como: derivados lácteos, suplementos alimentares, pães, bolos e biscoitos (CHAHDOURA, et al., 2018; PARAFATI, et al., 2020).

Nabil et al. (2020) encontraram resultado aproximado ao avaliar os lipídeos da farinha do cladódio de palma obtida por secagem em estufa a 60°C por 48h, no entanto o teor de proteína encontrado pelos pesquisadores foi inferior ao obtido neste estudo. Du-Toit et al. (2018) ao avaliarem mucilagens liofilizadas de diferentes espécies de palma encontraram um teor de proteína de 4,8% e de gordura de 0,9 g/100 g na *Opuntia robusta*, apresentando valores inferiores aos encontrados neste estudo. As variações encontradas dão-se em grande parte à idade do cladódio analisado, às condições de cultivo, índice pluviométrico, bem como clima e disponibilidade de nutrientes do solo (SANTIAGO, et al., 2017).

Em relação às fibras alimentares os resultados obtidos demonstram que a PI apresentou um valor menor de fibras totais de 14,26 g/100 g, quando comparado com a PE 41,12 g/100 g e a PL 41,93 g/100mg, sugerindo que o emprego dos métodos de secagem concentrou o teor total de fibras no produto, no entanto, as concentrações totais de fibras não foram alteradas ao se comparar os dois métodos de secagem. Conteúdo semelhante de fibras foi encontrado na farinha do cladódio de palma elaborada por Nabil et. al. (2020), corroborando com os achados desta pesquisa.

Considerando a recomendação do consumo diário de fibras para mulheres adultas (PADOVANI, et al. 2006) os resultados obtidos demonstram que o consumo de uma colher de sopa (15g) das farinhas PE ou PL suprem 25% das necessidades diárias deste nutriente, apresentando-se como uma boa alternativa a ser inserida na alimentação humana. Troche et al. (2020) observaram que pacientes suplementados com fibra alimentar oriundas dos cladódios de palma apresentaram melhorias nos sintomas da síndrome do intestino irritável. Devido às características nutricionais das farinhas PE e PL encontradas nesta pesquisa, pode-se considerar que o consumo regular destas podem contribuir para a saúde intestinal dos indivíduos, devido a composição das fibras alimentares encontradas nas farinhas desenvolvidas. Além dos benefícios à saúde, as fibras alimentares são matrizes importantes na indústria alimentícia pois reduzem a oxidação e melhoram a textura de produtos alimentícios (MARTINS, et al., 2022).

Os resultados para a característica cor seguem descritos na **Tabela 2**, onde foram determinados os valores para brilho e luminosidade ( $L^*$ ) e cromaticidade ( $a^*$  e  $b^*$ ) para o cladódio da palma *in natura* e farinhas elaboradas.

**Tabela 2:** Resultados médios ( $\pm$ desvio-padrão) para análise de cor do cladódio da palma *Opuntia ficus indica in natura* e das farinhas obtidas por estufa de circulação de ar e liofilização.

| Parâmetros | Amostras                      |                               |                               |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|            | PI                            | PE                            | PL                            |
| $L^*$      | 17,17 $\pm$ 1,60 <sup>c</sup> | 38,37 $\pm$ 2,89 <sup>a</sup> | 34,39 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup> |
| $a^*$      | -5,38 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup> | -6,59 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup> | -9,8 $\pm$ 0,10 <sup>b</sup>  |
| $b^*$      | 14,15 $\pm$ 0,93 <sup>b</sup> | 22,18 $\pm$ 1,37 <sup>a</sup> | 25,89 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup> |

Fonte: Próprio Autor (2022). PI: cladódio da palma *Opuntia ficus indica in natura*. PE: farinha de cladódio de palma obtida por estufa de circulação de ar. PL: farinha de cladódio de palma obtida por liofilização. Para uma mesma amostra, letras diferentes em uma mesma linha representam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) no teste de Tukey.

Na **Tabela 2**, ao analisar o parâmetro  $L^*$ , observou-se que as farinhas obtidas a partir dos dois métodos de secagem PE e PL apresentaram um aumento na luminosidade, 38,37 e 34,39, respectivamente, comparadas aos cladódios da palma *in natura* ( $p < 0,05$ ), quanto maior o teor de  $L^*$  mais clara é a amostra. A cor da farinha altera as características finais dos produtos preparados com ela, sendo preferência dos consumidores tonalidades mais claras (LANZARINI et al., 2020).

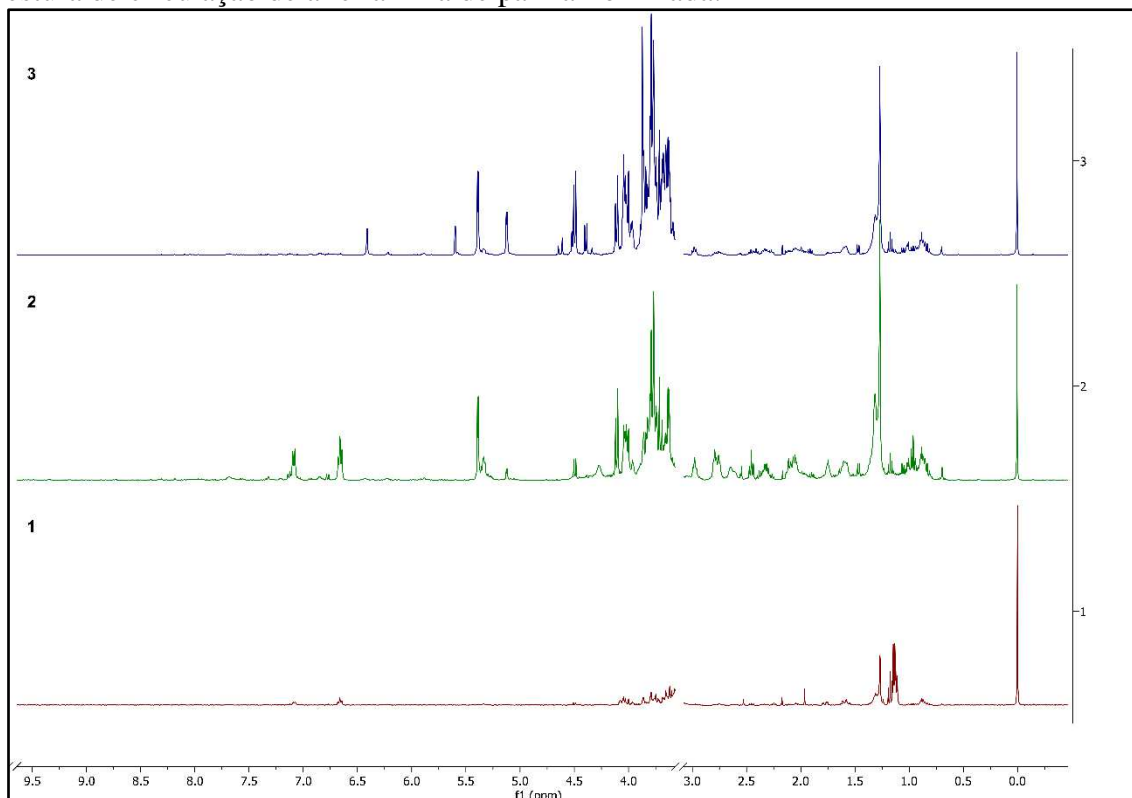
Em relação aos resultados de cromaticidade de  $a^*$ , PI e PE apresentaram -5,38 e -6,59 ( $P > 0,05$ ), respectivamente, prevalecendo tons de verde (Figura 1), fato este que pode ser atribuído a riqueza das farinhas do cladódio em clorofila e outros pigmentos (MSADDAK et al., 2017). Corantes alimentares de cor verde são altamente utilizados pela indústria alimentícia e, em relação à clorofila além da sua utilização como aditivo alimentar, ainda estão relacionados ao seu uso diversos benefícios à saúde graças a sua atividade bioativa (ZEPKA, JACOB-LOPES, ROCA, 2019).

A PL apresentou índice de  $a^*$  de -9,8, apresentando uma tonalidade um pouco mais clara de verde quando comparada a PI e da PE. Boukid et al. (2015) ao avaliarem a farinha de *O. ficus-indica f. inermis* obtiveram valores de  $a^*$  semelhantes a este estudo (-6,35), considerando assim um parâmetro desejável para uso em panificação como corante natural.

Quanto ao parâmetro de cromaticidade  $b^*$ , os resultados encontrados demonstraram que a PI (14,15) diferiu estatisticamente das farinhas PE (22,18) e PL (25,89) que não diferiram entre si, indicando maior intensidade de cor amarela comparada

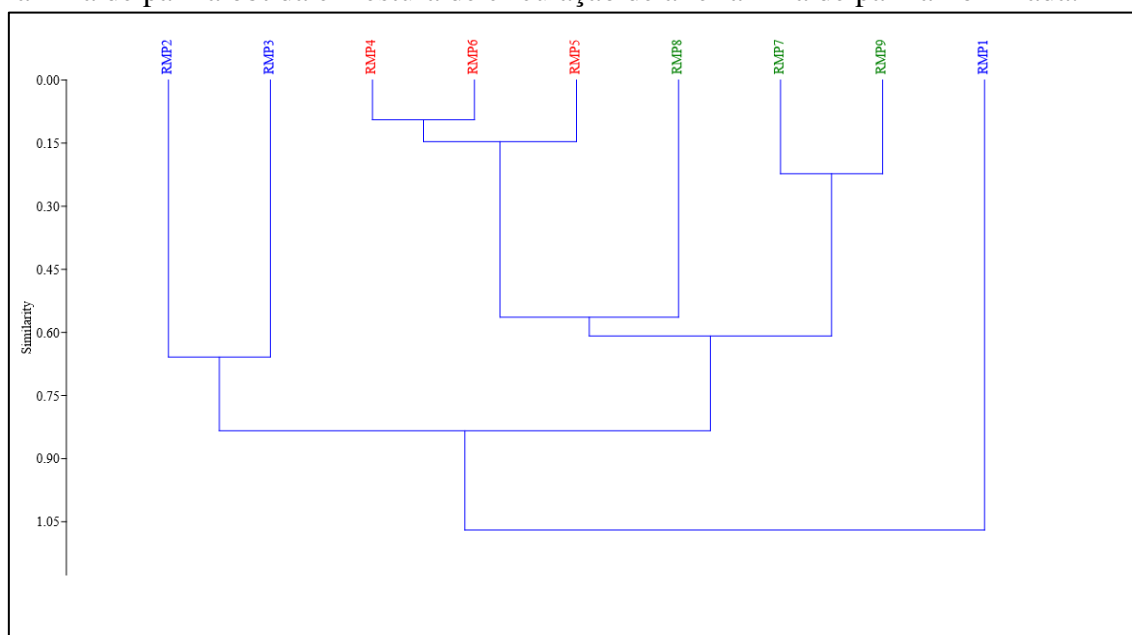
a PI. Em relação a análise dos componentes da matriz, os resultados estão expressos nas **Figuras 1, 2 e 3**.

**Figura 1:** Espectro de  $^1\text{H}$  NMR das matrizes palma *in natura*, farinha de palma obtida em estufa de circulação de ar e farinha de palma liofilizada.



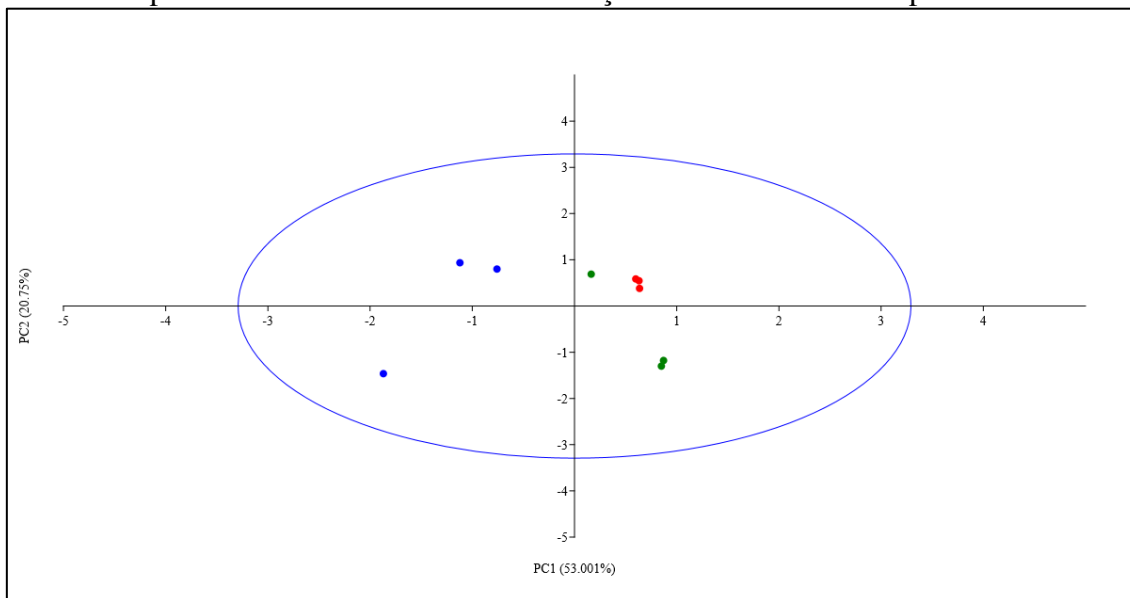
Fonte: Próprio Autor (2023). Espectro azul: PI; Espectro vermelho: PE; Espectro verde: PL.

**Figura 2:** Dendograma de agrupamento hierárquico das matrizes palma *in natura*, farinha de palma obtida em estufa de circulação de ar e farinha de palma liofilizada.



Fonte: Próprio Autor (2023). Azul: PI; Vermelho: PE; Verde: PL. Algoritmo: UPGMA (paired group). Índice de Similaridade: Distância euclidiana. Coeficiente de correlação: 0.9334

**Figura 3:** Análise de componentes principais (PCA) das matrizes palma *in natura*, farinha de palma obtida em estufa de circulação de ar e farinha de palma liofilizada.



Fonte: Próprio Autor (2023). Azul: PI; Vermelho: PE; Verde: PL.

A **Figura 1** apresenta os espectros de  $^1\text{H}$  RMN onde é possível observar o deslocamento químico da PE na região  $\delta\text{H}$  1,28 ppm, e na PL na região  $\delta\text{H}$  1,16 ppm, ambos presentes na região  $\delta\text{H}$  0,8-3,0 ppm, confirmando a presença de lipídeos (diterpenos, ácidos graxos e esteroides) (ALVES et al., 2016). Mena et al. (2018) ao avaliar cladódios de *Opuntia ficus-indica* encontrou deslocamentos químicos na mesma região dos achados nesta pesquisa, relacionando-os com ácido málico, ácido cítrico e ácido cafeico. Resultados semelhantes foram encontrados (**Tabelas 6 e 7**) na presente pesquisa. Antioxidantes como o ácido cítrico, ácidos fenólicos e flavonoides já mostraram capacidade de redução de glicação de proteínas (RAHBAR, FIGAROLA, 2003), considerando este ponto, Zhao et al. (2007) ao avaliar um extrato aquoso de polissacarídeos de *Opuntia monacantha* observou sinal de deslocamento químico de  $\delta\text{H}$  1,20 ppm, atribuindo ao  $\text{CH}_3$  de unidades de  $\alpha$ -L-ramnospiranose, considerando a possibilidade de inibição (junto a outros antioxidantes encontrados no extrato) da geração de radicais livres derivados do processo de glicação.

Os picos de deslocamento demonstram que as farinhas PE e PL possuem similaridade nos grupos constituintes, no entanto há diferenciação. Este fato pode ser observado na **Figura 2**, em que no dendograma do agrupamento hierárquico as amostras formam agrupamentos distintos entre PI PE e PL. No entanto, vale destacar que os *clusters* PE e PL tiveram uma tendência ao agrupamento, considerando que o tratamento

gerou uma normalização química, este resultado também foi observado na análise de componentes principais (PCA), **Figura 3**.

A análise estatística multivariada foi utilizada para reduzir a dimensionalidade preservando a maior parte da variância, a fim de observar os “padrões naturais” dos elementos analisados (KIM, PARK, 2009). A distribuição das amostras no gráfico de pontuação foi correlacionada com suas características que se relacionam. Os dois primeiros componentes principais representaram 73,751% da variância total (PC1, 53,001%; PC2, 20,75%). O gráfico de projeção bidimensional da PI, PE e PL (figura 3) demonstra resultado pertinentes para a identificação das farinhas, em que foram claramente separadas por PC1. O gráfico de projeção PCA foi aplicado com sucesso para diferenciar as farinhas PE e PL do cladódio in natura de palma.

A técnica de RMN tem se mostrado uma ferramenta essencial para avaliar a identidade e qualidade de matérias biológicas (MINJARES-FUENTES et al., 2017). Desta forma, foi obtida uma impressão digital dos extratos da PI, PE e PL por 1H RMN que amplia a caracterização química da sua composição e auxilia na sua autenticidade.

Em relação aos microelementos, os resultados obtidos estão descritos na **Tabela 3**.

**Tabela 3** – Perfil de microelementos das farinhas do cladódio da palma obtidas por secagem em estufa e liofilização

| Minerais %    | PE          | PL          |
|---------------|-------------|-------------|
| Potássio (K)  | 7,30 ±0,02* | 2,93 ±0,01  |
| Cloro (Cl)    | 5,44 ±0,01* | 1,67 ±0,00  |
| Magnésio (Mg) | 2,62 ±0,01* | 0,70 ±0,00  |
| Cálcio (Ca)   | 0,91 ±0,01  | 0,96 ±0,00* |
| Manganês (Mn) | 0,07 ±0,00  | 0,02 ±0,01  |
| Selênio (Se)  | 0,04 ±0,00  | 0,12 ±0,01  |
| Sódio (Na)    | 0,03 ±0,01* | 0,02 ±0,03  |

Fonte: Próprio Autor (2022) PE: Farinha da palma obtida na estufa; PL: Farinha de palma liofilizada.

\* Média ±desvio-padrão

Os minerais encontrados nas farinhas foram o potássio, cloro, magnésio, cálcio, manganês, selênio e sódio. As farinhas PE e PL não diferiram ( $p>0,05$ ) para manganês e selênio. No entanto, a secagem na estufa produziu uma farinha (PE) mais rica em potássio, cloro, magnésio e sódio comparada a PL. Somente o mineral cálcio foi estatisticamente superior na PL.

Outro achado pertinente foram as concentrações de cálcio, em ambas as farinhas, que se apresentaram superiores quando comparado a outros alimentos de origem vegetal como o brócolis (0,04%) e o repolho (0,51%) (DÍAZ et al., 2017). O consumo insuficiente de cálcio está relacionado com fragilidade óssea, distúrbios metabólicos e excesso de peso (MORAES et al., 2022), neste ponto, Aguilera-Barreiro et al. (2013) observaram que o consumo de palma melhorou a densidade mineral óssea em mulheres que possuíam baixa massa óssea.

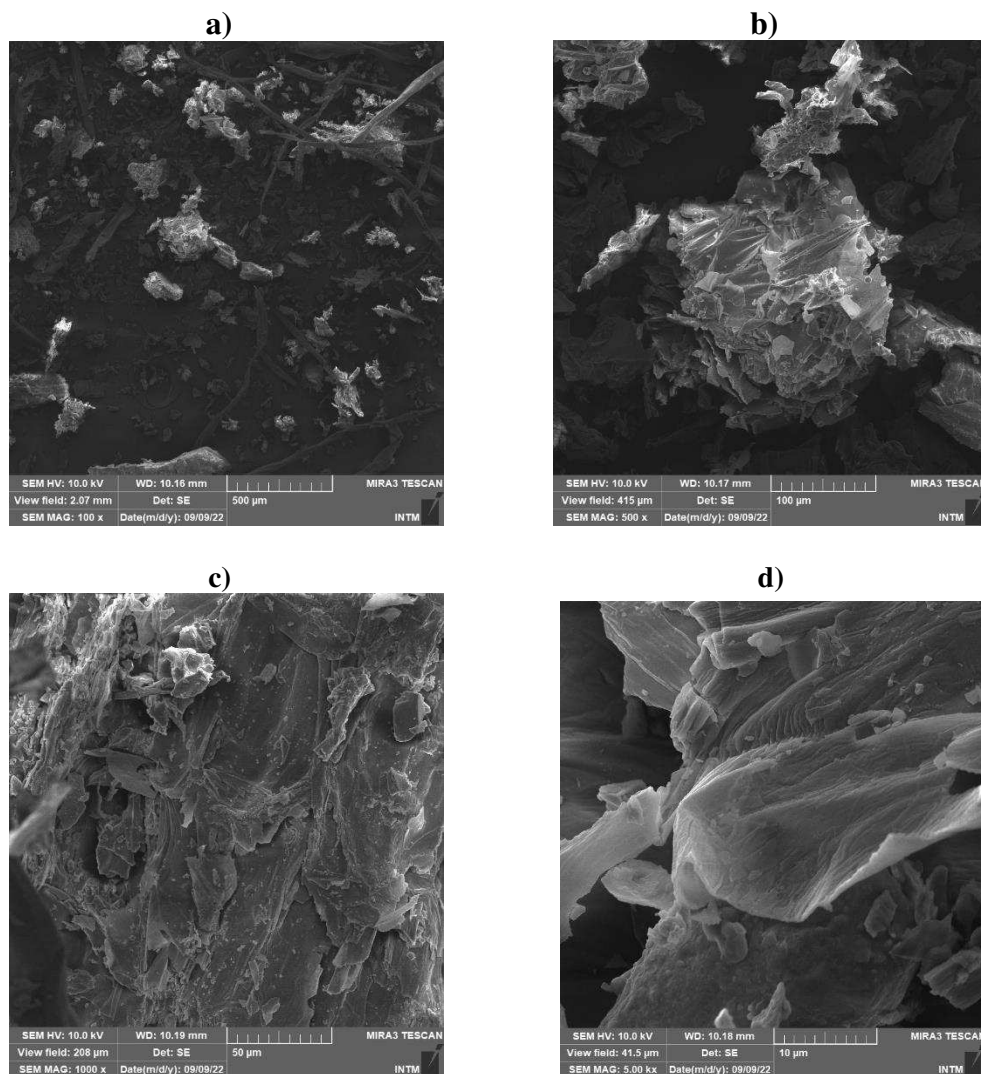
Em relação às concentrações de manganês e selênio, as farinhas PE e PL apresentaram valores de, com 0,07% e 0,02% de manganês e 0,04% e 0,12% de selênio, respectivamente. Considerando que as grandes fontes de selênio são carnes, peixes e nozes que normalmente possuem custo elevado (KIELISZEK, 2019), o consumo de 1 g da farinha PL ou PE fornece um teor de selênio superior à sua ingestão diária recomendada para mulheres adultas (PADOVANI, et al., 2006), podendo ser uma alternativa a ser inserida na alimentação habitual.

Dick et al. (2020) utilizando espectrometria de emissão óptica encontrou resultados semelhantes ao avaliar a farinha obtida por secagem em estufa do cladódio de *O. monacantha*, observou altas concentrações de potássio (4,55 g/100 g) e magnésio (1,05 g/100 g), considerando que a farinha pode ser utilizada com sucesso para melhorar a qualidade nutricional de produtos alimentícios. Du Toit et al. (2018) ao avaliarem a mucilagem liofilizada de diferentes variedades de palma encontraram concentrações de potássio de 2,9% na variedade *O. argelino*, resultado semelhante ao achado nesta pesquisa.

Assim, as altas concentrações de minerais disponíveis na farinha de palma (PE e PL) podem contribuir sobremaneira na fortificação da alimentação dos indivíduos, bem como no enriquecimento nutricional de produtos e matrizes alimentares.

Na **Figura 4** e na **Figura 5** estão as imagens obtidas por micrografia eletrônica de varredura das farinhas PE e PL em quatro ampliações diferentes: (a) 100x, (b) 500x, (c) 1000x, (d) 5000x.

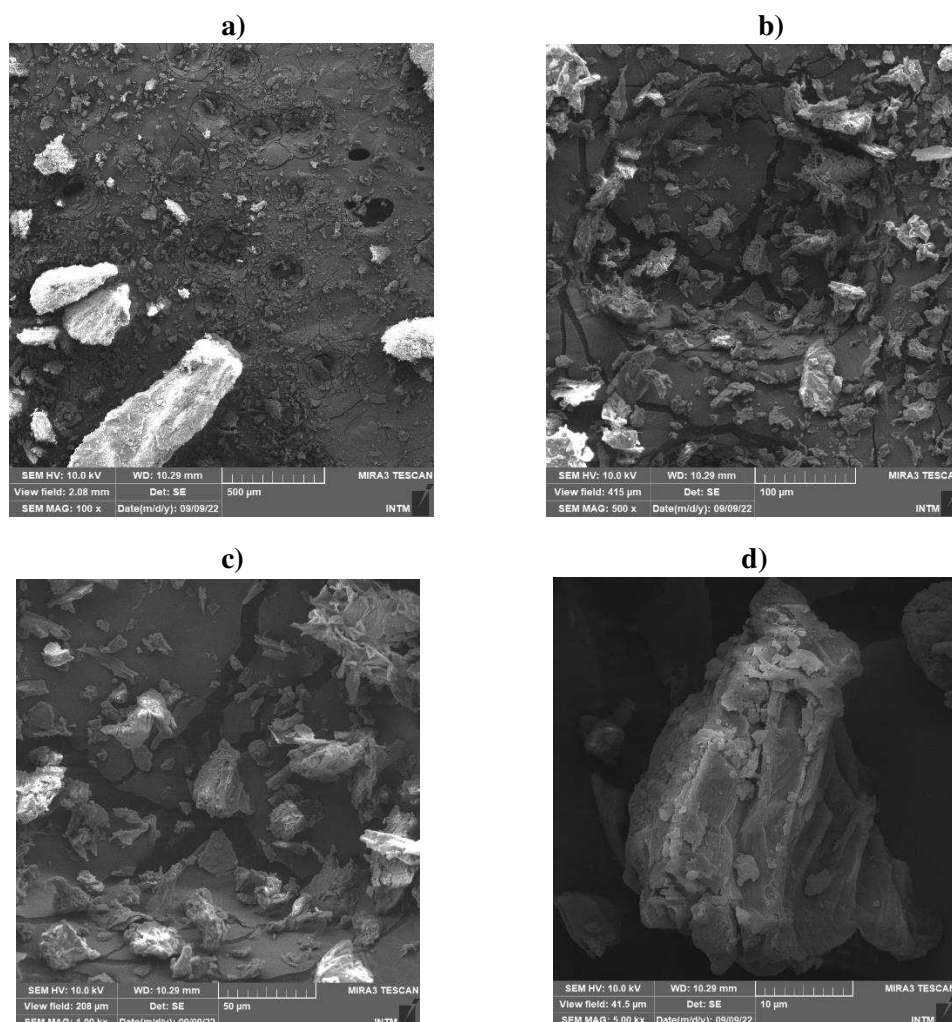
**Figura 4** - Micrografias em microscópica eletrônica de varredura (MEV) da farinha da palma *Opuntia ficus-indica* seca em estufa de circulação de ar (PE).



Fonte: Próprio Autor (2022). Ampliações: (a) 100x, (b) 500x, (c) 1000x, (d) 5000x.

Na morfologia da PE e da PL observou-se a presença de partículas não uniformes com superfície e geometria escamosa com irregularidades, com tendência a forma retangular, característica semelhante à farinha de aveia que é amplamente utilizada na indústria de alimentos (CANALIS et al., 2019). Resultado semelhante foi encontrado por Martins et al. (2022) ao avaliar a farinha da cactácea mandacaru obtida por secagem em estufa. Os aspectos morfológicos das farinhas dependem da matéria-prima e do método de processamento empregado, como o tamanho da malha da peneira e a utilização de moinho de facas ou processador (SAKHARE et al., 2014). Nesta pesquisa optou-se por utilizar moinho de facas e uma malha de diâmetro 230 *mesh* visando uma maior pulverização do produto.

**Figura 5** - Micrografias em microscópica eletrônica de varredura (MEV) da farinha da palma *Opuntia ficus-indica* liofilizada (PL).



Fonte: Próprio Autor (2022). Ampliações: (a) 100x, (b) 500x, (c) 1000x, (d) 5000x

### 3.3 Açúcares e ácidos orgânicos

Os resultados obtidos de açúcares e ácidos orgânicos da palma *in natura* de das farinhas obtidas por secagem convectiva em estufa e liofilização encontram-se na **Tabela 4**.

**Tabela 4.** Perfil de açúcares e ácidos orgânicos (média  $\pm$  desvio padrão) da palma *in natura* e das farinhas obtidas por estufa de circulação de ar e liofilização.

| Parâmetros                        | PI                            | PE                            | PL                            |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <i>Açúcares Simples (g/100 g)</i> |                               |                               |                               |
| Glicose                           | 16,19 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup> | 3,75 $\pm$ 0,31 <sup>b</sup>  | 2,07 $\pm$ 0,06 <sup>c</sup>  |
| Frutose                           | 2,74 $\pm$ 0,43 <sup>b</sup>  | 4,76 $\pm$ 0,41 <sup>a</sup>  | 2,87 $\pm$ 0,21 <sup>b</sup>  |
| <i>Ácidos Orgânicos (g/100 g)</i> |                               |                               |                               |
| Cítrico                           | 8,80 $\pm$ 0,61 <sup>c</sup>  | 18,13 $\pm$ 1,00 <sup>a</sup> | 15,22 $\pm$ 0,90 <sup>b</sup> |
| Málico                            | 16,22 $\pm$ 0,59 <sup>a</sup> | 3,02 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>  | 2,83 $\pm$ 0,37 <sup>b</sup>  |
| Succínico                         | 37,13 $\pm$ 0,75 <sup>a</sup> | 3,41 $\pm$ 0,48 <sup>c</sup>  | 3,83 $\pm$ 0,69 <sup>b</sup>  |

|         |                        |                         |                         |
|---------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Lático  | <LOD                   | 9,03±0,38 <sup>a</sup>  | 6,34±1,01 <sup>b</sup>  |
| Fórmico | 3,79±0,25 <sup>c</sup> | 6,56 ±0,50 <sup>a</sup> | 6,13 ±1,14 <sup>b</sup> |

Fonte: Próprio Autor (2023). Para uma mesma amostra, letras diferentes em uma mesma linha representam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) no teste de Tukey. <LOD: abaixo do limite de detecção.

Os principais açúcares detectados nas amostras foram a glicose e a frutose, indicando alta atividade fotossintética (CRUZ-RUBIO et al., 2020). A PI apresentou um conteúdo de 16,19 g/100 g, a PE de 3,75 g/100 g e a PL 2,07 g/100g ( $p < 0,05$ ) de glicose. O teor deste açúcar encontrado na PL sugere o seu uso em dietas de baixo índice glicêmico, especialmente por estar associada a compostos antioxidantes e fibras alimentares (**Tabelas 1 e 5**). Em relação ao conteúdo de frutose encontrado nas amostras, observou-se que a PE (4,76 g/100 g) apresentou maior concentração deste açúcar quando comparado à PI (2,74 g/100 g) e PL (2,87 g/100 g), apresentando assim maior dulçor. Xie et al. (2022) ao avaliar diferentes métodos de secagem em vesículas de suco de limão observou que a secagem convectiva apresentou maiores conteúdos de açúcares comparados aos resultados obtidos por liofilização, este padrão também ocorreu na secagem dos cladódios de palma, onde a PE apresentou maiores conteúdos de açúcares comparados à PL ( $p < 0,05$ ).

Os ácidos orgânicos encontrados nos cladódios de palma *in natura* e nas farinhas foram o cítrico (PI 8,80 g/100 g; PE 18,13 g/100g; PL 1,22 g/100 g), o málico (PI 16,22 g/100 g; PE 30,02 g/100 g; PL 2,83 g/100 g), o succínico (PI 37,13 g/100 g; PE 3,41 g/100 g; PL 3,83 g/100 g), o lático (PE 9,03 g/100 g; PL 6,34 g/100 g) e o fórmico (PI 3,79 g/100 g; PE 6,56 g/100 g; PL 6,13 g/100 g). A PE apresentou maiores concentrações ( $p < 0,05$ ) dos ácidos cítrico, málico lático e fórmico quando comparado a PL que obteve valor superior apenas de ácido succínico ( $p < 0,05$ ) ao comparar com a PE. Os ácidos orgânicos possuem, devido às suas propriedades funcionais, uso diverso na indústria alimentícia, farmacêutica e química (ALSAHEB et al., 2015). Em alimentos, estes ácidos são responsáveis por características sensoriais como sabor e flavor, proporcionam ainda atividade antimicrobiana (MARTINS et al., 2022; PHAM et al., 2022). Em geral, os resultados obtidos corroboram com a literatura, em que são encontrados nos cladódios de palma os ácidos oxálico, malônico, málico, succínico, tartárico e cítrico (ANDREU et al., 2017; STINTZING et al., 2001). Vale salientar que esta composição pode ter variabilidade devido a fatores como a espécie, o método de extração, o modo de cultivo e o crescimento e desenvolvimento da planta (MARTINS et al., 2022; CRUZ-RUBIO et al., 2020).

3.4 Teor de fenólicos e flavonoides totais, atividade antioxidante total, ácido ascórbico e perfil fenólico do cladódio de palma *in natura* e das farinhas obtidas por estufa de circulação de ar e liofilização.

Os resultados referentes ao conteúdo de antioxidantes presentes na PI, PE e PL encontram-se descritos na **Tabela 5**.

**Tabela 5.** Teor total de compostos fenólicos, flavonoides, atividade antioxidante e perfil fenólico do cladódio da palma *in natura* e das farinhas obtidas por estufa de circulação de ar e liofilização.

| Parâmetros                                    | PI                       | PE                        | PL                        |
|-----------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <i>Potencial Antioxidante</i>                 |                          |                           |                           |
| Fenólicos Totais (mg AGE/100 g) <sup>1</sup>  | 199,93±0,09 <sup>c</sup> | 799,83 ±0,06 <sup>a</sup> | 229,49 ±0,03 <sup>b</sup> |
| Flavonoides Totais (mg CE/100 g) <sup>2</sup> | 41,16 ±0,05 <sup>c</sup> | 189,16 ±0,02 <sup>a</sup> | 134,76 ±0,03 <sup>b</sup> |
| FRAP (μmol TEAC/g) <sup>3</sup>               | 1,26 ±0,08 <sup>c</sup>  | 7,04 ±0,05 <sup>a</sup>   | 5,17 ±0,09 <sup>b</sup>   |
| ABTS (μmol TEAC/g) <sup>4</sup>               | 0,30 ±0,06 <sup>c</sup>  | 48,46 ±0,012 <sup>a</sup> | 10,01 ±0,00 <sup>b</sup>  |
| Ácido ascórbico mg/100 g <sup>5</sup>         | 19,70 ±0,08 <sup>c</sup> | 34,20 ±0,10 <sup>b</sup>  | 36,90 ±0,10 <sup>a</sup>  |
| <i>Perfil fenólico (mg/100 g)</i>             |                          |                           |                           |
| Hesperidina                                   | 0,51±0,0 <sup>b</sup>    | 0,19±0,0 <sup>c</sup>     | 1,39 ±0,02 <sup>a</sup>   |
| Cis-Resveratrol                               | 4,60±0,01 <sup>a</sup>   | 0,13±0,0 <sup>c</sup>     | 2,18±0,02 <sup>b</sup>    |
| Naringenina                                   | -                        | 3,44±0,03 <sup>a</sup>    | 0,25±0,3 <sup>b</sup>     |
| Procianidina B1                               | -                        | 9,91±0,03 <sup>a</sup>    | 0,29±0,01 <sup>b</sup>    |
| Catequina                                     | 3,23±0,01 <sup>b</sup>   | -                         | 5,73±0,03 <sup>a</sup>    |
| Procianidina B2                               | 3,65 ±0,01 <sup>b</sup>  | 0,78±0,0 <sup>c</sup>     | 4,54 ±0,04 <sup>a</sup>   |
| Galato de epigallocatequina                   | -                        | -                         | 0,22±0,0                  |
| Epicatequina                                  | 1,89 ±0,01 <sup>b</sup>  | 2,07 ±0,02 <sup>a</sup>   | 1,59 ±0,01 <sup>c</sup>   |
| Galato de epicatequina                        | -                        | -                         | 0,24±0,02                 |
| Procianidina A2                               | -                        | -                         | 4,85±0,02                 |
| Ácido Clorogênico                             | -                        | 0,11±0,0 <sup>b</sup>     | 3,15±0,01 <sup>a</sup>    |
| Ácido Cafeico                                 | -                        | 4,31±0,01 <sup>a</sup>    | 2,39±0,01 <sup>b</sup>    |
| Miricetina                                    | 2,61±0,02 <sup>a</sup>   | 0,15±0,02 <sup>c</sup>    | 0,56±0,02 <sup>b</sup>    |
| Quercitina                                    | 0,20±0,0 <sup>b</sup>    | 0,57±0,01 <sup>a</sup>    | 0,13±0,01 <sup>c</sup>    |
| Rutina                                        | 0,11±0,0 <sup>c</sup>    | 0,35±0,02 <sup>b</sup>    | 0,81±0,01 <sup>a</sup>    |
| Kaempferol                                    | 0,13 ±0,0 <sup>c</sup>   | 0,22±0,0 <sup>b</sup>     | 4,15±0,03 <sup>a</sup>    |

Fonte: Próprio Autor (2022). PI: cladódio da palma *in natura*; PE: Farinha obtida na estufa; PL: Farinha liofilizada.<sup>1</sup>Os resultados são expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico (GAE) por cem gramas de amostra (mg EGA/100 g); <sup>2</sup>Os resultados são expressos em miligramas de equivalente de catequina (CE) por cem gramas de amostra (mg EC/100 g); <sup>3</sup>Os resultados são expressos em micromol de Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) por cem gramas de amostra (μmol TEAC/100 g). <sup>4</sup>Os resultados são expressos em micromol de Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) por grama de amostra (μmol TEAC/100 g). <sup>5</sup>Os resultados são expressos em grama por cem gramas de ácido Ascórbico (mg/100 g). Abreviaturas: FRAP - capacidade redutora férrica do plasma; catião ABTS•+ -

ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzo-tiazolina)-6-sulfônico. <sup>ac</sup> Média  $\pm$ desvio-padrão com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos.

No presente estudo, as amostras PI, PE e PL apresentaram valores de fenólicos totais de 199,93, 799,83 e 229,49 mg AGE/100 g, respectivamente. Mesmo a secagem convectiva possibilitando a maior degradação dos compostos bioativos (MORAIS, et al., 2021) houve uma maior concentração de fenólicos totais na PE em comparação com a PL, este resultado pode ser atribuído à maior concentração de nutrientes decorrentes do método de secagem que apresentou uma maior eficiência na redução da umidade na PE. Elshehy et al. (2020), ao avaliar a composição nutricional do extrato de cladódios de *O. ficus-indica*, encontrou uma concentração de fenólicos totais de 119,66 mg AGE/100 g no extrato do cladódio *in natura*, resultado este inferior ao encontrado nesta pesquisa. Aruwa et al. (2019) ao avaliarem o potencial antioxidante de cladódios de *Opuntia ficus-indica* encontraram valores mais altos de fenólicos totais nas amostras liofilizadas (861 mg AGE/100g) e inferiores aos achados nesta pesquisa para as amostras secas em estufa (723 mg AGE/100g), os autores concluíram que os métodos de secagem utilizados, a idade dos cladódios analisados, os procedimentos de obtenção dos extratos e a variação de cultivo são fatores primordiais no rendimento e conteúdo de compostos fenólicos totais das amostras.

Quanto ao teor de flavonoides totais, os resultados para PI, PE e PL foram 41,16, 189,16 e 134,76 mg CE/100g, respectivamente, houve uma maior concentração de flavonoides totais na PE em comparação com a PL, visto que a secagem convectiva apresentou uma maior eficiência na redução da umidade da amostra. Soto et al. (2015) ao avaliar o cladódio de palma silvestre liofilizada encontrou valores inferiores, comparados a este estudo, de fenólicos totais e flavonoides totais, 340 mg AGE/100g e 35 mg CE/100g respectivamente. É importante salientar que as condições ambientais estão ligadas à produção de fenólicos e flavonoides pelas plantas, considerando que a luz ultravioleta, o estresse salino, o estresse hídrico, a temperatura, a disponibilidade de nutrientes do solo e os altos níveis de CO<sub>2</sub> interferem diretamente na disponibilidade desses compostos (ALVES et al., 2017). Um ponto importante observado por outros estudos (BARBAGALLO et al., 2008; BANDURSKA et al., 2012) é que a disponibilidade de água aumenta o conteúdo de compostos fenólicos totais dos cultivares. Alves et al. (2017) observou que no cladódio de *Opuntia spp.* o conteúdo de fenólicos totais foram superiores em períodos de chuva enquanto que em períodos de estresse hídrico houve uma maior concentração de flavonoides, resultado semelhante foi encontrado por SÁNCHEZ-

RODRÍGUEZ et al. (2012) ao avaliar cultivares de tomate. Tais informações são pertinentes para este estudo, visto que as amostras para a produção das farinhas foram coletadas em período com alta pluviosidade.

Em relação ao poder de redução férrico encontrado nas amostras pelo método FRAP, os resultados obtidos foram: PI 1,26  $\mu\text{mol TEAC/g}$ ; PE 7,04  $\mu\text{mol TEAC/g}$  e PL 5,17  $\mu\text{mol TEAC/g}$  ( $p < 0,05$ ), em que, em relação ao poder de redução antioxidante encontrado nas amostras da palma estufa apresentou uma maior atividade antioxidante, podendo contribuir na redução da peroxidação lipídica em produtos alimentícios, auxiliando na manutenção das características como cor, flavor e textura durante o armazenamento (GULCIN, 2020). Aruwa et al. (2019) encontraram valores próximos de FRAP em *Opuntia ficus-indica* obtidos por secagem em estufa (6,21  $\mu\text{mol TEAC/g}$ ) e superiores no obtido por liofilização (8,71  $\mu\text{mol TEAC/g}$ ).

Os resultados encontrados de ABTS nas PI, PE e PL foram 0,30, 48,46 e 10,01  $\mu\text{mol TEAC/g}$  respectivamente, diferindo estatisticamente entre si. Observou-se atividade antioxidante mais elevada na farinha de palma obtida na estufa de circulação de ar. Martins et al. (2022) encontrou valores inferiores de ABTS na farinha de mandacaru (2,64  $\mu\text{mol TEAC/g}$ ) quando comparado à farinha de palma obtida em estufa, assim como Soto et al. (2015), ao avaliar a farinha de nopal obtida por diferentes métodos de secagem, obtendo valores inferiores de ABTS na farinha liofilizada (6,11  $\mu\text{mol TEAC/g}$ ) aos encontrados nesta pesquisa. A PE apresentou uma maior perda de umidade, concentrando mais nutrientes, deste modo, mesmo o calor propiciando uma maior degradação de compostos termicamente sensíveis ainda houve uma maior concentração de antioxidantes avaliados pelo método FRAP e ABTS quando comparado à farinha liofilizada. Outros fatores que interferem na degradação dos compostos durante o processamento são os métodos de secagem aplicadas ao material vegetal bem como as temperaturas utilizadas, tais variações podem afetar o rendimento e funções biológicas dos extratos (ARUWA, AMOO, KUDANGA, 2019).

Os resultados obtidos de ácido ascórbico foram 19,70, 34,20 e 36,90 mg/100 g para PI, PE e PL respectivamente ( $p < 0,05$ ) demonstrando que houve uma maior concentração nas farinhas. Conteúdos de ácido ascórbico inferiores à PI foram encontrados em cladódios jovens de *Opuntia ficus-indica* (17,34 mg/100 g), no entanto, estes valores sofrem variações relacionadas ao horário de colheita devido ao metabolismo das cactáceas, onde há aumento do conteúdo de vitamina C no decorrer do dia (BARAZARTE et al., 2017).

A PE apresentou uma concentração semelhante de ácido ascórbico quando comparado à farinha de mandacaru (35,22 mg/100 g) desenvolvida por Martins et al. (2022), no entanto, o conteúdo deste nutriente na PL foi superior. Considerando que o método de secagem a frio (liofilização) foi mais eficiente na preservação da vitamina C. O ácido ascórbico é essencial para os seres humanos, participando de diversas funções metabólicas, atuando como potente antioxidante e participando em processos celulares prevenindo infecções e fortalecendo o sistema imunológico (BILSKA et al., 2019; NJUS et al., 2020), deste modo as farinhas PE e PL apresentam um ótimo conteúdo desse nutriente, podendo ser inseridas na alimentação humana bem como no enriquecimento de produtos alimentícios pela indústria.

Foram encontrados nas amostras dezesseis compostos fenólicos distintos. Os principais foram: hisperidina, cis-resveratrol, naringenina, procianidina B1, procianidina B2, procianidina A1, catequina, epicatequina, ácido clorigênico, ácido cafeico e kaempferol. A PL apresentou conteúdos relevantes de catequina (5,73 mg/100 g), procianidina B2 (4,54 mg/100 g), procianidina A1 (4,85 mg/100 g) e kaempferol (4,15 mg/100 g). A PE obteve conteúdos significativos de ácido cafeico (4,31 mg/100 g), naringenina (3,44 mg/100 g) e procianidina B1 (9,91 mg/100g). Os resultados obtidos demonstraram que a farinha de palma liofilizada apresentou maior concentração e preservação da maioria dos compostos fenólicos quando comparado à farinha obtida por secagem convectiva, este resultado sugere que a PL pode ser utilizada em alimentos para trazer benefícios associados a doenças relacionadas ao estresse oxidativo reduzindo o risco no desenvolvimento de doenças crônicas (JELENA et al., 2018; JOMOVÁ et al., 2019). Os valores de naringenina, catequina, procianidina A2 e ácido cafeico encontrados nesta pesquisa na PE foram superiores aos encontrados por Martins et al., (2022) na farinha de mandacaru, no entanto a farinha de mandacaru obteve maiores concentrações de kaempferol. Nabil et al., (2020) ao avaliar a farinha de cladódio de palma obtida por secagem convectiva encontrou valores superiores de rutina e ácido cafeico quando comparado a esta pesquisa.

A variação no quantitativo de antioxidantes relatada por outros autores ocorre em parte devido a variâncias metodológicas, tanto nos métodos de secagem quanto na obtenção dos extratos, e variações das matrizes utilizadas que sofrem influência da espécie, do clima, do método de cultivo e da idade do cladódio analisado (ARUWA, AMOO, KUDANGA, 2019; BOUTAKIOUT et al., 2018; DÍAZ et al., 2017). O uso dos antioxidantes naturais tem sido alvo de um maior interesse na utilização em produtos

alimentícios, visto que são prontamente assimilados pelo organismo humano e apresentam pouco ou nenhum efeito adverso (ARUWA, AMOO, KUDANGA, 2019), neste aspecto consideram-se as excelentes características antioxidantes apresentadas pelas farinhas de palma como um potencial uso na indústria alimentícia.

#### 4.0 Conclusão

Neste estudo os processos de secagem empregados concentraram e preservaram os nutrientes advindos do cladódio da palma *in natura*, no entanto, o processo de secagem em estufa de circulação de ar foi mais eficiente na secagem e concentração da maioria dos nutrientes e na preservação de compostos fenólicos.

As farinhas do cladódio de palma apresentam nutrientes importantes com conteúdo significativo de minerais e fibras dietéticas. O alto teor de compostos fenólicos e flavonoides encontrados podem estar associados a um alto potencial antioxidante. As farinhas de palma ampliam o uso desta matriz como potencial ingrediente de produtos alimentícios devido ao seu grande potencial nutricional e agroecológico. Estudos aprofundados de formulações de novos produtos ainda são necessários para garantir a qualidade e segurança do seu uso principalmente na alimentação humana.

#### Referências

- ANDREU, L.; NUNCIO-JÁUREGUI, N.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A.; LEGUA, P.; HERNÁNDEZ, F. Antioxidant properties and chemical characterization of Spanish *Opuntia ficus-indica* Mill. cladodes and fruits. **J Sci Food Agric.**, v. 98, n. 4, p. 1566-1573, 2017.
- AGUILERA-BARREIRO, M. A.; RIVERA-MARQUEZ, J. A.; TRUJILLO-ARRIAGA, H. M.; TAMAYO, J. A.; BARREIRA-MERCADO, O. E.; RODRIGUEZ-GARCIA, M. E. Intake of dehydrated nopal (*Opuntia ficus indica*) improves bone mineral density and calciuria in adult Mexican women. **Food & Nutrition Research**, v. 57, n. 1, p. 19106, 2013.
- ALSAHEB, R. A. A.; ALADDIN, A.; OTHMAN, N. Z.; ABD MALEK, R.; LENG, O. M.; AZIZ, R.; EL ENSHASY, H. A. Lactic acid applications in pharmaceutical and cosmeceutical industries. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v. ?, n. 7, p. 729-735, 2015
- ALVES, F. A. L.; ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, M. G. V; SOUZA, M. F. V.; SANTOS, D. C. Seasonal variability of phenolic compounds and antioxidant activity in prickly pear cladodes of *Opuntia* and *Nopalea* genres. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 4, p. 536-543, 2017.

- ALVES, S. A.; CONSTANT, P. B. L.; TELES, A. R. S. Avaliação físico-química e sensorial de pão de forma elaborado com farinha de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*). Research, **Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e14101119433, 2021.
- ALVES, F. A. L.; ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, M. G. V.; SOUZA, M. F. V.; PESSOA, C.; OLIVEIRA, F. C. E.; FILHO, S. G. B.; SANTOS, D. C. Genetic diversity and seasonal chemical profile by <sup>1</sup>H NMR and cytotoxic activity in *Opuntia* and *Nopalea* genres. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 10, n. 44, p. 732-747, 2016.
- ALVES, F. A. L. Utilização de técnicas de análise multivariadas no estudo da diversidade genética em quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*). **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 26, n. 1, p. e2351262021, 2021.
- AOAC - Association of Agricultural Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Agricultural Chemists** 21. ed. Arlington: 2019.
- APHA. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 5th.ed. Washington: **Armer Public Health assn**, p.995. 2015.
- ARUWA, C. E.; AMOO, S. O.; KUDANGA, T. Extractable and macromolecular antioxidants of *Opuntia ficus-indica* cladodes: Phytochemical profiling, antioxidant and antibacterial activities. **South African Journal of Botany**, v. 125, n. ?, p. 402-410, 2019.
- BANDURSKA, H., PIETROWSKA-BOREK, M., & CIESLAK, M.. Response of barley seedlings to water deficit and enhanced UV-B irradiation acting alone and in combination. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 34, n. 1, p. 161-171, 2012
- BARAZARTE, H.; TERÁN, Y.; RAMÓN, D.; PÉREZ, L.; GARMENDIA, C.; MORENO, I.; RODRÍGUES, E.; PACHECO, D.; COLMENARES, C.; URDANETA, A. B. S. Physical and chemical characteristics of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Cladodes. **Ver. Fac. Agron.**, v. 34, n. ?, p. 175-186, 2017.
- BARBAGALLO, R. N., CHISARI, M., BRANCA, F., & SPAGNA, G. Pectin methylesterase, polyphenol oxidase and physicochemical Properties of typical long-storage cherry tomatoes cultivated under water stress regime. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 3, p. 389-396, 2008.
- BATISTA, K. S.; ALVES, A. F.; LIMA, M. D. S.; SILVA, L. A.; LINS, P. P.; GOMES, J. A. S.; SILVA, A. S.; TOSCANO, L. T.; MEIRELES, B. R. L. A.; CORDEIRO, A. M. T. M.; CONCEIÇÃO, M. L.; SOUZA, E. L.; AQUINO, J. S. Beneficial effects of consumption of acerola, cashew or guava processing by-products on intestinal health and lipid metabolism in dyslipidaemic female Wistar rats. **British Journal of Nutrition**, v. 119,n.? p. 30–41, 2018.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. **Anal Biochem**, v. 239, n. ?, p. 70-76, 1996.
- BEZERRA, J. A., BRITO, M. M. D. Nutricional and Antioxidant Potencial of Unconvencional Food Plants and Their Use in Food: Review. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e369997159-e369997159, 2020.

- BILSKA, K.; WOJCIECHOWSKA, N.; ALIPOUR, S.; KALEMBA, E.M. Ascorbic acid—The little-known antioxidant in woody plants. **Antioxidants**, v. 8, n. 645(p)???, 2019.
- BOCHNAK-NIEDŹWIECKA, J., SZYMANOWSKA, U., KAPUSTA, I., ŚWIECA, M. Antioxidant Content and Antioxidant Capacity of the Protein-Rich Powdered Beverages Enriched with Flax Seeds Gum. **Antioxidants**, v. 11, n. 3, p. 582, 2022.
- BOUKID, F.; BOUKID, Z.; MEJRI, M. Opuntia Cladodes: Physicochemical parameters, Functional Properties and Application in Formulation of Rolled Cake of Cladode Flour Fabric (Part 2). **Int. J. Adv. Sci. Eng.** V. 1, n. 4, p. 30-34, 2015.
- BOUTAKIOUT, A.; ELOTHMANI, D.; HANINE, H.; MAHROUZ, M.; MEURLAY, D. L.; HMID, I.; ENNAHLI, S. Effects of different harvesting seasons on antioxidant activity and phenolic content of prickly pear cladode juice. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n.?, p. 471-480, 2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2022). **Instrução Normativa nº. 161**, de 1º de julho de 2022. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2022). Resolução – **RDC Nº. 711**, de 1º de julho de 2022. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- BRITO, T. B. N. *et al.*. Chemical composition and physicochemical characterization for cabbage and pineapple by-products flour valorization. **LWT - Food Science and Technology**, v. 124, p. 109028, 2020.
- CANALIS, M.S.B.; LEÓN, A.E.; RIBOTTA, P.D. Incorporation of dietary fiber on the cookie dough. Effects on thermal properties and water availability. **Food Chem.** V. 271, p. 309–317, 2019.
- CÁNOVAS, G. V. B., FONTANA JR, A. J., SCHMIDT, S. J., LABUZA, T. P. (Ed) **Water activity in foods: fundamentals and applications**. John Wiley & Sons, 2020.
- CARDOSO, D. R.; PINTO, L. I. F.; LIMA, M. A.; SOARES, I. F.; ROCHA, F. P. S.; SILVA, R. A.; VIANA, V. G. F. Potencial tecnológico e composição da farinha de jenipapo (*Genipa americana* L.) obtida por secagem em convecção. **Brazilian Journal of Development**. V.6, n. 6, p. 33448-33467, 2020.
- CHAHDOURA, H.; CHAOUCH, M. A.; CHOUCHENE, W.; CHAHED, A.; ACHOUR, S.; ADOUNI, K.; MOSBAH, H.; MAJDOUB, H.; FLAMINI, G.; ACHOUR, L. Incorporation of *Opuntia macrorhiza* Engelm. in cake-making: Physical and sensory characteristics. **LWT Food Science and Technology**. V. 90, p. 15–21, 2018.
- COELHO, E. M.; PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SÁ, A. G. B.; PEREIRA, G. E.; AZEVÊDO, L. C.; LIMA, M. S. Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and characterization of products from northeast Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 160-167, 2018.

CRUZ-RÍBIO, J. M.; MUELLER, M.; LOEPPERT, R.; VIERNSTEIN, H.; PRAZNIK, W. The Effect of Cladode Drying Techniques on the Prebiotic Potential and Molecular Characteristics of the Mucilage Extracted from *Opuntia ficus-indica* and *Opuntia joconostle*. **Scientia Pharmaceutica**. V. 88, n. 43, p. 1-16, 2020.

DÍAZ, M. S. S.; ROSA, A. P. B.; HÉLIÈS-TOUSSAINT, C.; GUÉRAUD, F.; NÈGRE-SALVAYRE, A. *Opuntia* spp.: Characterization and Benefits in Chronic Diseases. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**. 8634249, 2017.

DICK, M.; LIMBERGER, C.; THYS, R. C. S.; RIOS, A. O.; FLÔRES, S. H. Mucilage and cladode flour from cactus (*Opuntia monacantha*) as alternative ingredients in gluten-free crackers. **Food Chemistry**. V. 314, 2020.

DU-TOIT, A.; WIT, M.; HUGO, A. Cultivar and Harvest Month Influence the Nutrient Content of *Opuntia* spp. Cactus Pear Cladode Mucilage Extracts. **Molecules**. V. 23, n. 916, 2018.

EL-ANANY, A.; ALI, R. F.; MOUSA, H.; HAMAD, E. Nutritional and sensory characteristics of bread enriched with roasted prickly pears (*Opuntia ficus-indica*) seed flour. **Food & Function**, 2020.

ELSHEHY, H. R.; SAYED, S. S. E.; MAWLA, A. E. M.; AGAMY, N. F. Nutritional Value of Cladodes and Fruits of Prickly Pears (*Opuntia ficus-indica*). **Alex. J. Fd. Sci. & Technol.** V. 17, n. 1, p. 17-25, 2020.

ETIENNE, D. T. *et al.*. Nutritive Contents of Cakes Enriched with Almonds Powder of Terminalia catappa of Côte d'Ivoire. **Asian Research Journal of Agriculture**, p. 1-15, 2017.

FOLCH, J.; LESS, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1957.

GOUWS, C.; MORTAZAVI, R.; MELLOR, D.; MCKUNE, A.; NAUMOVSKI, N. The effects of Prickly Pear fruit and cladode (*Opuntia* spp.) consumption on blood lipids: A systematic review. **Complementary Therapies in Medicine**. V. 50, 102384, 2020.

GULCIN, I. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. **Archives of Toxicology**. V. 94, p. 651-715, 2020.

HERNÁNDEZ-BECERRA, E.; AGUILERA-BARREIRO, M. A.; CONTRERAS-PADILHA, M.; PÉREZ-TORRERO, E.; RODRIGUEZ-GARCIA, M. E. Nopal cladodes (*Opuntia Ficus-Indica*): Nutritional properties and functional potential. **Journal of Functional Foods**. V. 95, 105183, 2022.

HORWITZ, W.; LATIMER J. R.; GEORGE, W. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC. 2005.

IAL – Instituto Adolf Lutz. **Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. São Paulo, IAL, 1020 p., 2008.

JELENA, C. H.; GIORGIO, R.; JUSTYNA, G.; NEDA, M. D.; NATASA, S.; ARTUR, B.; GIUSEPPE, G. Beneficial effects of polyphenols on chronic diseases and ageing. In: GALANAKIS, C. M. **Polyphenols: Properties, Recovery and Applications**. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Inc. p. 69–102, 2018.

JOMOVÁ, K.; HUDECOVA, L.; LAURO, P.; SIMUNKOVA, M.; ALWASEL, S. H.; ALHAZZA, I. M.; VALKO, M. A switch between antioxidant and prooxidant properties of the phenolic compounds myricetin, morin, 3', 4'-dihydroxyflavone, taxifolin and 4- hydroxy-coumarin in the presence of copper (II) ions: a spectroscopic, absorption titration and DNA damage study. **Molecules**, n. 24, p. 4335, 2019

KIELISZEK, M. Selenium–Fascinating Microelement, Properties and Sources in Food. **Molecules**. V. 24, n. 1298, 2019.

KIM, H.; PARK, S. H. Metabolic Profiling and Discrimination of Two Cacti Cultivated in Korea Using HPLC-ESI-MS and Multivariate Statistical Analysis. **J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.** V. 52, n. 4, p. 346-352, 2009.

KSURVESWARAN, S.; CAI, Y. Z.; CORKE, H.; SUN, M. Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 938-953, 2007.

KUMAR, G. P. *et al.*. Effect of different drying methods on the quality characteristics of *Pangasius hypophthalmus*. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 10, p. 184-195, 2017.

LANZARINI, D. P.; MARTINS, R. C.; RAUEN, T. G.; BRAVO, C. E. C.; PINTO, E. P.; Controle de qualidade aplicado a farinha de trigo panificável produzida em moinhos do estado do Paraná. **Brazilian Journal of Development**. V. 6, n. 4, p. 16916-16929, 2020.

LIMA, R. S.; FERREIRA, S. R. S.; VITALI, L.; BLOCK, J. M. May the superfruit red guava and its processing waste be a potential ingredient in functional foods? **Food Research International**, v. 115, p. 451-459, 2019.

LIU, M. *et al.*. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 50, 2926–2930, 2002.

MARTINS, A. C. S.; MEDEIROS, G. K. V. V.; SILVA, J. Y. P.; VIERA, V. B.; BARROS, P. S.; LIMA, M. S.; SILVA, M. S.; TAVARES, J. F.; NASCIMENTO, Y. M.; SILVA, E. F.; SOARES, J. K. B.; SOUZA, E. L.; OLIVEIRA, M. E. G. Physical, Nutritional, and Bioactive Properties of Mandacaru Cladode Flour (*Cereus jamacaru* DC.): An Unconventional Food Plant from the Semi-Arid Brazilian Northeast. **Foods**. V. 11, n. 3814, 2022.

MENA, P.; TASSOTTI, M.; ANDREU, L.; NUNCIO-JÁUREGUI, N.; LEGUA, P.; DEL-RIO, D.; HERNÁNDEZ, F. Phytochemical characterization of different prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) cultivars and botanical parts: UHPLC-ESIMS metabolomics profiles and their chemometric analysis. **Food Research International**. V. 108, p. 301-308, 2018.

- MINJARES-FUENTES, R.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, V. M.; GONZÁLEZ-LAREDO, R. F.; EIM, V.; GONZÁLEZ-CENTENO, M. R.; FEMENIA, A. Effect of different drying procedures on the bioactive polysaccharide acemannan from Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). **Carbohydrate Polymers**. V. 188, p. 327-336, 2017.
- MONTEIRO, S. A.; BARBOSA, M. M.; SILVA, F. F. M. D; BEZERRA, R. F.; MAIA, K. S. Preparation, phytochemical and bromatological evaluation of flour obtained from the acerola (*Malpighia punicifolia*) agroindustrial residue with potential use as fiber source. **LWT- Food Science and Technology**, v. 134, 2020.
- MORAES, A. B. V.; VEIGA, G. V.; AZEREDO, V. B.; SICHIERI, R.; PEREIRA, R. A. Dieta saudável e ingestão adequada de cálcio. **Cadernos de Saúde Pública**. V. 38, n. 9, e00142222, 2022.
- MORAIS, F. A., BELISÁRIO, C. M., FAVARETO, R., MAIA, G. P. A. G., CARVALHO, V. D. F. Influência das temperaturas de secagem nas características físico-químicas da polpa do baru. **Agrarian**. V. 14, n. 51, p. 119-126, 2021.
- MSADDAK, L.; ABDELHEDI, KRIDENE, A.; RATEB, M.; BELBAHRI, L.; AMMAR, E.; NASRI, M.; ZOUARI, N. Opuntia ficus-indica cladodes as a functional ingredient: bioactive compounds profile and their effect on antioxidant quality of bread. **Lipids in Health and Disease**. V. 16, n. 32. 2017.
- NABIL, B.; OUAABOV, R.; OUHAMMOU, M.; ESSAADOUNI, L.; MAHROUZ, M. Functional Properties, antioxidant activity, and organoleptic quality of novel biscuit produced by moroccan cladode flour “*Opuntia ficus-indica*”. **Journal of Food Quality**, id3442398, 2020.
- NASCIMENTO, C. M. O. **Propriedades físico-químicas, nutricionais e funcionais de farinha de batata doce de polpa alaranjada e seu potencial de coloração de Petit Suisse**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- NJUS, D.; KELLEY, P.M.; TU, Y.-J.; SCHLEGEL, H.B. Ascorbic acid: The chemistry underlying its antioxidant properties. **Free Radic. Biol. Med.** V. 159, p 37-43, 2020.
- NUNES, B. V., BARBOSA, E. A., MENDONÇA, H. O. P., REIS, M. C., MELO, A. C., REINA, L. D. C. B., MELO, J. O. F. **Produção Artesanal de Farinhas**. Ciências Agrárias: O avanço da ciência no Brasil. Editora Científica Digital. Vol. 5, 2022.
- ONAKPOYA, I. J.; O’SULLIVAN, J.; HENEGHAN, C. J. The effect of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) on body weight and cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. **Nutrition**. V. 31, n. 5, p. 640-646, 2015.
- PADILHA, C. V. S. *et al.*. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food Chemistry**, v. 228, p. 106-115, 2017.

- PADOVANI, R. M.; FARFÁN, J. A.; COLUGNATI, F. A. B.; DOMENE, S. M. A. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**. V. 19, n. 6, p. 741-760, 2006.
- PARAFATI, L.; RESTUCCIA, C.; PALMERI, R.; FALLICO, B.; ARENA, E. Characterization of Prickly Pear Peel Flour as a Bioactive and Functional Ingredient in Bread Preparation. **Foods**. V. 9, n. 1189, 2020.
- PHAM, V. H.; ABBAS, W.; HUANG, J. H. E, Q., ZHEN, W.; GUO, Y.; WANG, Z. Effect of blending encapsulated essential oils and organic acids as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance and intestinal health in broilers with necrotic enteritis. **Poultry Science**, n. 101, p. 101563, 2022.
- PROSKY, L. *et al.*. Determination of insoluble and soluble dietary fibers in foods and food products. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists International**, v. 75, n. 2, p. 360-367, 1995.
- PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 8, p. 396-402, 2000.
- RAHBAR, S.; FIGAROLA, J. L. Novel inhibitors of advanced glycation endproducts. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. V. 419, p. 63–79, 2003.
- SAKHARE, S.D.; INAMDAR, A.A.; SOUMYA, C.; INDRANI, D.; RAO, G.V. Effect of flour particle size on microstructural, rheological and physico-sensory characteristics of bread and south Indian parotta. **J. Food Sci. Technol**. V. 51, p. 4108–4113, 2014.
- SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E.; RUIZ, J. M.; FERRERES, F.; MORENO, D. A. Phenolic profiles of cherry tomatoes as influenced by hydric stress and rootstock technique. **Food Chemistry**. V. 15, nº. 134, p. 775-82, 2012.
- SANTIAGO, E.; FERNANDÉZ, M. D.; CID, C.; PEÑA, M. P. Impact of cooking process on nutritional composition and antioxidants of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**. V. 1, n. 240, p. 1055-1062, 2017.
- SANTOS, L. B. D. **Bioplásticos produzidos a partir de subprodutos de processamento de laranja**. 2022. Dissertação (Mestrado em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2022.
- SANTOS, O. V.; CARDOSO, J. L. S. B.; SOARES, S. D.; MARTINS, M. G.; NASCIMENTO, F. C. A.; TEIXEIRA-COSTA, B. E. Influência da secagem convectiva sobre os compostos bioativos, estruturas morfológicas e perfil espectroscópico da polpa de murici (*Byrsonima crassifolia*). **Scientia Plena**. V. 16, n. 11, p. 111502, 2020.
- SILVA, G. M., ROCHA, N. C., SOUZA, B. K. M., AMARAL, M. P. C., CUNHA, N. S. R., MORAES, L. V. S., GEMAQUE, E. M., DUTRA, C. D. T., MOURA, J. S., MENDES, P. M. O potencial das plantas alimentícias não convencionais (PANC): uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**. V. 8, n. 2, p. 14838-14853, 2022.

SOTO, G. M.; FABIÁN, F. C.; PÉREZ, T. H.; LÓPEZ, O. P. Effect of Drying Methods on the Nutraceutical Potential of Cactus Cladodes (*Opuntia spp.*). **International Journal of Food and Nutritional Science**. V. 2, n. 6, p. 1-6, 2015.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. **European Food Research and Technology**. n. 212, p. 396-407, 2001.

SUAREZ, L. M., FAN, H., ZAPATA, J. E., WU, J. Optimization of Enzymatic Hydrolysis for Preparing Cassava Leaf Hydrolysate with Antioxidant Activity. **Food and Bioprocess Technology**, v. 14, n. 12, p. 2181-2194, 2021.

TERRA, S. B.; FERREIRA, B. P. Conhecimento de plantas alimentícias não convencionais em assentamentos rurais. **Revista Verde**, v. 15, n. 12, p. 221-228, 2020.

TREJO, C. A.; CARRASCO, J. A. L.; GARCIA, T. G.; MORENO, I. E.; DUARTE, M. M.; GALLO, L. C.; MELENDEZ, R.M.; ARROYO, B. P.; FIGUEROA, C. S. Development of a third Generation snack of rice starch enriched with nopal flour (*Opuntia ficus-indica*). **Molecules**, v. 26, n. 54, p. 1-24, 2021.

TROCHE, J. M. R.; LICEAGA, H. T.; GILL, S.; BALMORI, M. A.; ROSSI, M.; RAMÍREZ, G. H.; MAZCORRO, J. F. G.; WHELAN, K. Nopal fiber (*Opuntia ficus-indica*) improves symptoms in irritable bowel syndrome in the short term: a randomized controlled trial. **Neurogastroenterology & Motility**. E13986, 2020.

UMUHOZARILHO, M. G.; HAGENIMANA, T.; NSABIMANA, P.; SIRIMU, C.; UWOBASA, N.; UWINEZA, A. P. Effect of oven and freeze drying on nutritional composition of pumpkin (*Cucurbita maxima*) processed flour. **Rwanda Journal of Agricultural Sciences**. V. 2, n. 1, p. 33-39, 2020.

URIARTE-FRÍAS, G.; HERNÁNDEZ-ORTEGA, M. M.; GUTIÉRREZ-SALMEÁN, G.; SANTIAGO-ORTIZ, M. M.; MORRIS-QUEVEDO, H. J.; MENESES-MAYO, M. Pre-Hispanic Foods Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*), Nopal (*Opuntia 76ícus-indica*) and Amaranth (*Amaranthus sp.*) as New Alternative Ingredients for Developing Functional Cookies. **Journal of Fungi**. V. 7, n. 11, 2021

XAVIER, I. R., FREITAS, L. L., SOUZA, A. S., SOUZA, C. C. E., ZANUTO, M. E. Estudo da estabilidade da farinha de palma (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) armazenada em sachês de alumínio. **Brazilian Journal of Development**. V. 7, n.11, p. 104692-104717, 2021.

XIE, H.; ZHAO, R.; LIU, C.; WU, H.; DUAN, X.; HU, J.; YANG, F.; WANG, H. Dynamic Changes in Volatile Flavor Compounds, Amino Acids, Organic Acids, and Soluble Sugars in Lemon Juice Vesicles during Freeze-Drying and Hot-Air Drying. **Foods**. V. 11, n. 2862, p. 1-18, 2022.

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.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**. v. 64, n. 4, p. 555 – 559, 1999.

ZHAO, M.; YANG, N.; YANG, B.; JIANG, Y.; ZHANG, G. Structural characterization of water-soluble polysaccharides from *Opuntia monacantha* cladodes in relation to their anti-glycated activities. **Food Chemistry**. V. 105, p. 1480-1486, 2007.



**Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de  
Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT**

Número do Processo: BR 10 2022 025592 0

**Dados do Depositante (71)**

---

**Depositante 1 de 1**

**Nome ou Razão Social:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - PB

**Tipo de Pessoa:** Pessoa Jurídica

**CPF/CNPJ:** 05055128000176

**Nacionalidade:** Brasileira

**Qualificação Jurídica:** Instituição de Ensino e Pesquisa

**Endereço:** AV. APRIGIO VELOSO, 882 - UNIVERSITÁRIO

**Cidade:** Campina Grande

**Estado:** PB

**CEP:** 58429900

**País:** Brasil

**Telefone:** (83) 2011601

**Fax:** (83) 21011601

**Email:** nitt@ufcg.edu.br

## Dados do Pedido

---

**Natureza Patente:** 10 - Patente de Invenção (PI)

**Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54):** FARINHA LIOFILIZADA DO FILOCLÁDIO DE PALMA (Opuntia ficus-indica L.)

**Resumo:** A farinha liofilizada do filocládio de palma (Opuntia ficus-indica) é uma invenção que busca atender a atual demanda mais exigente do consumidor quanto a aquisição de alimentos, buscando sempre uma composição nutricional elevada que proporcione benefícios à saúde e com características de produção sustentável dos produtos. A invenção se destaca no campo da tecnologia de alimentos devido a utilização do filocládio de palma como ingrediente potencialmente funcional, uma vez que é uma cactácea rica em vitaminas, minerais, fibras e compostos bioativos que, quando consumido em quantidades adequadas, pode contribuir com diversas funções metabólicas e auxiliar na prevenção de diversas doenças. Ademais, o filocládio de palma é uma planta com ampla distribuição no Nordeste brasileiro, possui uma baixa demanda de água, fácil manejo agrícola, não é necessário a utilização de maquinários específicos para seu cultivo, gerando economia no setor produtivo, além de estar alinhado as expectativas do consumidor que buscam por produtos com maior aporte nutricional e que sejam ecologicamente sustentáveis. A invenção apresenta grande valor ecológico, diminuindo o impacto ambiental e aumentando a produtividade. Ademais o produto em si vai de encontro ao novo perfil de consumidor que busca por produtos com qualidade nutricional, de baixo impacto ambiental e que promova benefícios à saúde ao passo que nutre. A invenção possui metodologia de fácil reprodução, longa vida de prateleira, características apreciadas pelos consumidores, além de possuir grande potencial mercadológico. Por fim, a invenção ainda pode proporcionar a geração de emprego e renda de agricultores da região Nordeste, bem como a contribuição para o fortalecimento e expansão do agronegócio.

**Figura a publicar:** 1

---

### PETICIONAMENTO ELETRÔNICO

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em 14/12/2022 às 17:12, Petição 870220117450

**Dados do Inventor (72)**

---

**Inventor 1 de 11**

**Nome:** JULIANA KÉSSIA BARBOSA SOARES MOREIRA

**CPF:** [REDACTED]

**Nacionalidade:** Brasileira

**Qualificação Física:** Professor do ensino superior

**Endereço:** Endereço: Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Saúde, Laboratório de Tecnologia e Análise Sensorial de Alimentos, Campus de Cuité/PB

**Cidade:** Cuité

**Estado:** PB

**CEP:** 58175-000

**País:** BRASIL

**Telefone:** (83) [REDACTED]

**Fax:**

**Email:** juliana.kessia@professor.ufcg.edu.br

**Inventor 2 de 11**

**Nome:** NAYANE MEDEIROS SANTOS

**CPF:** [REDACTED]

**Nacionalidade:** Brasileira

**Qualificação Física:** Mestrando

**Endereço:** RUA: JOSIAS VIEIRA DE FIGUEIREDO

**Cidade:** SOUSA

**Estado:** PB

**CEP:** 58804-670

**País:** BRASIL

**Telefone:** (83) [REDACTED]

**Fax:**

**Email:** nayane.medeiros@hotmail.com

**Inventor 3 de 11**

---

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em 14/12/2022 às 17:12, Petição 870220117450



## CAPÍTULO 9

### APLICAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS: UMA BREVE REVISÃO

Elizangela Sousa Silva Ferreira <sup>1</sup>

Nayane Medeiros Santos <sup>2</sup>

Renally de Lima Moura <sup>3</sup>

Ana Cristina Martins <sup>4</sup>

Juliana Késsia Barbosa Soares Moreira <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Licenciada em Matemática, especialista em Educação de Jovens e Adultos e Mestranda em Ciências Naturais e Biotecnologia; <sup>2</sup> Nutricionista, especialista em Nutrição em Nefrologia e Mestrada em Ciências Naturais e Biotecnologia UFOP; <sup>3</sup> Nutricionista, Mestranda em Ciências Naturais e Biotecnologia; <sup>4</sup> Orientadora/Professora Drª CES/UFOP.

[zaccallia100@hotmail.com](mailto:zaccallia100@hotmail.com)

**RESUMO:** Rica em nutrientes, a Palma Forrageira é uma planta que tornou-se uma alternativa para o semi-árido nordestino, sendo uma boa opção de suplementação alimentar para os animais bem como humanos. Esta pesquisa objetivou revisar a literatura científica acerca das publicações que demonstrem o potencial nutricional e gastronômico da palma registrado nos últimos 5 anos. Para tal foi realizada uma revisão de literatura através de pesquisa nas bases de dados, Periódicos Capes, ScienceDirect e Google Acadêmico, utilizando a combinação dos seguintes descritores: "PANC" or "opuntia ficus indica" and "food products". Foram encontrados 232 artigos e deste selecionados 10 que encontravam-se de acordo com os critérios de inclusão e exclusão propostos na pesquisa. Avaliando os estudos selecionados, pode-se concluir que a utilização da palma forrageira para a elaboração de produtos alimentícios é uma alternativa viável para o aproveitamento integral desta planta tão abundante em regiões áridas e semiáridas do mundo. Além de ser uma fonte nutricionalmente rica, a produção e comercialização de produtos advindos das mais diferentes partes da *Opuntia ficus-indica* pode

185