

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

A TRANSFORMAÇÃO DE ORA-PRO-NÓBIS (*Pereskia  
aculeata* Miller), PLANTA ALIMENTÍCIA NÃO  
CONVENCIONAL, EM INGREDIENTE PARA A  
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Discente: Jamile Castelo de Araújo  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mariana Buranelo Egea  
Coorientador: Prof. Dr. Osvaldo Resende

Rio Verde – GO

Novembro - 2022

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

A TRANSFORMAÇÃO DE ORA-PRO-NÓBIS (*Pereskia  
aculeata* Miller), PLANTA ALIMENTÍCIA NÃO  
CONVENCIONAL, EM INGREDIENTE PARA A  
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Discente: Jamile Castelo de Araújo  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mariana Buranelo Egea  
Coorientador: Prof. Dr. Osvaldo Resende

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Linha de pesquisa: Inovação e desenvolvimento de produtos a partir de frutos nativos, com ênfase em frutos do Cerrado.

Rio Verde - GO

Novembro – 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

Araújo, Jamile Castelo de  
AAR663 t A transformação de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*  
Miller), planta alimentícia não convencional, em  
ingrediente para a indústria de alimentos / Jamile  
Castelo de Araújo; orientadora Mariana Buranelo  
Egea; co-orientador Osvaldo Resende. -- Rio Verde,  
2022.  
70 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós Graduação  
em Tecnologia de Alimentos) -- Instituto Federal  
Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. secagem. 2. farinha. 3. compostos bioativos.  
4. alimentos funcionais. I. Egea, Mariana Buranelo,  
orient. II. Resende, Osvaldo, co-orient. III. Título.

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)                  | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização)       | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação)                   | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Jamile Castelo de Araújo

Matrícula:

2020202330740044

Título do trabalho:

A transformação de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller), planta alimentícia não convencional, em ingrediente para a indústria de alimentos

### RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde - GO  
Local

15 / 03 / 2023  
Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

A TRANSFORMAÇÃO DE ORA-PRO-NÓBIS (*Pereskia aculeata* Miller),  
PLANTA ALIMENTÍCIA NÃO CONVENCIONAL, EM INGREDIENTE PARA A  
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Autora: Jamile Castelo de Araújo  
Orientadora: Dra. Mariana Buranelo Egea

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração em  
Tecnologia de Alimentos

APROVADA em 24 de novembro de 2022.

Dr. Daniel Emanuel Cabral de  
Oliveira  
Avaliador interno  
IF Goiano/RV

Dr. Ailton Cesar Lemes  
Avaliador externo  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Dra. Sibeles Santos Fernandes  
Avaliadora externa  
Universidade Federal do Rio Grande

Dra. Mariana Buranelo Egea  
Presidente da Banca  
IF Goiano/RV

## AGRADECIMENTOS

A Deus por toda sorte de bênçãos que tem concedido a mim. Por sua bondade, misericórdia, fidelidade e amor. A Ele seja toda honra e glória!

Aos meus pais Binele e Jocianne, por acreditarem em mim e apostarem nos meus sonhos. Vocês são meu maior incentivo. Às minhas irmãs Anaís e Rebeca, por tornarem meus dias alegres com suas brincadeiras.

A toda minha família, especialmente meus avós, por torcerem por mim.

À minha admirada orientadora prof. Dr<sup>a</sup> Mariana Egea, por ter me escolhido e por me apoiar com muita destreza, paciência e profissionalismo. Obrigada pela compreensão e ensinamentos durante esses anos. Com a Senhora este percurso foi mais leve. Muito obrigada!

Ao prof. Dr. Osvaldo Resende, pelas contribuições e por ter permitido utilizar seu laboratório durante diversos dias para realizar minhas análises.

À minha amiga, Tainara Leal, por ter me acolhido, auxiliado e apoiado em todas as minhas dificuldades. Desejo muito sucesso em sua vida.

A toda equipe de discentes que não mediram esforços para me ajudarem nas análises necessárias.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade e contribuições para minha vida acadêmica e profissional.

## BIOGRAFIA DA AUTORA

Jamile Castelo de Araújo, filha de Binele Fernandes de Araújo e Jocianne Castelo de Araújo, nasceu no dia 20/05/1995 na cidade de Rio Branco – AC. Concluiu o Ensino Fundamental no ano de 2008 no Colégio Acreano e o Ensino Médio no ano de 2011 na Escola Professor José Rodrigues Leite. Graduada em Nutrição, modalidade bacharelado, no ano de 2017 pela Universidade Federal do Acre. Durante a graduação participou do Programa de Tutoria da referida instituição, bem como foi monitora de diversas disciplinas. É pós-graduada em Gestão de Unidades de Alimentação e Nutrição pela Universidade Cândido Mendes, tendo concluído o curso no ano de 2022. Em setembro de 2020 iniciou como aluna do curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos sob orientação da professora Dra<sup>a</sup> Mariana Buranelo Egea, com conclusão prevista para novembro de 2022.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 14 |
| 2. REFERÊNCIAS .....   | 16 |
| 3. OBJETIVOS .....   | 18 |
| 3.1. Geral .....   | 18 |
| 3.2. Específicos .....   | 18 |
| CAPÍTULO I: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....  | 19 |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 20 |
| 2. Plantas Alimentícias Não Convencionais .....  | 21 |
| 3. Ora-pro-nóbis .....   | 22 |
| 4. Secagem de Alimentos .....  | 23 |
| 5. CONCLUSÃO .....   | 24 |
| 6. REFERÊNCIAS .....   | 25 |
| CAPÍTULO II: FOLHA DE ORA-PRO-NÓBIS ( <i>Pereskia aculeata</i> Miller): AVALIAÇÃO DA<br>CINÉTICA DE SECAGEM CONVECTIVA E DA QUALIDADE DO PRODUTO ..... | 30 |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 33 |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS .....   | 34 |
| 2.1. Material vegetal .....  | 34 |
| 2.2. Processo de secagem convectiva .....  | 35 |
| 2.3. Medida das folhas .....   | 38 |
| 2.4. Análises químicas .....   | 38 |
| 2.5. Análises tecnológicas da farinha .....  | 39 |
| 2.6. Cor das folhas .....  | 40 |
| 2.7. Análises térmicas .....   | 41 |
| 2.8. Análise por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) ...  | 41 |
| 2.9. Compostos fenólicos, teor de clorofila e atividade antioxidante .....   | 41 |
| 2.10. Análises estatísticas .....  | 42 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....   | 42 |
| 3.1. Cinética de secagem das folhas de ora-pro-nóbis .....   | 42 |
| 3.2. Características físicas das folhas .....  | 49 |
| 3.3. Composição química e atividade de água das farinhas .....   | 50 |
| 3.4. Compostos fenólicos e atividade antioxidante .....  | 52 |
| 3.5. Características tecnológicas das farinhas .....   | 54 |
| 3.6. Análise de cor.....   | 56 |
| 3.7. Análises térmicas .....   | 58 |
| 3.8. Espectrometria de absorção de infravermelho (FTIR) .....  | 60 |
| 4. CONCLUSÃO .....   | 61 |
| 5. REFERÊNCIAS .....   | 62 |



## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Fluxograma com etapas do processo .....   | 34 |
| Figura 2. Folhas de ora-pro-nóbis ( <i>Pereskia aculeata</i> Miller) cultivadas no IF Goiano Rio Verde  | 35 |
| Figura 3. Distribuição das folhas de ora-pro-nóbis nas bandejas durante processo de secagem .....   | 36 |
| Figura 4. Teor de água (b.s.) das folhas de ora-pro-nóbis durante o tempo de secagem nas temperaturas de 35, 45 e 55°C (A) e 65 e 75°C (B) .....              | 43 |
| Figura 5. Valores experimentais e estimados pelo modelo de Midilli para a secagem das folhas de ora-pro-nóbis nas temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75°C ..... | 49 |
| Figura 6. Compostos fenólicos totais das farinhas de ora-pro-nóbis em temperaturas distintas .....  | 53 |
| Figura 7. Teores de atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH de farinha de ora-pro-nóbis em diferentes temperaturas .....                             | 54 |
| Figura 8. Teor de clorofila das farinhas de ora-pro-nóbis obtidas em temperaturas distintas .....   | 58 |
| Figura 9. Calorimetria diferencial de varredura (DSC) de farinha de ora-pro-nóbis em diferentes temperaturas .....  | 59 |
| Figura 10. Espectros obtidos por infravermelho de farinha de ora-pro-nóbis em temperaturas distintas .....  | 60 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para modelagem do processo de secagem das folhas de ora-pro-nóbis .....   | 36 |
| Tabela 2. Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e erro médio estimado (SE) calculados de acordo com os modelos matemáticos ajustados para a secagem de ora-pro-nóbis nas temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75°C .....               | 44 |
| Tabela 3. Valores para o teste de Qui-quadrado e erro médio relativo (P) calculados de com os modelos matemáticos ajustados para a secagem de ora-pro-nóbis nas temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75°C .....                        | 46 |
| Tabela 4. Valores dos critérios de informação de Akaike (AIC) e critérios de informação bayesiano de Schwarz (BIC) para os modelos matemáticos ajustados a fim de predizer a cinética de secagem das folhas de ora-pro-nóbis ..... | 47 |
| Tabela 5. Coeficientes do modelo de Midilli para a secagem das folhas de ora-pro-nóbis .....   | 48 |
| Tabela 6. Composição química e atividade de água das farinhas de ora-pro-nóbis em diferentes temperaturas (em base seca) .....   | 51 |
| Tabela 7. Características tecnológicas das farinhas de ora-pro-nóbis em temperaturas distintas ....  | 54 |
| Tabela 8. Parâmetros de cor ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , $C^*$ , $H^*$ ) das folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....  | 58 |
| Tabela 9. Propriedades térmicas das farinhas de ora-pro-nóbis em diferentes temperaturas .....   | 59 |

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACIONES E UNIDADES

ABTS - (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico))

AOAC - Official Methods of Analysis

b.s. – Base seca

b.u. – Base úmida

DPPH - (2,2-difenil-1picril-hidrazila)

DSC – Differential Scanning Calorimetry

EAG – Equivalente de ácido gálico

C\* - Chroma

g – Gramas

J - Joule

kcal - Quilocalorias

L\* - Luminosidade

L - Litro

mg - Miligramas

mL – Mililitros

nm – Nanômetro

PANCs – Plantas Alimentícias não Convencionais

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

°C - Graus celsius

a\* - Coordenada de cor instrumental

b\* - Coordenada de cor instrumental

µg – Micrograma

≅ - Aproximadamente igual

## RESUMO

**ARAÚJO, J.C.** A transformação de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller), planta alimentícia não convencional, em ingrediente para a indústria de alimentos. 2022. Dissertação ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.

As plantas alimentícias não convencionais (PANCs) são espécies de plantas comestíveis que não fazem parte do cardápio habitual da maioria da população. *Pereskia aculeata* Miller, conhecida no Brasil como “ora-pro-nóbis”, é uma espécie que possui relevante valor nutritivo, entre as quais podem destacar proteínas, fibras, vitaminas e minerais. Também, apresenta atividade terapêutica sendo utilizada para o tratamento de anemia, osteoporose, feridas cutâneas e processos inflamatórios. Embora apresente grande potencial produtivo, com boa adaptação em ambientes com alto estado de alteração e perturbação, e com solo sem adubação nitrogenada, elevado valor nutricional, propriedades medicinais e valor gastronômico regional, ainda é pouco explorada e conhecida pela população devido alteração dos hábitos alimentares, competitividade no mercado com as plantas convencionais, reduzida disponibilidade no mercado e não comercialização, e limitação de informações sobre as propriedades nutricionais, sendo necessária maior divulgação, encorajamento de pesquisas, com o intuito de verificar as possibilidades de aplicações industriais e/ou em menor escala aumentar a variedade de alimentos para o consumo humano. O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos da secagem convectiva das folhas de ora-pro-nóbis submetidas as temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75°C, ajustar os modelos matemáticos aos dados experimentais obtidos durante a secagem e avaliar as características químicas, térmicas, tecnológicas e quantificação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante da farinha obtida. Os modelos de Midilli e Valcam foram os que se enquadraram para descrever a cinética de secagem das folhas de ora-pro-nóbis. Em relação as análises realizadas, as farinhas apresentaram quantidades significativas de umidade (8,71 a 12,96 g 100 g), proteínas (3,45 a 18,82 g 100 g), fibras (43,32 a 58,62 g 100 g), reduzida atividade de água no caso das farinhas obtidas a partir da secagem a 55°C (0,52) e 65°C (0,59), compostos fenólicos totais (709,67 a 1224,08 mg EAG g<sup>-1</sup>), bem como características que permitem sua utilização como ingrediente funcional para a indústria de alimentos, como adequada capacidade de absorção de gorduras e bons índices de absorção e solubilidade em água. Concluiu-se que o modelo matemático proposto por Midilli é, dentre aqueles que foram testados, que apresenta melhor ajuste aos dados experimentais da cinética de secagem das folhas de ora-pro-nóbis, e que ainda é possível utilizar a farinha de ora-pro-nóbis como ingrediente alimentar para produção de produtos de consumo regular, além de ser estratégia de baixo custo para aumentar a ingestão de nutrientes e promover a exploração de novo alimento.

**Palavras-chave:** secagem, farinha, compostos bioativos, alimento funcional.

## ABSTRACT

**ARAÚJO, J.C.** The transformation of ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller), an unconventional food plant, into ingredients for food industry. 2022. Dissertation to Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, as part of the requirements of the Graduate Program in Food Technology.

Unconventional food plants (PANCs) are edible plant species that are not part of the usual menu of the population majority. *Pereskia aculeata* Miller, known in Brazil as “ora-pro-nóbis”, is a species that has significant nutritional value, among which we can highlight proteins, fibers, vitamins and minerals. Also, it presents therapeutic activity being used for treatment of anemia, osteoporosis, skin wounds and inflammatory processes. Although it has great productive potential, with good adaptation in environments with a high state of alteration and disturbance, and with soil without nitrogen fertilization, high nutritional value, medicinal properties and regional gastronomic value, it is still little explored and known by the population due to changes in eating habits, competitiveness in the market with conventional plants, reduced availability in the market and non-commercialization, and limited information on nutritional properties. It requires greater dissemination and encouragement of research in order to verify the possibilities of industrial applications and/or on a smaller scale increase the variety of foods for human consumption. The present study aimed to evaluate the effects of convective drying of ora-pro-nóbis leaves submitted to temperatures of 35, 45, 55, 65 and 75°C on the chemical, thermal, technological characteristics and quantification of phenolic compounds and antioxidant activity of obtained flour. The Midilli and Valcam models were the ones that fit to describe the drying kinetics of ora-pro-nóbis leaves. Regarding the analyzes carried out, the flours showed significant amounts of moisture (8.71 to 12.96 g 100 g), proteins (3.45 to 18.82 g 100 g), fibers (43.32 to 58.62 g 100 g), reduced water activity in the case of flours obtained from drying at 55 °C (0.52) and 65 °C (0.59), total phenolic compounds (709.67 to 1224.08 mg EAG g<sup>-1</sup>), as well as characteristics that allow its use as a functional ingredient for the food industry, such as adequate fat absorption capacity and good rates of absorption and solubility in water. It was concluded that the mathematical model proposed by Midilli is, among those that were tested, the one that best fits the experimental data on the drying kinetics of ora-pro-nóbis leaves, and that it is still possible to use ora-pro-nóbis flour as a food ingredient for the production of products with regular consumption, in addition to being a low-cost strategy to increase nutrient intake and promote the exploration of a new food.

**Keywords:** drying, flour, bioactive compounds, functional food.

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente busca por alimentos naturais, ricos em nutrientes, de fácil cultivo, tem despertado o interesse das indústrias alimentícias na elaboração de alimentos com elevado valor nutricional agregado, visando atender um público que possui, ou não, doenças associadas (SILVA e ORLANDELLI, 2019). Nesse sentido, as plantas alimentícias não convencionas (PANCs) são consideradas espécies de fácil cultivo, de fácil adaptação às condições de solo e clima, encontradas em diversos ambientes, como quintais, terrenos baldios, culturas agrícolas, pastos, fragmentos de florestas, beira de estradas, entre outros, sendo denominadas de matos, ervas daninhas ou plantas invasoras, sendo que dentre estas pode-se destacar a ora-pro-nóbis (BARREIRA *et al.*, 2015; CASEMIRO e VENDRAMIN, 2020; SARTORI *et al.*, 2020).

*Pereskia aculeata* Miller ou ora-pro-nóbis, é uma planta alimentícia não convencional, amplamente utilizada na culinária como ingrediente de preparações salgadas e doces, como saladas, sopas, omeletes, tortas, sucos, geleias, mousses e licores, e na medicina popular para o tratamento de deficiência de ferro, osteoporose, feridas cutâneas e processos inflamatórios (GARCIA *et al.*, 2019; EGEE e PIERCE, 2021). É uma espécie promissora na área da tecnologia de alimentos, para a elaboração de novos produtos, podendo ser utilizada para atender a demanda do mercado por alimentos funcionais (BIONDO, 2018).

Suas folhas possuem proteínas de alta digestibilidade e adequado perfil de aminoácidos, dentre eles aminoácidos essenciais como metionina, fenilalanina, isoleucina, leucina, valina e treonina (SANTOS, SANTOS e MARISCO, 2018). Também são ricas em fibra alimentar total (especialmente fibra solúvel), minerais (cálcio, magnésio, manganês, zinco, ferro e ácido fólico), vitaminas A e C, além de possuir biopolímero arabinogalactana em suas folhas, conhecido pelo potencial em formar emulsões, e a retirada dos hidrocoloides dessas folhas são utilizados como nova tecnologia de aditivos (espessante, emulsificante e estabilizante) na indústria de alimentos (JUNQUEIRA *et al.*, 2018; MARTIN *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2016; JUNIOR *et al.*, 2013).

A utilização da ora-pro-nóbis é muito limitada pois suas folhas apresentam ~ 90% de umidade, dificultando sua vida útil, bem como sua conservação como vegetal fresco. A fim de viabilizar a utilização das folhas de ora-pro-nóbis em mercados distantes dos locais de ocorrência da espécie, é interessante considerar a utilização de tecnologias que permitam o aumento de sua vida útil. A produção de farinhas, obtidas através do método de secagem, é de interesse para a indústria de alimentos, pois podem ser utilizados ou aplicados no desenvolvimento de produtos enriquecidos nutricionalmente, como pães, bolos e massas (BARBALHO *et al.*, 2016).

A secagem é empregada para manter vida útil (*shelf-life*), facilitar o transporte, comercialização e armazenamento, bem como redução das perdas geradas na pós-colheita dos alimentos, porque reduz o teor de água do material e conseqüentemente diminui atividade biológica e modificações físicas e químicas que poderiam ocorrer durante o armazenamento (CELESTINO, 2010; CORRÊA *et al.*, 2007). No entanto, apesar de suas vantagens, ela também pode causar algumas mudanças químicas e físicas que afetam a qualidade do produto desidratado em relação às propriedades nutricionais, cor, flavor (sabor e aroma) e textura, sendo que as principais causas de deterioração de produtos desidratados são reações de escurecimento enzimático e não enzimático, reações de oxidação dos lipídios, reações de oxidação das vitaminas e degradação dos pigmentos, logo o controle do processos de secagem é essencial para a garantia da qualidade do produto (CELESTINO, 2010).

Existem diversos meios para realizar a secagem dos alimentos, como a secagem natural, convectiva, por contato, liofilização, infravermelho e corrente dielétrica. A secagem convectiva é um dos meios mais utilizados para manter a conservação dos alimentos, pois é um método simples, rápido dependendo da matéria-prima utilizada, e de baixo custo, quando comparado as demais tecnologias necessitando de poucos materiais e mão de obra (SANTOS *et al.*, 2019; CELESTINO, 2010).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da secagem convectiva das folhas de ora-pro-nóbis submetidas as diversas temperaturas sobre as características químicas, térmicas, tecnológicas, ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais obtidos, bem como quantificação dos compostos bioativos e atividade antioxidante da farinha obtida.

## 2. REFERÊNCIAS

- BARREIRA, T. F. *et al.* Diversidade e equitabilidade de plantas alimentícias não convencionais na zona rural de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 17, n.4, p. 964–974, 2015.
- BARBALHO, S.M. *et al.* *Pereskia aculeata* Miller Flour: metabolic effects and composition. **Journal of Medicinal Food**, v. 19, n.9, p.890-894, 2016.
- BIONDO, E. *et al.* Diversidade e potencial de utilização de plantas alimentícias não convencionais ocorrentes no Vale do Taquari, RS. **Revista Eletrônica Científica UERGS**, v. 4, n. 1, p. 61-90, 2018.
- CASEMIRO, I.P., VENDRAMIN, A.L.A. Plantas alimentícias não convencionais no Brasil: o que a nutrição sabe sobre este tema? **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v.15, e42725, 2020.
- CELESTINO, S.M.C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.
- CÔRREA, P.C. *et al.* Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p. 501-510, 2007.
- EGEA, M.B., PIERCE, G. Bioactive compounds of Barbados Gooseberry (*Pereskia aculeata* Mill.). In: MURTHY, H.N., PACK, K.Y (eds.) **Bioactive Compounds in Underutilized Vegetables and Legumes**. Springer: Switzerland, p.2-10, 2021.
- GARCIA, J.A.A. *et al.* Phytochemical profile and biological activities of ‘Ora-pro-nobis’ leaves (*Pereskia aculeata* Miller), an underexploited superfood from the Brazilian Atlantic Forest. **Food Chemistry**, v. 294, p. 302-308, 2019.
- JUNIOR, F.A.L. *et al.* Response surface methodology for optimization of the mucilage extraction process from *Pereskia aculeata* Miller. **Food Hydrocolloids**, v.33, p.38-47, 2013.



JUNQUEIRA, L.A. *et al.* Rheological behavior and stability of emulsions obtained from *Pereskia aculeata* Miller via different drying methods. **International Journal of Food Properties**, v.21, n.1, p.21-35, 2018.

MARTIN, A.A. *et al.* Chemical structure and physical-chemical properties of mucilage from the leaves of *Pereskia aculeata*. **Food Hydrocolloids**, v.70, p. 20-28, 2017.

PIRES, M.B., SANTOS, A.K.S., SILVA, K.G.S. Caracterização das propriedades tecnológicas da farinha de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.). In: VIERA, V.B., PIOVESAN, N. **Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 2**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

SANTOS, D.C. *et al.* Drying kinetics and thermodynamic properties of patawa pulp (*Oenocarpus batua* Mart.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019.

SANTOS, A.Q., SANTOS, R.X., MARISCO, G. Atividades biológicas, toxicológicas e parâmetros nutricionais da *Pereskia aculeata* Miller: uma revisão bibliográfica. **Scientia Amazonia**, v.7, n.2, 2018.

SARTORI, V.C. *et al.* Plantas alimentícias não convencionais (PANC): resgatando a soberania alimentar e nutricional. Caxias do Sul, RS: **Educs**, 2020.

SILVA, V.S., ORLANDELLI, R.C. Desenvolvimento de Alimentos Funcionais nos últimos anos: uma revisão. **Revista Uningá**, v. 56, n. 2, p. 182-194, 2019.

SOUZA, L.F. *et al.* *Pereskia aculeata* Miller (cactaceae) leaves: chemical composition and biological activities. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 1478, 2016.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Geral**

Analisar os efeitos da secagem convectiva das folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes temperaturas, ajustar os modelos matemáticos aos dados experimentais obtidos durante a secagem e avaliar as propriedades físico-químicas, térmicas, tecnológicas, atividade antioxidante e compostos bioativos da farinha produzida.

#### **3.2. Específicos**

- Realizar levantamento bibliográfico sobre a planta alimentícia não convencional ora-pro-nóbis, bem como de técnicas que possibilitem seu uso para a indústria de alimentos;
- Analisar a cinética de desidratação das folhas para diferentes condições de temperatura de ar;
- Ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais obtidos durante a secagem das folhas;
- Produzir farinha utilizando as folhas de ora-pro-nóbis obtidas após secagem;
- Determinar a composição físico-química, propriedades tecnológicas, térmicas, atividade antioxidante e compostos bioativos da farinha produzida.

## CAPÍTULO I: Revisão Bibliográfica<sup>1</sup>

**RESUMO:** As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) são espécies de plantas que possuem partes comestíveis e que não fazem parte do cardápio habitual da maioria da população. *Pereskia aculeata* Miller, conhecida no Brasil como “ora-pro-nóbis”, é uma espécie de PANCs que possui relevante valor nutritivo, entre as quais podem destacar proteínas, fibras, vitaminas e minerais. Também, apresenta atividade terapêutica sendo utilizada para o tratamento de anemia, osteoporose, feridas cutâneas e processos inflamatórios. As PANCs representam importante alternativa de ingredientes e alimentos para a população que está em constante crescimento, e exige cada vez mais produtos saudáveis. Neste sentido, é importante a obtenção de novos ingredientes destinados ao setor alimentício e de bebidas, no entanto, para efetiva aplicação devem ser testados para avaliação de suas propriedades e funcionalidades, já que por não serem usuais, podem apresentar propriedades tecnológicas distintas, impactando na sua atuação na matriz alimentar. A fim de incrementar a utilização de ora-pro-nóbis na alimentação humana, a farinha surge como alternativa, podendo ser inserida facilmente na dieta habitual da população em virtude do seu custo-benefício, aspectos nutricionais, tecnológicos e especialmente sensoriais. A farinha pode ser obtida a partir da desidratação, um processo que favorece a conservação das propriedades físicas, químicas e microbiológicas durante o armazenamento, por meio da redução dos teores de água a níveis seguros. Este estudo tem como objetivo promover a utilização de PANCs, em especial da ora-pro-nóbis. Dessa forma, foi realizada a revisão bibliográfica sobre a definição, classificação e utilização das PANCs, sobretudo a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller), identificando sua composição química, benefícios, produtos que são elaborados a partir dessa PANCs e métodos que permitem a melhor distribuição dessa planta para incrementar a alimentação humana.

**Palavras-chave:** cinética de secagem, indústria de alimentos, plantas, propriedades nutricionais

<sup>1</sup> Parte do capítulo I foi incluído na publicação de um capítulo de e-book que está em trâmite na editora: Lemes, AC; Araújo, JC; Rodrigues, DS; Freitas, GS; Egea, MB. Histórico e importância das PANCs na alimentação brasileira. In: Plantas alimentícias não convencionais: Aplicação na tecnologia de alimentos e potencial benéfico na saúde humana. Editores: Egea, MB & Oliveira Filho, JG. Goiânia: Editora do IF Goiano.

## 1. Introdução

As plantas alimentícias não convencionais (PANCs) são caracterizadas como espécies que ainda não foram exploradas pela sociedade ou amplamente estudadas por pesquisadores, resultando em consumo regional limitado, além de baixa aceitação e consumo em outras regiões do país em decorrência da competição no mercado com as hortaliças convencionais, alteração do hábito alimentar, baixa disponibilidade no mercado, e pouca informação sobre as propriedades nutricionais (LIBERATO *et al.*, 2019; BIONDO, 2018). No Brasil, existem cerca de 3 mil espécies de PANCs, e pelo menos 10% da flora brasileira é composta de plantas alimentícias, entre as quais se destaca a ora-pro-nóbis (LIBERATO *et al.*, 2019).

A *Pereskia aculeata*, também conhecida como ora-pro-nóbis, é uma espécie da família Cactaceae, nativa da América do Sul e naturalmente distribuídas do sul ao nordeste do Brasil, com boa adaptação em ambientes com alto estado de alteração e perturbação e com solo sem adubação nitrogenada (SANTOS, SANTOS e MARISCO, 2018). Suas folhas são ricas em proteínas (23,8 g 100 g<sup>-1</sup>), fibra alimentar total (30,2 g 100 g<sup>-1</sup>), vitaminas A e C (186 mg 100 g<sup>-1</sup>), e minerais como cálcio (2679,3 mg 100 g<sup>-1</sup>), magnésio (1065,3 mg 100 g<sup>-1</sup>), manganês (23,6 g 100 g<sup>-1</sup>), zinco (5,7 mg 100 g<sup>-1</sup>), ferro (19,8 mg 100 g<sup>-1</sup>) e ácido fólico (20 mg 100 g<sup>-1</sup>) (EGEA e PIERCE, 2021; MARTIN *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2016). Além disso, é uma fonte alternativa de hidrocoloides com alto teor proteico, podendo ser utilizado como espessante, gelificante e/ou emulsificante (JUNIOR *et al.*, 2013), bem como apresenta propriedades terapêuticas, entre as quais podemos destacar o tratamento de anemia ferropriva, osteoporose, constipação intestinal, feridas cutâneas e processos inflamatórios (EGEA e PIERCE, 2021; GARCIA *et al.*, 2019).

O elevado teor de umidade da ora-pro-nóbis, cerca de ~ 90% b.u (base úmida), dificulta sua conservação como vegetal fresco, logo a utilização do método de secagem pode apresentar vantagens tendo em vista que aumenta a vida útil dos alimentos, reduz volume e massa, e conseqüentemente reduz custo de armazenamento e transporte (EGEA e PIERCE, 2021; CELESTINO, 2010). Dessa forma, relacionando os benefícios da ora-pro-nóbis, a farinha surge como alternativa para incrementar a dieta humana, em virtude de seu custo-benefício e facilidade de distribuição desta planta para diversos locais (JÚNIOR *et al.*, 2013).

Com o intuito de difundir a utilização da ora-pro-nóbis, o objetivo do presente estudo foi realizar a revisão bibliográfica sobre as PANCs, sobretudo a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller), identificando sua composição química, benefícios, produtos que são elaborados a partir dessa PANCs e métodos que permitem a melhor conservação e distribuição dessa planta para incrementar a alimentação humana.

## 2. Plantas Alimentícias Não Convencionais

O termo plantas alimentícias não convencionais (PANCs) é atribuído a espécies de plantas nativas ou exóticas, espontâneas ou cultivadas que possuem partes comestíveis, tais como folhas, raízes, flores ou caules, e que não são comumente utilizadas na alimentação humana (CASEMIRO e VENDRAMINI, 2020). As primeiras PANCs foram encontradas na América do Sul, dentre as quais podem destacar a pupunha, noz de pindoba, bocaiuva, buriti, açaí, bacaba e batué. Os povos tradicionais utilizavam as plantas não somente como alimento, mas também como abrigo, sal, cestaria, unguentos, venenos, remédios e outros produtos úteis (LÉVI-STRAUSS, 1952).

Por serem consideradas espécies de fácil cultivo, são encontradas em diversos ambientes, como quintais, terrenos baldios, culturas agrícolas, pastos, fragmentos de florestas, beira de estradas, entre outros (BARREIRA *et al.*, 2015; CASEMIRO e VENDRAMINI, 2020) e por isso, são denominadas de matos, ervas daninhas ou plantas invasoras (SARTORI *et al.*, 2020). De modo geral, possuem alto teor de proteínas, vitaminas do complexo B, C e E, minerais, fibras, ácidos graxos insaturados, atividade antioxidante e compostos bioativos, e por isso, podem demonstrar benefícios como a redução de deficiências nutricionais, bom funcionamento do intestino, manutenção da saciedade, prevenção de doenças e adequado funcionamento do organismo, sendo inclusive utilizadas como complemento da dieta da população. As PANCs também podem ser utilizadas para fins terapêuticos, incluindo o tratamento de doenças do sistema digestivo e respiratório, infecções, problemas dermatológicos, doenças crônicas, entre outros (BOTREL *et al.*, 2020; CASEMIRO e VENDRAMINI, 2020; BORGES e SILVA, 2018; BIONDO *et al.*, 2018; BVENURA e SIVAKUMAR, 2017; PINELA *et al.*, 2017; AZAM *et al.*, 2014).

As PANCs podem ser consumidas *in natura* em saladas, temperos, sucos, refogadas, torradas e moídas, empanadas, na preparação de doces, cocadas, molhos, conservas, entre outros, e sua utilização está diretamente relacionada a questões familiares, na qual, a pessoa mais velha que detém o conhecimento sobre as espécies transmite a forma de preparo para uma pessoa mais jovem, e dessa forma, o conhecimento é mantido por gerações (BORGES e SILVA, 2018; TULER *et al.*, 2019; BARREIRA *et al.*, 2015). Dentre as partes utilizadas das plantas, destacam-se as folhas, frutos, sementes, caule, raízes, inclusive palmito e pólen (TULER *et al.*, 2019; BIONDO *et al.*, 2018).

Estima-se que no mundo existem aproximadamente 390 mil espécies de plantas (TULER *et al.*, 2019). O Brasil abriga uma das maiores biodiversidades do mundo, correspondendo a mais de 20% do número total de espécies da Terra, sendo local de variadas plantas, animais e ecossistemas (PEISINO *et al.*, 2020; CASEMIRO e VENDRAMINI, 2020). Neste contexto, no país, existem cerca de 3.000 espécies de PANCs, entretanto, essa biodiversidade é pouco conhecida e sua utilização negligenciada (CASEMIRO e VENDRAMINI, 2020; TULER *et al.*, 2019). O baixo consumo dessas plantas é decorrente de inúmeros fatores, como alteração dos hábitos alimentares, competitividade no

mercado com as plantas convencionais, reduzida disponibilidade no mercado e não comercialização, e limitação de informações sobre as propriedades nutricionais (BIONDO *et al.*, 2018).

Com a crescente demanda por alimentos de origem vegetal, que ocasionem menor impacto ao meio ambiente e apresentem propriedades funcionais, as PANCs se destacam como espécies promissoras na área da tecnologia de alimentos, pois auxiliam em atender o mercado na busca por alimentos *plant-based* com propriedades que promovam algum efeito benéfico no organismo, retardando ou impedindo o aparecimento de doenças, e agregando valor nutritivo ao produto em que for adicionada (KINNUP e LORENZI, 2014). As PANCs vêm ganhando destaque, pois são consideradas um meio de subsistência para comunidades da zona rural, beneficiando a economia local e regional, além de ser alternativa no combate à fome, tendo em vista que é um alimento de baixo custo capaz de substituir as hortaliças comumente utilizadas que prevalecem na alimentação da população (CASEMIRO e VENDRAMIN, 2020; BARREIRA *et al.*, 2015).

Embora sejam promissoras na área da tecnologia de alimentos, já que podem ser utilizadas para elaboração de novos produtos, auxiliando na demanda exigida pelo mercado por alimentos nutracêuticos e funcionais, as PANCs ainda carecem de mais estudos e divulgação, sendo necessária a realização de pesquisas mais detalhadas a respeito da utilização, propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais dessas plantas, a fim de incentivar sua produção e consumo (CASEMIRO e VENDRAMIN, 2020; BIONDO *et al.*, 2018).

### 3. Ora-pro-nóbis

*Pereskia aculeata* Miller, conhecida mundialmente como Groselha de Barbados e no Brasil como ora-pro-nóbis, é uma espécie de planta alimentícia não convencional, nativa da América do Sul, pertencente à família Cactaceae e a subfamília Pereskioideae (GARCIA *et al.*, 2019; MACIEL *et al.*, 2019). É amplamente utilizada na culinária como ingrediente de preparações salgadas e doces, como saladas, sopas, omeletes, tortas, sucos, geleias, mousses e licores (GARCIA *et al.*, 2019; EGEE e PIERCE, 2021). A farinha de ora-pro-nóbis pode ser consumida em preparações como tortas, macarrão, biscoitos, pães e bolos (PIRES *et al.*, 2019). Na medicina popular, as folhas são utilizadas para o tratamento de distúrbios renais, deficiência de ferro, osteoporose, feridas cutâneas, processos inflamatórios, melhora do perfil metabólico e aumento da motilidade intestinal (EGEE e PIERCE, 2021; GARCIA *et al.*, 2019).

As folhas de ora-pro-nóbis são fontes de proteínas, vitaminas e minerais, no entanto, apresentam  $\cong 90\%$  de umidade, dificultando sua vida útil, bem como sua conservação como vegetal fresco. Em relação a composição nutricional, as folhas de ora-pro-nóbis, apresentam em cada 100 g em base seca, 43,7 g de carboidratos, 23,8 g de proteínas, 4,0 g de lipídios, 30,0 g de fibra dietética total, 4,3 g de fibra solúvel e 29,0 g de fibra insolúvel. Em relação ao perfil de aminoácidos (mg/g de

proteína) é observado quantidades diferentes de fenilalanina + tirosina (53,7 e 84,4), leucina (69,0 e 66,3), valina (50,1), lisina (53,4 e 41,7), isoleucina (36,9 e 40,87), treonina (30 e 36,64), metionina + cistina (17,18 e 22,16), histidina (24, 0 e 16,3) e triptofano (21,1 e 5,10) (EGEA e PIERCE, 2021).

Quanto aos micronutrientes, 40 g de folhas secas de ora-pro-nóbis contribuem com a Recommended Dietary Allowance/ Ingestão Dietética Recomendada (RDA) de indivíduos do sexo feminino e masculino, respectivamente, em 524 e 410% de manganês, 107% de cálcio para ambos os sexos, 137 e 107% de magnésio, 50% e 38% de potássio, 44% e 99% de ferro, 26% de fósforo para ambos os sexos, e 29% e 21% de zinco. Ainda, as folhas de ora-pro-nóbis, demonstraram  $\cong$  20 mg/100 g de ácido fólico,  $\cong$  186 mg/100 g de vitamina C, e  $\cong$  439  $\mu$ g/100 g de vitamina E (EGEA e PIERCE, 2021). Além disso, a ora-pro-nóbis possui alto teor do biopolímero arabinogalactana em suas folhas, conhecido pelo potencial em formar emulsões, e a retirada dos hidrocolóides dessas folhas são utilizados como nova tecnologia de aditivos (espessante, emulsificante e estabilizante) na indústria de alimentos (JUNQUEIRA *et al.*, 2018; JUNIOR *et al.*, 2013).

A composição apresentada pela ora-pro-nóbis é fator que pode contribuir nutricionalmente, uma vez que houve aumento na demanda por alimentos saudáveis. Nesse sentido, a farinha surge como alternativa para enriquecer a dieta da população (BARBALHO *et al.*, 2016). A elaboração de farinhas com propriedades benéficas para a saúde é comumente utilizada para o desenvolvimento de diversos produtos enriquecidos, sendo inclusive apreciados pelo público infantil por ser alternativa rápida e fácil para melhorar o valor nutricional das refeições (BARBALHO *et al.*, 2016). A farinha de ora-pro-nóbis possui elevado teor de capacidade de absorção de gordura, e por isso, não pode ser utilizada em preparações como empanados e frituras, mas é indicada em massas assadas, também apresenta ótimos índices de solubilidade e capacidade de absorção de água, tornando a farinha ingrediente para enriquecer pães, pizzas, sopas e demais produtos de panificação (PIRES *et al.*, 2019).

#### 4. Secagem de Alimentos

A secagem é o processo de remoção da água (desidratação) de um alimento sólido, na forma de vapor, através de mecanismo de vaporização térmica (CELESTINO, 2010). A secagem é empregada para manter vida útil (*shelf-life*), facilitar o transporte, comercialização e armazenamento, bem como redução das perdas geradas na pós-colheita dos alimentos, porque reduz o teor de água do material e conseqüentemente diminui atividade biológica e modificações físicas e químicas que poderiam ocorrer durante o armazenamento (CELESTINO, 2010; CORRÊA *et al.*, 2007).

No entanto, apesar de suas vantagens, ela também pode provocar alterações químicas, físicas, sensoriais e nutricionais que impactam diretamente no valor nutricional do produto, cor, flavor (sabor e aroma), textura e conseqüentemente aceitabilidade, sendo que as principais causas de deterioração de produtos desidratados são reações de escurecimento enzimático e não enzimático, reações de

oxidação dos lipídios, reações de oxidação das vitaminas e degradação dos pigmentos. Logo o controle dos processos de secagem é essencial para otimizar o processo e garantir da qualidade do produto (KHAN *et al.*, 2020, CHEN *et al.*, 2017; CELESTINO, 2010). Nesse sentido, conhecimento dos modelos matemáticos é essencial para otimizar e controlar este processo, permitindo obter a estimativa do tempo necessário para reduzir os teores de água a níveis seguros, mantendo a eficiência do processo e a qualidade do produto (SOUSA *et al.*, 2015, RADÜNZ *et al.*, 2011).

Existem diversos meios para realizar a secagem dos alimentos, como a secagem natural, convectiva, por contato, liofilização, infravermelho e corrente dielétrica. A secagem convectiva é um dos meios mais utilizados para manter a conservação dos alimentos, pois é um método simples, rápido dependendo da matéria-prima utilizada, e de baixo custo, quando comparado as demais tecnologias, necessitando de poucos materiais e mão de obra (SANTOS *et al.*, 2019; CELESTINO, 2010).

A fim de viabilizar a utilização das folhas de ora-pro-nóbis em mercados distantes dos locais de ocorrência da espécie, é interessante considerar a utilização de tecnologias que permitam o aumento de sua vida útil. A produção de farinhas, obtidas através do método de secagem, é de interesse para a indústria de alimentos, pois podem ser desenvolvidos diversos produtos enriquecidos nutricionalmente, como pães, bolos e massas (BARBALHO *et al.*, 2016).

## **5. Considerações Finais**

As PANCs são tendência promissora na alimentação humana. Entre as mais famosas se encontra a ora-pro-nóbis, uma cactácea que possui alto teor de proteínas, fibras alimentares, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas B, C e E, e que pode ser utilizada como ingrediente para diversas preparações e até mesmo na medicina popular. Com a alimentação saudável cada vez mais difundida, o consumo de alimentos funcionais ganha mais espaço na indústria de alimentos, sendo que para facilitar a utilização de folhas em mercados distantes, como é o caso da ora-pro-nóbis, é considerado o uso de tecnologias, como o método de secagem de alimentos que facilita a inserção desses produtos no mercado e a produção de novos produtos. Portanto, é de suma importância que mais pesquisas a respeito das PANCs sejam encorajadas, com o intuito de verificar as possibilidades de aplicações industriais e/ou em menor escala aumentar a variedade de alimentos para o consumo humano.



## 6. Referências

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 16th ed. Washington, 1995.

ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. Moisture Measurement - Forages: Standard S358.2 DEC1988, R2008. In: American Society of Agricultural and Biological Engineers (ed.). Standards, Engineering Practices, and Data. St. Joseph: ASABE, p. 684-685, 2010.

AZAM, F. M. S. *et al.* Are Famine Food Plants Also Ethnomedicinal Plants? An Ethnomedicinal Appraisal of Famine Food Plants of Two Districts of Bangladesh. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, p. 1-28, 2014.

BARREIRA, T. F. *et al.* Diversidade e equitabilidade de Plantas Alimentícias Não Convencionais na zona rural de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 964-974, 2015.

BARBALHO, S.M. *et al.* *Pereskia aculeata* Miller Flour: metabolic effects and composition. **Journal of Medicinal Food**, v. 19, n. 9, p. 890-894, 2016.

BENASSI, M.T., ANTUNES, A.J.A. Comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Brazilian Archives of Biology and Thecnology**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

BIONDO, E. *et al.* Diversidade e potencial de utilização de plantas alimentícias não convencionais ocorrentes no Vale do Taquari, RS. **Revista Eletrônica Científica UERGS**, v. 4, n. 1, p. 61-90, 2018.

BORGES, C.K.G, D., SILVA, C.C. Plantas alimentícias não convencionais (PANC): a divulgação científica das espécies na cidade de Manaus, AM. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, v. 4, n. 11, 2018.

BOTREL, N. *et al.* Nutritional value of unconventional leafy vegetables grown in the Cerrado Biome/Brazil. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, e2018174, 2020.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E., BERSET, C.L.W.T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food Science and Technology**, v. 28 n. 1, p. 25-30, 1995.

BRUINSMA, J. The quantitative analysis of chlorophylls a and B in plant extracts. **Photochemistry and Photobiology**, v. 2 n. 2, p. 241-249, 1963.

BVENURA, C., SIVAKUMAR, D. The role of wild fruits and vegetables in delivering a balanced and healthy diet. **Food Research International**, v. 99, p. 15–30, 2017.

CASEMIRO, I.P., VENDRAMIN, A.L.A. Plantas alimentícias não convencionais no Brasil: o que a nutrição sabe sobre este tema? **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 15, e42725, 2020.

CELESTINO, S.M.C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.

CÔRREA, P.C. *et al.* Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 501-510, 2007.

CHAUD, S.G., SGARBIERI, V.C. Propriedades funcionais tecnológicas da parede celular de leveduras da fermentação alcoólica e das frações glicana, mana e glicoproteína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 369-379, 2006.

CHEN, X. *et al.* Effects of drying processes on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant properties of yam flours. **Food Chemistry**, v. 224, n. 1, p. 224-232, 2017.

EGEA, M.B., PIERCE, G. Bioactive compounds of Barbados Gooseberry (*Pereskia aculeata* Mill.). In: MURTHY, H.N., PACK, K.Y (eds.) **Bioactive Compounds in Underutilized Vegetables and Legumes**. Springer: Switzerland, p. 2-10, 2021.

GARCIA, J.A.A. *et al.* Phytochemical profile and biological activities of ‘Ora-pro-nobis’ leaves (*Pereskia aculeata* Miller), an underexploited superfood from the Brazilian Atlantic Forest. **Food Chemistry**, v. 294, p. 302-308, 2019.

GROSS, J. **Carotenoids**. In: **Pigments in Vegetables**, Boston, MA: Springer, 1991.

JUNIOR, F.A.L. *et al.* Response surface methodology for optimization of the mucilage extraction process from *Pereskia aculeata* Miller. **Food Hydrocolloids**, v. 33, p. 38-47, 2013.

JUNQUEIRA, L.A. *et al.* Rheological behavior and stability of emulsions obtained from *Pereskia aculeata* Miller via different drying methods. **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 21-35, 2018.

KINUPP, V.F., LORENZI, H. **Plantas Alimentícias não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos, 2014.

KHAN, I.H. *et al.* Application of machine learning-based approach in food drying: opportunities and challenges. **Drying Technology**, v. 1, n. 17, 2020.

LÉVI-STRAUSS, C. The use of wild plants in tropical South America. **Economic Botany** v. 6, n. 3, p. 252-270, 1952.

LI, W. *et al.* Comparison of antioxidant capacity and phenolic compounds of berries, chokecherry and seabuckthorn. **Central European Journal of Biology**, v. 4, p. 449-506, 2009.

LIBERATO, P.S., LIMA, D.V., SILVA, G.M.B. PANCs - Plantas alimentícias não convencionais e seus benefícios nutricionais. **Environmental Smoke**, v. 2, n. 2, p. 102-111, 2019.

MACIEL, V.B.V., YOSHIDA, C.M.P., GOYCOOLEA, F.M. Agronomic cultivation, chemical composition, functional activities and applications of *Pereskia* species – a mini review. **Current Medicinal Chemistry**, v. 26, n. 24, p. 4573-4584, 2019.

MARTIN, A.A. *et al.* Chemical structure and physical-chemical properties of mucilage from the leaves of *Pereskia aculeata*. **Food Hydrocolloids**, v. 70, p. 20-28, 2017.

MENESES, V.P. *et al.* Subprodutos de frutas tropicais desidratados por secagem convectiva. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 4, p. 472-482, 2018.

MILLER, N.J. *et al.* A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**, v. 84 n. 4, p. 407-412, 1993.

PEISINO, M.C.O. *et al.* Health-Promoting Properties of Brazilian Unconventional Food Plants. **Waste and Biomass Valorization**, v. 11, p. 4691-4700, 2020.

PEREIRA, J. *et al.* Comparação entre a composição química determinada e a declarada na embalagem de diferentes marcas de pão de queijo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 623-628, 2005.

PINELA, J., CARVALHO, A. M., FERREIRA, I. C. F. R. Wild edible plants: Nutritional and toxicological characteristics, retrieval strategies and importance for today's society. **Food and Chemical Toxicology**, v. 110, p. 165–188, 2017.

PIRES, M.B., SANTOS, A.K.S., SILVA, K.G.S. Caracterização das propriedades tecnológicas da farinha de Ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.). In: VIERA, V.B., PIOVESAN, N. **Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 2**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

RADÜNZ, L.L. *et al.* Avaliação da cinética de secagem de carqueja. **Engenharia na Agricultura**, v. 19, n.1, p. 19-27, 2011.

RUFINO, M.S.M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121 n. 4, p. 996-1002, 2010.

SANTOS, D.C. *et al.* Drying kinetics and thermodynamic properties of patawa pulp (*Oenocarpus batua* Mart.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019.

SARTORI, V.C. *et al.* Plantas alimentícias não convencionais (PANC): resgatando a soberania alimentar e nutricional. Caxias do Sul, RS: **Educs**, 2020.

SILVA, V.S., ORLANDELLI, R.C. Desenvolvimento de Alimentos Funcionais nos últimos anos: uma revisão. **Revista Uningá**, v. 56, n. 2, p. 182-194, 2019.

SOUSA, F.C. *et al.* Predição de modelos matemáticos sobre a cinética de secagem das folhas de *Ziziphus joazeiro* Mart. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 2, p. 195-200, 2015.

SOUZA, L.F. *et al.* *Pereskia aculeata* Muller (cactaceae) leaves: chemical composition and biological activities. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 1478, 2016.

SUBBHASREE, B. *et al.* Evaluation of antioxidante potential in selected green leafy vegetables. **Food Chemistry**, v. 115, n. 4, p. 1213-1220, 2009.

SURIYA, M. *et al.* Influence of blanching and dring methods on molecular structure and functional properties of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) flour. **Food Science and Technology**, v. 68, n. 1, p. 235-243, 2016.

TALCOTT, T.S., HOWARD, R.L. Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47 n. 5, p. 2109-2115, 1999.

TULER, A.C., PEIXOTO, A.L., SILVA, N.C.B. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 70, e01142018, 2019.

**CAPÍTULO II: Folha de Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller):  
avaliação da cinética de secagem convectiva e da qualidade do produto.**

Jamile Castelo de Araújo<sup>1</sup>, Tainara Leal de Sousa<sup>2</sup>, Wellytton Darci Quequeto<sup>1\*\*\*\*</sup>, Isabelly de Campos Carvalho Cabassa<sup>\*\*\*\*</sup>, Sibeles Santos Fernandes<sup>3</sup>, Osvaldo Resende<sup>\*\*1</sup>, Mariana Buranelo Egea<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, km 01, Área rural, 75901-970, Rio Verde, Goiás, Brazil. E-mail: [jami.araujo@hotmail.com](mailto:jami.araujo@hotmail.com); [mariana.egea@ifgoiano.edu.br](mailto:mariana.egea@ifgoiano.edu.br)<sup>\*</sup>; [osvaldo.resende@ifgoiano.edu.br](mailto:osvaldo.resende@ifgoiano.edu.br)<sup>\*\*</sup>; [wellytton\\_quequeto@hotmail.com](mailto:wellytton_quequeto@hotmail.com)<sup>\*\*\*</sup>;

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás (UFG), Escola de Agronomia, Departamento de Agronomia, Rua 235, s/n, Setor Universitário, 74605-450, Goiânia, Goiás, Brazil. E-mail: [thaynaraleal2@hotmail.com](mailto:thaynaraleal2@hotmail.com); [isabelly.campos@discente.ufg.br](mailto:isabelly.campos@discente.ufg.br)<sup>\*\*\*\*</sup>

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Química e Alimentação, Avenida Itália, km 8, Campus Carreiros, 96203-900, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brazil. E-mail: [sibeles.fernandes@furg.br](mailto:sibeles.fernandes@furg.br)

**RESUMO:** As plantas alimentícias não convencionas (PANCs) são consideradas espécies de fácil cultivo, de fácil adaptação às condições de solo e clima, encontradas em diversos ambientes, como quintais, terrenos baldios, culturas agrícolas, pastos, fragmentos de florestas, beira de estradas, entre outros, sendo denominadas de matos, ervas daninhas ou plantas invasoras, sendo que dentre estas pode-se destacar a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller), uma espécie que possui relevante valor nutritivo, entre as quais podem destacar proteínas, fibras, vitaminas e minerais. Também, apresenta atividade terapêutica sendo utilizada para o tratamento de anemia, osteoporose, feridas cutâneas e processos inflamatórios. Porém, a utilização da ora-pro-nóbis é muito limitada suas folhas apresentam ~ 90% de umidade, dificultando sua vida útil, bem como sua conservação como vegetal fresco, sendo assim, a fim de viabilizar a utilização das folhas de ora-pro-nóbis em mercados distantes dos locais de ocorrência da espécie, é interessante considerar a utilização de tecnologias que permitam o aumento de sua vida útil, como por exemplo a produção de farinhas, obtidas através do processo de secagem. A secagem é empregada para manter vida útil (*shelf-life*), facilitar o transporte, comercialização e armazenamento, bem como redução das perdas geradas na pós-colheita dos alimentos, no entanto, apesar de suas vantagens, ela também pode causar algumas mudanças químicas e físicas que afetam a qualidade do produto desidratado em relação às propriedades nutricionais, cor, flavor (sabor e aroma) e textura, sendo importante o controle dos processos de secagem para otimizar o processo e garantir a qualidade do produto final. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos da secagem convectiva das folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes temperaturas, ajustar os modelos matemáticos aos dados experimentais obtidos durante a secagem e avaliar as propriedades físico-químicas, térmicas, tecnológicas, atividade antioxidante e compostos bioativos da farinha produzida. As folhas foram secas utilizando cinco temperaturas 35, 45, 55, 65 e 75°C, seguidas de trituração e homogeneização para padronização como farinha e avaliação da qualidade do produto elaborado. Foram utilizados 12 modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais obtidos durante a secagem, sendo que o modelo de Midilli foi o que melhor se enquadrou para descrever a cinética de secagem das folhas de ora-pro-nóbis. Em relação as análises realizadas, as farinhas apresentaram quantidades significativas de umidade (8,71 a 12,96 g 100 g), proteínas (3,45 a 18,82 g 100 g), fibras (43,32 a 58,62 g 100 g), reduzida atividade de água no caso das farinhas obtidas a partir da secagem a 55°C (0,52) e 65 °C (0,59), compostos fenólicos totais (709,67 a 1224,08 mg EAG g<sup>-1</sup>), bem como características que permitem sua utilização como ingrediente funcional para a indústria de alimentos, como adequada capacidade de absorção de gorduras e bons índices de absorção e solubilidade em água, podendo ser utilizada como estratégia de baixo custo para aumentar a ingestão de nutrientes e promover a exploração de um novo alimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** farinha, secagem, Midilli, plantas, propriedades nutricionais.

**ABSTRACT:** Non-conventional food plants (PANCs) are considered easy-to-grow species, easily adapted to soil and climate conditions, found in different environments, such as backyards, vacant lots, agricultural crops, pastures, forest fragments, roadside, among others, being called weeds, weeds or invasive plants, and among these can highlight the ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller), a species that has relevant nutritional value, as fiber, vitamins and minerals. Also, it presents therapeutic activity being used for the treatment of anemia, osteoporosis, skin wounds and inflammatory processes. However, the use of ora-pro-nobis is very limited because its leaves have ~ 90% of moisture, which makes its shelf life difficult, as well as its conservation as a fresh vegetable, in order to make the use of ora-pro-nobis leaves feasible in markets far from where the species occurs, it is interesting to consider the use of technologies that allow the increase of its useful life, such as the flour production, obtained through the drying process. Drying is used to maintain shelf-life, facilitate transport, marketing and storage, as well as reduce losses generated in post-harvest food, however, despite its advantages, it can also cause some chemical changes and physical factors that affect the dehydrated product quality in terms of nutritional properties, color, flavor (taste and aroma) and texture, making it important to control the drying processes to optimize the process and guarantee the final product quality. Thus, the objective of this work was to analyze the effects of convective drying of ora-pro-nobis leaves submitted to different temperatures, adjust the mathematical models to the experimental data obtained during drying and evaluate the physical-chemical, thermal, technological, activity antioxidant and bioactive compounds of the flour produced. The leaves were dried using five temperatures 35, 45, 55, 65 and 75°C, followed by crushing and homogenization for standardization as flour and evaluation of the elaborated product quality. Twelve mathematical models adjusted to the experimental data obtained during drying were used, and the Midilli model was the best fit to describe the drying kinetics of ora-pro-nobis leaves. Regarding the analyzes carried out, the flours showed significant amounts of moisture (8.71 to 12.96 g 100 g), proteins (3.45 to 18.82 g 100 g), fibers (43.32 to 58.62 g 100 g), reduced water activity in the case of flours obtained from drying at 55 °C (0.52) and 65 °C (0.59), total phenolic compounds (709.67 to 1224.08 mg EAG g<sup>-1</sup>), as well as characteristics that allow its use as a functional ingredient for the food industry, such as adequate fat absorption capacity and good rates of absorption and solubility in water, and can be used as a low-cost strategy to increase nutrient intake and promote the exploration of a new food.

**KEYWORDS:** flour, drying, Midilli, plants, nutritional properties.



## 1. Introdução

O interesse por alimentos naturais com propriedades benéficas à saúde vem ganhando espaço e tem incentivado as indústrias alimentícias a desenvolverem estratégias de suplementação de produtos com ingredientes de elevada importância nutricional (BORGES e SILVA, 2018; BARBALHO *et al.*, 2016). Nesse sentido, as plantas alimentícias não convencionais (PANCs) têm ganhado destaque pelas propriedades nutricionais que possuem, contribuindo para a prevenção de doenças, geração de empregos em decorrência da fixação do homem no campo e rompimento da monotonia alimentar (CASEMIRO e VENDRAMIN, 2020).

A *Pereskia aculeata* Miller, conhecida mundialmente como “Groselha de Barbados” e no Brasil como “ora-pro-nóbis”, é uma espécie de planta alimentícia não convencional, nativa da América do Sul, pertencente à família Cactaceae e a subfamília Pereskioideae (GARCIA *et al.*, 2019; MACIEL *et al.*, 2019). As folhas de ora-pro-nóbis são fontes de proteínas (23,8 g 100 g<sup>-1</sup>), vitaminas A e C (186 mg 100 g<sup>-1</sup>) e minerais como cálcio (2679,3 mg 100 g<sup>-1</sup>), magnésio (1065,3 mg 100 g<sup>-1</sup>), manganês (23,6 g 100 g<sup>-1</sup>), zinco (5,7 mg 100 g<sup>-1</sup>), ferro (19,8 mg 100 g<sup>-1</sup>) e ácido fólico (20 mg 100 g<sup>-1</sup>) (EGEA e PIERCE, 2021). No entanto, apresentam ~90% de umidade que dificulta sua vida útil, bem como sua conservação como vegetal fresco, e nesse sentido a fim de viabilizar a utilização das folhas de ora-pro-nóbis em mercados distantes dos locais de ocorrência da espécie ou de onde são produzidas, é interessante considerar a utilização de tecnologias que permitam o aumento de sua vida útil. A produção de farinhas, obtidas através do processo de secagem, é de interesse para a indústria de alimentos, pois podem ser desenvolvidos diversos produtos enriquecidos nutricionalmente, como pães, bolos e massas (EGEA e PIERCE, 2021; BARBALHO *et al.*, 2016).

O processo de secagem é de suma importância na tecnologia de alimentos, pois favorece a produção de alimentos de qualidade, permitindo a conservação das propriedades físicas e químicas, e diminuição do teor de água a níveis seguros de armazenamento em condições controladas e brandas, expandindo sua vida útil (*shelf-life*) (PINHEIRO *et al.*, 2020). Apesar dos efeitos benéficos, a secagem também pode provocar alterações químicas, físicas, sensoriais e nutricionais que impactam diretamente na aceitabilidade e valor nutricional do produto (KHAN *et al.*, 2020, CHEN *et al.*, 2017). Por isso, dominar a cinética de secagem, através do conhecimento dos modelos matemáticos, é essencial para otimizar e controlar este processo, pois permitem obter a estimativa do tempo necessário para reduzir os teores de água a níveis seguros, manter os componentes nutricionais e características sensoriais, garantindo a eficiência do processo e a qualidade do produto (SOUSA *et al.*, 2015, RADÜNZ *et al.*, 2011).

Existem diversos meios para realizar a secagem dos alimentos, como a secagem natural, convectiva, por contato, liofilização, infravermelho e corrente dielétrica. A secagem convectiva é um dos meios mais utilizados para manter a conservação dos alimentos, pois é um método simples, rápido

dependendo da matéria-prima utilizada, e de baixo custo quando comparado as demais tecnologias pois necessita de poucos materiais e mão de obra (SANTOS *et al.*, 2019; CELESTINO, 2010). Ainda, através dos valores analisados nas curvas de secagem, é possível calcular o tempo de secagem de determinada quantidade do produto, organizar sua produção, estimar o gasto energético, que por sua vez, irá repercutir no custo do processamento, bem como no preço final do produto. Também, é possível estabelecer a quantidade de equipamentos necessários, condições de operação para a secagem, dentre outros fatores (VILELA *et al.*, 2008).

Dessa forma, objetivou-se avaliar a cinética de secagem convectiva de folhas de ora-pro-nóbis em diferentes temperaturas de secagem e aplicar o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, além de avaliar a qualidade das farinhas produzidas quanto às características químicas, térmicas, tecnológicas, atividade antioxidante e compostos bioativos.

## 2. Materiais e Métodos

A figura 1 apresenta todas as etapas do processo para obtenção da farinha de ora-pro-nóbis, bem como das análises realizadas.

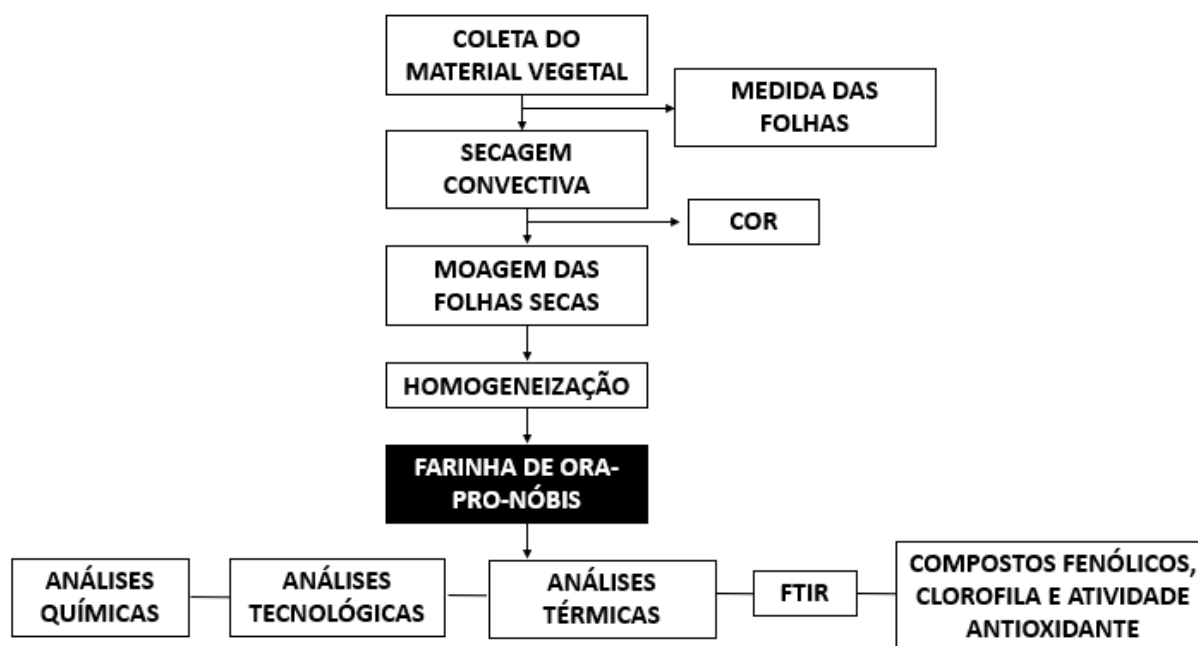


Figura 1. Fluxograma com etapas da metodologia.

### 2.1 Material vegetal

Foram colhidas folhas frescas e aleatórias de ora-pro-nóbis provenientes de plantio em estufa localizada no Laboratório de Biotecnologia do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde – Goiás, conforme observado na Figura 2. As folhas foram coletadas no período matutino com o intuito de

evitar alterações no teor de água inicial. Após a colheita, elas passaram pelos processos de seleção (para a retirada de folhas que apresentassem indício de doença ou dano físico), limpeza e homogeneização para impedir alterações nos resultados.

Posteriormente, as folhas coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde – Goiás para realização da cinética de secagem do material. Logo após o experimento, as folhas ficaram armazenadas em dessecador contendo sílica gel para avaliações posteriores.



**Figura 2.** Folhas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) cultivadas no IFGoiano Rio Verde.

Fonte: Autor, 2022.

## 2.2 Processo de secagem convectiva

A secagem das folhas foi realizada em estufa de circulação de ar forçado (Ethik Technology/400-4ND, São Paulo - BR), em cinco temperaturas controladas, sendo 35, 45, 55, 65 e 75°C. No interior da estufa, as folhas foram dispostas em três repetições de aproximadamente 65 g, em bandejas de metal medindo 24 x 30 cm, sendo distribuídas uniformemente, conforme observado na Figura 3. O acompanhamento da redução da massa durante a secagem foi monitorado com o auxílio de uma balança semianalítica com resolução de 0,01 g através de pesagem das bandejas com amostras em intervalos pré-estabelecidos, até que as folhas atingissem o equilíbrio higroscópico com as condições do ar de secagem, isto é, quando a variação de massa fosse constante na segunda casa decimal durante três pesagens consecutivas. Cerca de 10 g da amostra foram separadas para determinação do teor de água pelo método gravimétrico, utilizando-se a estufa a 103°C, durante 24 h (ASABE, 2010).



**Figura 3.** Distribuição das folhas de ora-pro-nóbis nas bandejas durante processo de secagem.

Fonte: Autora, 2022.

Posteriormente, foram obtidas as curvas de secagem a partir dos dados experimentais coletados relacionando a razão do teor de água no decorrer do tempo de secagem, conforme a Equação 1.

$$RX = \frac{X^* - X_e^*}{X_i^* - X_e^*}$$

(1)

Em que:

RX – razão de teor de água, adimensional;

$X^*$  - teor de água do produto em base seca (b.s.);

$X_i^*$  – teor de água inicial do produto em base seca (b.s.);

$X_e^*$  – teor de água de equilíbrio dos produtos em base seca (b.s.).

Aos dados experimentais de razão do teor de água durante a secagem das folhas de ora-pro-nóbis, foram ajustados 12 modelos matemáticos comumente empregados na literatura para apresentação da cinética de secagem de produtos vegetais, e estes estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Modelos matemáticos utilizados para modelagem do processo de secagem das folhas de ora-pro-nóbis.

| Modelo                 | Equação Modelo                        | Equação |
|------------------------|---------------------------------------|---------|
| Aproximação da difusão | $RX = a.exp(-k.t) + (1-a)exp(-k.b.t)$ | (2)     |

|                              |  |      |
|------------------------------|--|------|
| Dois termos                  | $RX = a.exp(-k_0.t) + b.exp(-k_1.t)$       | (3)  |
| Exponencial de dois termos   | $RX = a.exp(-k.t) + (1-a)exp(-k.a.t)$      | (4)  |
| Henderson & Pabis modificado | $RX = a.exp(-k.t)$                         | (5)  |
| Logarítmica                  | $RX = a.exp(-k.t) + c$                     | (6)  |
| Midilli                      | $RX = a.exp(-k.t^n) + b.t$                 | (7)  |
| Newton                       | $RX = exp(-k.t)$                           | (8)  |
| Page                         | $RX = exp(-k.t^n)$                         | (9)  |
| Thompson                     | $RX = exp((-a - (a^2 + 4.b.t)^{0.5})/2.b)$ | (10) |
| Valcam                       | $RX = a+b.t+c.t^{1.5}+c.t^2$               | (11) |
| Verna                        | $RX = a.exp(-k.t) + (1-a)exp(-k_1.t)$      | (12) |
| Wang e Singh                 | $RX = 1 + at + bt^2$                       | (13) |

Os modelos matemáticos foram ajustados por meio da análise de regressão não linear pelo método de Gauss-Newton. O grau de ajuste de cada modelo foi verificado com base na magnitude do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do erro médio relativo ( $P$ ), erro médio estimado (SE), e o teste de *Qui*-quadrado ( $X^2$ ), ao nível de significância de 5%. O erro médio estimado e relativo, assim como o teste de *Qui*-quadrado para cada um dos modelos, serão calculados conforme as equações abaixo, respectivamente:

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (14)$$

$$P = \frac{100}{n} \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (15)$$

$$\chi^2 = \sum \frac{(Y - \hat{Y})^2}{GLR} \quad (16)$$

Em que:

Y- valor experimental;

$\hat{Y}$  – valor estimado pelo modelo;

n – número de observações experimentais;

GLR – graus de liberdade do modelo (número de observações menos o número de parâmetro do modelo).

O critério de Akaike (AIC) e o Critério de Informação de Bayesiano de Schwarz (BIC) foram utilizados como análises auxiliares na escolha do melhor modelo matemático para predizer o fenômeno, conforme as seguintes equações:

$$AIC = -2 \log \text{like} + 2p \quad (17)$$

$$BIC = -2 \log \text{like} + p \cdot \ln(n - r) \quad (18)$$

Em que:

p – número de parâmetros;

*loglike* - valor do logaritmo da função de verossimilhança considerando as estimativas dos parâmetros;

n – número de observações experimentais;

r – rank da matriz X (matriz de incidência de efeitos fixos).

Após a secagem as folhas de ora-pro-nóbis foram trituradas em moinho micro tipo Willye (R-TE-648, Tecnal, São Paulo – BR), homogeneizadas, colocadas em sacos plásticos de alta densidade e armazenadas sob refrigeração a – 12°C.

### 2.3 Medida das folhas

Para determinação de comprimento, largura e espessura das folhas de ora-pro-nóbis, foram colocadas 12 folhas em paquímetro digital (Digimess 150 mm, São Paulo – BR) e medidos área, comprimento, largura, perímetro, razão.

### 2.4 Análises químicas

O teor de água foi conforme método nº 968.11 (AOAC, 2000).

O resíduo mineral fixo foi quantificado após a pesagem da matéria seca em mufla a 550°C até obtenção de cinzas conforme método nº 94546 (AOAC, 2010).

A quantificação de proteínas foi determinada pelo método micro Kjeldhal nº 99120 (AOAC, 2000).

A quantificação de lipídios foi realizada através do método de Soxhlet nº 925.328 (AOAC, 2000).

O teor de carboidratos foi calculado pela diferença conforme Equação 19.

$$\text{Teor de carboidrato (g 100 g}^{-1}\text{)} = [(100 - \text{umidade} - \text{cinzas} - \text{lipídeos} - \text{proteínas})]. \quad (19)$$

O valor calórico total foi determinado pelo fator de conversão de Atwater, que consiste na soma do teor proteico multiplicado por 4, lipídios multiplicados por 9 e carboidratos multiplicado por 4 (Horwitz, 2005).

O teor de fibra alimentar total foi determinado através do método enzimático-gravimétrico n.985.29 (AOAC, 2010).

A determinação da atividade de água das cinco amostras de farinha de ora-pro-nóbis foi realizada através do equipamento LabTouch Novasina (Novasina, Model LabTouch, Switzerland), de acordo com manual de instruções do equipamento, em temperatura de 25°C modo FAST.

## 2.5. Análises tecnológicas da farinha

O índice de absorção de água (IAA), solubilidade em água (SA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) foram determinados segundo Okezie e Bello (1988). Para isso, 0,5 g de farinha e 25 mL de água destilada foram agitados por 2 min em vortex (Multifunctional Vortex – Kasvi K40-1020) e centrifugados a 5300 rpm durante 20 min em Centrífuga SL - 700 Solab. O líquido sobrenadante foi colocado em placa de Petri previamente tarada e levada a estufa com circulação de ar (Technal TE-394/1) a 105°C para evaporação da água. A mesma metodologia foi utilizada substituindo água por óleo para a determinação da CAO. O IAA, SA e CAO foram calculados de acordo com as Equações 20, 21 e 22.

$$\text{IAA} = \frac{\text{ÁGUA ABSORVIDA PELA AMOSTRA (g)}}{\text{PESO DA AMOSTRA (g)}} \quad (20)$$

$$\text{SA} = \frac{\text{RESÍDUO DE EVAPORAÇÃO (g)}}{\text{PESO DA AMOSTRA (g)}} \times 100 \quad (21)$$

$$\text{CAO} = \frac{\text{ÓLEO ABSORVIDO PELA AMOSTRA}}{\text{PESO DA AMOSTRA (g)}} \quad (22)$$

A capacidade de formação de emulsão das farinhas foi determinada segundo a metodologia descrita por Yasumatsu *et al.* (1972). Foi preparada uma suspensão com 7 g de amostra em 100 mL de água destilada e 100 mL de óleo de soja. A suspensão foi agitada em agitador de haste durante 1 min em velocidade moderada, posteriormente foi dividida em tubos graduados e centrifugados por 5 min a 3000 rpm. Para a capacidade de formação de espuma foi utilizada a Equação 23.

$$\text{FORMAÇÃO DE EMULSÃO}(\%) = \frac{V_{EI}}{V_I} \quad (23)$$

Em que:

$V_{EI}$  = volume da camada de emulsão;

$V_I$  = volume total da suspensão no tubo.

Para determinar a estabilidade da emulsão (EE), foram utilizados os mesmos tubos com as emulsões da determinação da atividade emulsificante, inicialmente foram anotados os valores da camada emulsificadora, em seguida os tubos foram aquecidos em banho-maria a 80°C por 30 min e posteriormente resfriados por 30 min em água corrente, e seguiu-se com centrifugação dos tubos com a amostra a 3000 rpm por 5 min. Anotou-se o volume da camada de emulsão final, ou seja, a camada emulsificadora (remanescente). A Equação 24 foi utilizada para calcular EE:

$$\text{ESTABILIDADE DE EMULSÃO} (\%) = \frac{C_{ER}}{C_{EI}} \quad (24)$$

Em que:

$C_{ER}$  = camada emulsificada remanescente, expressa em mL;

$C_{EI}$  = camada emulsificada inicial, expressa em mL.

A capacidade espumante foi realizada de acordo com a metodologia de Coffmann e Garcia (1977), em que 1 g de farinha foi agitada com 50 mL de água durante 5 min em agitador de haste. O volume foi transferido para uma proveta de 100 mL e calculado seu aumento percentual com base no volume inicial de acordo com a Equação 25. A estabilidade da espuma foi medida ao deixar a proveta em temperatura ambiente e observado os intervalos de 30, 60, 90 e 120 min.

$$\text{CAPACIDADE ESPUMANTE} (\%) = \frac{\text{VOLUME FINAL} - \text{VOLUME INICIAL}}{\text{VOLUME INICIAL}} \times 100 \quad (25)$$

## 2.6. Cor das folhas

A avaliação de cor foi realizada com espectrofotômetro (ColorFlex EZ, HunterLab), calibrado de acordo com os parâmetros de luminância D65 e a leitura realizada diretamente na amostra através de feixe disparado pelo próprio equipamento. Os parâmetros  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (+: vermelho, -:



verde),  $b^*$  (+: amarelo, -: azul),  $C^*$  (Chroma: saturação) e  $hab$  (ângulo hue: tonalidade) foram obtidos pelo equipamento através das coordenadas do espaço de cor CIE (Commission Internationale de l'Eclairage).

## 2.7. Análises térmicas

As características térmicas das farinhas de ora-pro-nóbis secas em diferentes temperaturas foram determinadas por calorímetro diferencial de varredura – DSC (Shimadzu, modelo DSC-60, Japão). A análise de DSC foi realizada com taxa de aquecimento de  $10^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ , na faixa de temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  a  $300^{\circ}\text{C}$  e vazão atmosférica de nitrogênio de  $50 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ .

## 2.8. Análise por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

A análise de FTIR foi realizada em equipamento PerkinElmer (FT-IR/NIR Spectrometer, Frontier), com espectros coletados na faixa de número de onda  $4000\text{-}650 \text{ cm}^{-1}$ .

## 2.9 Compostos fenólicos, teor de clorofila e atividade antioxidante

Para quantificação de compostos fenólicos totais, foi preparado extrato utilizando 2 g de farinha obtida em cada tratamento ao final da secagem, 50% de metanol e 70% de acetona. O volume do extrato foi acertado com água destilada para 50 mL (Larrauri *et al.*, 1997). 200  $\mu\text{L}$  do extrato foi adicionado de 1,9 mL do reagente Follin-Ciocalteau 1:9 em água destilada recém-preparada. Para neutralizar a mistura foi utilizado 1,9 mL da solução aquosa de carbonato de sódio ( $60 \text{ g L}^{-1}$ ). Após 120 minutos da reação na ausência de luz e temperatura ambiente, a absorvância foi medida em 725 nm. O cálculo foi realizado utilizando a curva padrão e os resultados expressos em g equivalentes de ácido ferúlico (EAF) por 100 g de amostra (Li *et al.*, 2009).

O teor de clorofila foi determinado pelo método de Bruinsma (1963), sendo 1 g de farinha de cada temperatura foi adicionada a 30 mL de acetona 80% (v/v), homogeneizado e filtrado. O volume do sobrenadante foi acertado para 50 mL. A leitura do resultado foi realizada em espectrofotômetro nos comprimentos de 645 e 663 nm e a clorofila total calculada pela Equação 26 proposta por Engel e Poggiani (1991).

$$\text{Clorofila total } (\mu\text{g mL}^{-1}) = [20,2 \times (A_{645}) + 8,02 \times (A_{663})] \quad (26)$$

Em que:

$A_{645}$  – absorvância medida a 645 nm;

$A_{663}$  – absorvância medida a 663 nm.

A atividade antioxidante das farinhas foi realizada utilizando dois métodos diferentes, sendo eles: DPPH que foi determinado conforme proposto por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), com modificações; ABTS foi determinada de acordo com o proposto por Miller *et al.* (1993), com modificações de Rufino *et al.* (2010). O extrato foi preparado utilizando metanol 50% e acetona 70%, utilizando 2 g da farinha obtida de cada tratamento. O volume do extrato foi acertado com água destilada para 100 mL (Larrauri *et al.*, 1997). Para o método de DPPH foram adicionados 3,9 mL de solução de radical DPPH e 0,1 mL do extrato preparados em tubos de ensaio, deixando reagir por 30 minutos protegidos da luz, e a absorbância a 515 nm foi medida em espectrofotômetro UV-Vis para observar a mudança de cor que indica a captura do radical livre DPPH os resultados foram expressos em equivalentes  $\mu\text{M}$  DPPH que foi obtido por curva padrão

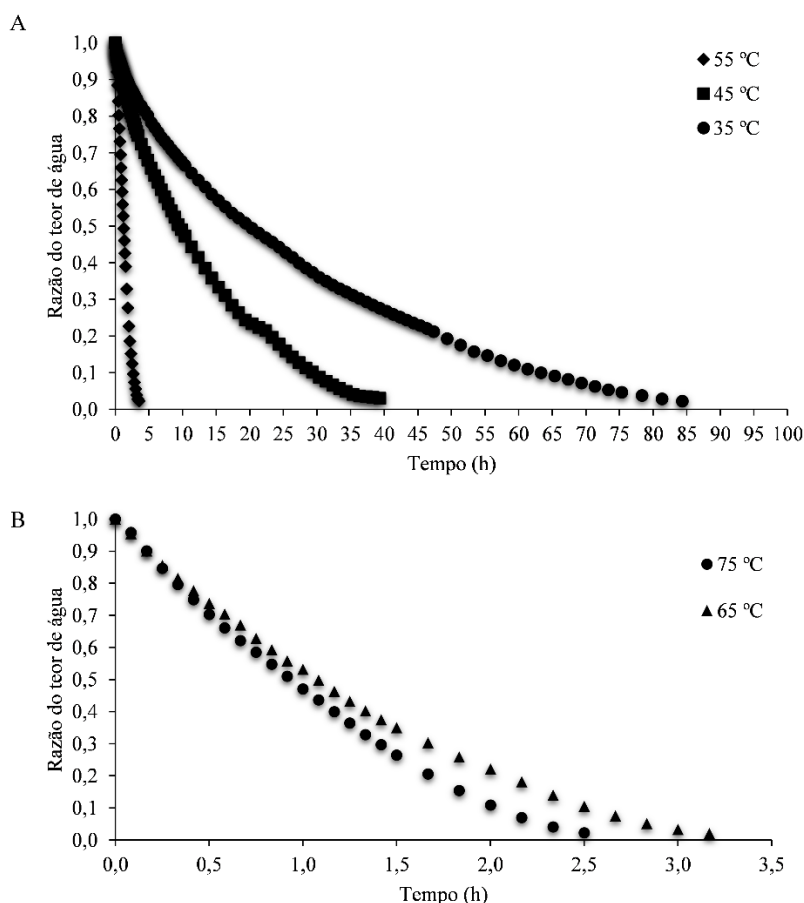
## 2.10. Análises estatísticas

As análises foram realizadas em triplicata analítica, os resultados foram avaliados através de análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de Tukey para comparação de médias entre as amostras (5% de significância), através de software estatístico Sisvar 5.6.

## 3. Resultados e Discussões

### 3.1. Cinética de secagem das folhas de ora-pro-nóbis

Na Figura 4 observa-se o comportamento do teor de água das folhas de ora-pro-nóbis durante as diferentes temperaturas do ar de secagem. É possível verificar que, com o aumento da temperatura do ar de secagem, ocorreu a redução no tempo de secagem. Quanto maior a temperatura utilizada no processo, menor o tempo gasto para a secagem das folhas. Este mesmo comportamento foi descrito por Tarafdar, Jothi e Kaur (2021) durante cinética de secagem de folhas de *Moringa olifera*; por Dasthageer et al (2022) ao analisarem as características de secagem das folhas de *Solanum trilobatum*, e por Alibas, Yilmaz e Erdoğan (2021), ao examinarem a influência dos métodos de secagem no teor de proteína, vitaminas e minerais das folhas de *Ocimum basilicum L.*



**Figura 4.** Teor de água (b.s.) das folhas de ora-pro-nóbis durante o tempo de secagem nas temperaturas de 35, 45, 55°C (A), 65 e 75°C (B).

As folhas de ora-pro-nóbis atingiram o teor de água de equilíbrio próximo de 0,0226; 0,0305; 0,0233; 0,0202; 0,0227 (b.s.), no tempo de 84,33; 39,33; 3,83; 3,16; 2,50 h para as temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75°C, respectivamente. A redução no tempo de secagem está relacionada com elevação na taxa de perda de água, pois em temperaturas elevadas as moléculas de água são propensas a possuírem menor resistência, o que por sua vez causa menos ligação da água às moléculas que fazem parte da massa seca do material (ALEXANDRE *et al.*, 2019). Segundo Coradi *et al.* (2018), o aumento da temperatura do ar de secagem pode também ocasionar deterioração do material e alterações na integridade da estrutura celular e por isso deve ser um parâmetro estudado no processo de secagem.

Na Tabela 2 encontram-se os valores obtidos da magnitude do coeficiente de determinação e erro médio estimado para os modelos matemáticos ao longo da secagem.

**Tabela 2.** Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e erro médio estimado (SE, decimal) calculados de acordo com os modelos matemáticos ajustados para a secagem de ora-pro-nóbis nas temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75°C.

| MODELO                       | 35 °C |                | 45 °C |                | 55 °C |                | 65 °C |                | 75 °C |                |
|------------------------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|
|                              | SE    | R <sup>2</sup> | SE    | R <sup>2</sup> | SE    | R <sup>2</sup> | SE    | R <sup>2</sup> | SE    | R <sup>2</sup> |
| Aproximação da Difusão       | 0,013 | 99,84          | 0,014 | 99,82          | 0,029 | 99,27          | 0,005 | 99,97          | 0,026 | 99,27          |
| Dois Termos                  | 0,013 | 99,84          | 0,014 | 99,82          | 0,022 | 99,57          | 0,005 | 99,97          | 0,008 | 99,93          |
| Exponencial de Dois Termos   | 0,029 | 99,19          | 0,022 | 99,56          | 0,021 | 99,58          | 0,022 | 99,46          | 0,028 | 99,16          |
| Henderson e Pabis Modificado | 0,016 | 99,72          | 0,015 | 99,79          | 0,053 | 97,38          | 0,039 | 98,37          | 0,046 | 97,69          |
| Logarítmico                  | 0,016 | 99,76          | 0,012 | 99,88          | 0,023 | 99,52          | 0,006 | 99,96          | 0,009 | 99,92          |
| Midilli                      | 0,004 | 99,98          | 0,005 | 99,97          | 0,008 | 99,95          | 0,006 | 99,97          | 0,008 | 99,93          |
| Newton                       | 0,029 | 99,19          | 0,022 | 99,55          | 0,067 | 95,76          | 0,043 | 97,91          | 0,052 | 96,95          |
| Page                         | 0,020 | 99,61          | 0,018 | 99,67          | 0,013 | 99,85          | 0,022 | 99,49          | 0,025 | 99,30          |
| Thompson                     | 0,026 | 99,33          | 0,022 | 99,57          | 0,068 | 95,76          | 0,044 | 97,91          | 0,053 | 96,95          |
| Valcam                       | 0,008 | 99,94          | 0,007 | 99,96          | 0,006 | 99,97          | 0,004 | 99,98          | 0,006 | 99,96          |
| Verma                        | 0,222 | 0,52           | 0,014 | 99,82          | 0,160 | 77,21          | 0,118 | 85,57          | 0,081 | 93,12          |
| Wang & Singh                 | 0,050 | 97,53          | 0,045 | 98,16          | 0,023 | 99,51          | 0,006 | 99,96          | 0,006 | 99,96          |

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) variam de 0 a 100% e demonstram a força da relação entre os dados observados e estimados, ou seja, quanto mais próximo de 100%, mais esclarecedor é o modelo e melhor será seu ajuste aos dados experimentais (MENDONÇA *et al.*, 2019). Foi observado que para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), os modelos Aproximação da difusão, Dois termos, Exponencial de dois termos, Logarítmico, Midilli, Page e Valcam em todas as temperaturas de secagem testadas, e os modelos de Henderson e Pabis modificado, Newton e Thompson para 35 e 45°C, e Verma para 45°C apresentaram resultados satisfatórios, com valores acima de 99%. No entanto, Madamba *et al.* (1996) enfatizam que este parâmetro isolado não é capaz de indicar de forma precisa o melhor modelo, sendo necessária uma análise dos demais parâmetros estatísticos calculados.

Neste contexto, em relação ao erro médio estimado (SE) todos os modelos apresentaram valores muito baixos, próximos a zero, porém os modelos de Midilli e Valcam apresentaram os menores valores para todas as temperaturas. Deste modo, estes valores validam a relação de quanto menor o valor encontrado para SE, melhor o ajuste do modelo aos dados experimentais (MOSCON *et al.*, 2017).

Na Tabela 3 encontram-se os valores calculados para o teste de *Qui*-quadrado e erro médio relativo para os modelos matemáticos em cada temperatura de secagem.

Ao analisar o *Qui*-quadrado ( $X^2$ ) foi possível observar que os modelos de Midilli e Valcam apresentaram os menores valores para todas as temperaturas. Neste caso, conforme indicado por Pinheiro *et al.* (2020), quanto menor o valor deste parâmetro, melhor será o ajuste do modelo às condições.

Ainda, na Tabela 3 foi possível observar que em relação ao erro médio relativo (P) apenas os modelos de Midilli e Valcam apresentaram valores abaixo de 10% para todas as temperaturas de secagem, e conforme Mohapatra & Rao (2005), esta situação indica bom ajuste do modelo às condições de secagem, tendo em vista que os valores superiores a 10% são considerados inadequados para a descrição adequada do fenômeno.

Como os modelos de Midilli e Valcam se ajustaram melhor às condições de secagem, ambos foram submetidos ao Critério de Informação de Akaike (AIC) e ao Critério de Informação Bayesiano de Schwarz (BIC) com o intuito de serem utilizados como critérios auxiliares a fim de identificar o melhor modelo matemático para prever as curvas de secagem das folhas de ora-pro-nóbis. Os valores destes critérios estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 3.** Valores para o teste de *Qui*-quadrado ( $\chi^2$ , decimal) e erro médio relativo (P) calculados de acordo com os modelos matemáticos ajustados para a secagem de ora-pro-nóbis nas temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75°C.

| MODELO                       | 35 °C    |       | 45 °C    |       | 55 °C    |       | 65 °C    |       | 75 °C    |       |
|------------------------------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
|                              | $\chi^2$ | P     | $\chi^2$ | P     | $\chi^2$ | P     | $\chi^2$ | P     | $\chi^2$ | P     |
| Aproximação da Difusão       | 0,09     | 9,20  | 0,12     | 11,13 | 0,21     | 19,20 | 0,05     | 4,17  | 0,24     | 21,34 |
| Dois Termos                  | 0,10     | 9,20  | 0,12     | 11,14 | 0,17     | 14,70 | 0,05     | 4,09  | 0,07     | 6,07  |
| Exponencial de Dois Termos   | 0,09     | 9,06  | 0,12     | 11,61 | 0,20     | 18,28 | 0,23     | 20,95 | 0,25     | 23,23 |
| Henderson e Pabis Modificado | 0,09     | 9,09  | 0,11     | 10,91 | 0,44     | 41,49 | 0,37     | 34,76 | 0,40     | 37,22 |
| Logarítmico                  | 0,05     | 4,74  | 0,04     | 4,14  | 0,18     | 15,90 | 0,05     | 4,79  | 0,08     | 6,61  |
| Midilli                      | 0,02     | 2,35  | 0,04     | 3,51  | 0,04     | 3,71  | 0,05     | 4,08  | 0,07     | 5,62  |
| Newton                       | 0,09     | 9,06  | 0,10     | 10,20 | 0,55     | 53,08 | 0,41     | 39,64 | 0,45     | 42,87 |
| Page                         | 0,13     | 12,62 | 0,14     | 13,17 | 0,09     | 8,60  | 0,20     | 18,47 | 0,21     | 19,05 |
| Thompson                     | 0,14     | 13,62 | 0,12     | 11,99 | 0,57     | 53,07 | 0,43     | 39,64 | 0,47     | 42,88 |
| Valcam                       | 0,04     | 3,49  | 0,04     | 3,70  | 0,04     | 3,59  | 0,02     | 1,96  | 0,04     | 3,31  |
| Verma                        | 0,56     | 54,09 | 0,12     | 11,14 | 0,32     | 29,15 | 0,31     | 27,87 | 0,36     | 31,52 |
| Wang & Singh                 | 0,20     | 19,11 | 0,20     | 19,42 | 0,14     | 12,72 | 0,03     | 2,90  | 0,04     | 3,55  |

**Tabela 4.** Valores dos critérios de informação de Akaike (AIC) e critérios de informação bayesiano de Schwarz (BIC), para os modelos matemáticos ajustados a fim de prever a cinética de secagem da ora-pro-nóbis.

| MODELO         | 35 °C     |           | 45 °C     |           | 55 °C     |           | 65 °C     |           | 75 °C     |           |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                | AIC       | BIC       | AIC       | BIC       | AIC       | BIC       | AIC       | BIC       | AIC       | BIC       |
| <b>Midilli</b> | -789,2001 | -776,2752 | -542,3150 | -530,8627 | -208,7643 | -201,5943 | -210,9938 | -204,1573 | -162,3722 | -156,2728 |
| <b>Valcam</b>  | -657,3531 | -644,4283 | -515,5812 | -504,1289 | -227,8221 | -220,6522 | -232,5986 | -225,7621 | -178,3141 | -172,2197 |

De acordo com Gomes *et al.* (2018), quanto menores os valores de AIC e BIC, melhor será o ajuste do modelo aos dados experimentais. Sendo assim, de acordo com os valores obtidos para AIC e BIC, o modelo de Midilli representa a cinética de secagem das folhas de ora-pro-nóbis nas temperaturas de 35 e 45°C, enquanto o modelo Valcam representa o processo para as temperaturas de 55, 65 e 75°C.

Conforme Moscon *et al.* (2017) a seleção e indicação do modelo matemático mais adequado é baseada na simplicidade de aplicação e na quantidade de parâmetros favoráveis. Apesar de ambos os modelos, Midilli e Valcam apresentarem eficiência em descrever o processo de secagem das folhas de ora-pro-nóbis, foi decidido pelo modelo de Midilli, tendo como justificativa a facilidade de uso, simplicidade da equação, bem como coeficientes estatísticos favoráveis a todas as temperaturas de secagem analisadas.

O modelo de Midilli é tradicional e regularmente recomendado para descrever a cinética de secagem de diversas folhas e plantas medicinais, como é o caso da ora-pro-nóbis, pois está associado a redução rápida de água nas fases iniciais do processo, acarretando curva de secagem mais evidente e melhor caracterizada matematicamente por este modelo (GOMES *et al.*, 2018).

Na literatura, encontram-se inúmeros trabalhos em que o modelo de Midilli exibiu reprodução satisfatória do fenômeno em estudo, sendo recomendada a exemplo, para a cinética de secagem das folhas de *Morus nigra* L (MARTINS *et al.*, 2018), folhas de *Plectranthus amboinicus* (NURAFIFAH *et al.*, 2018), *Cymbopogon citratus* (GOMES *et al.*, 2017), *Rosmarinus officinallis* (MGHAZLI *et al.*, 2017) e *Vermonia amygdalina* (ALARA *et al.*, 2017).

Na Tabela 5 estão descritos os valores dos coeficientes do modelo de Midilli ajustados aos dados experimentais da secagem em diferentes temperaturas.

**Tabela 5.** Coeficientes do modelo de Midilli para a secagem das folhas de ora-pro-nóbis.

| Coeficientes | Temperatura (°C) |           |           |           |           |
|--------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|              | 35               | 45        | 55        | 65        | 75        |
| a            | 0,993159         | 0,990273  | 0,987587  | 0,992001  | 0,996646  |
| k            | 0,060463         | 0,093077  | 0,500711  | 0,560051  | 0,623552  |
| n            | 0,784339         | 0,857914  | 1,422173  | 1,081861  | 1,101280  |
| b            | -0,001594        | -0,002562 | -0,011190 | -0,042401 | -0,070660 |

O coeficiente “k”, que representa as condições externas de secagem, pode ser utilizada para demonstrar efeitos na temperatura, e está relacionado a difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente e à difusão líquida que controla o processo, isto é, o coeficiente “k” tende a aumentar, tendo em vista que temperaturas elevadas ocasionam maiores taxas de secagem atingindo



o teor de equilíbrio de forma mais rápida (ALVES *et al.*, 2017). Neste trabalho houve a elevação do parâmetro “k” com o aumento da temperatura.

Em relação aos coeficientes “a”, “b” e “n” não se observou tendência definida em relação ao aumento de temperatura de secagem. Esta situação também foi observada por Silva *et al.* (2015) ao avaliar a cinética de secagem das folhas de jenipapo (*Genipa americana L.*) e Alves *et al.* (2017) ao analisar a cinética de secagem das folhas de *Hyptis suaveolens*.

Na Figura 5 verifica-se os dados experimentais e estimados da razão do teor de água (RX) empregando-se a equação de Midilli. É possível observar nesta figura a correspondência satisfatória entre os valores experimentais e estimados pelo modelo para as temperaturas ao longo da secagem.

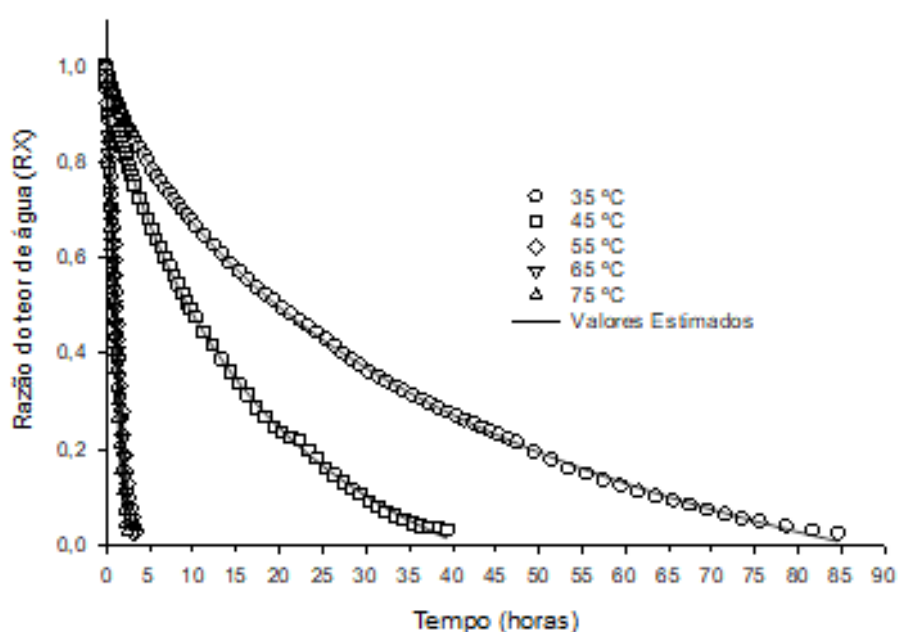


Figura 5. Valores experimentais e estimados pelo modelo de Midilli para a secagem das folhas de ora-pro-nóbis nas temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75°C.

### 3.2 Características físicas das folhas

As folhas de ora-pro-nóbis coletadas eram alongadas, lisas, suculentas, de coloração verde, com bordas levemente avermelhadas, sendo que em algumas foram observadas presença de furos e manchas. Apresentaram aproximadamente 11,79 cm de comprimento, 4,81 cm de largura e 0,258 cm de espessura. Tais características físicas coincidem com outras pesquisas já realizadas, entretanto o comprimento e a largura das folhas coletadas são superiores aos encontrados em literatura, que é 7 cm de comprimento e 3 cm de largura, podendo estar relacionado com a região geográfica de cultivo, características climáticas e intensidade de exposição à luz (SQUENA *et al.*, 2017; DUARTE e HAYASHI, 2005).

### 3.3. Composição química e atividade de água das farinhas

As farinhas de ora-pro-nóbis obtidas por meio da secagem em diferentes temperaturas foram caracterizadas quanto ao teor de umidade, cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos, fibra alimentar total, valor energético e atividade de água e os resultados obtidos estão dispostos nas Tabelas 6.

Como esperado, o teor de umidade é proporcional à temperatura aplicada sendo 12,96; 11,94; 7,31; 8,94; 8,71 g 100 g<sup>-1</sup> para as temperaturas de 35, 45, 55, 65 e 75°C, respectivamente, ou seja, quanto maior a temperatura de secagem menor o teor de umidade na farinha obtida. As folhas desidratadas apresentaram teor de umidade em conformidade com a faixa considerada segura pela legislação brasileira, que estabelece o limite máximo de 15 g/100 g de umidade para farinhas, amidos e farelos, sendo que esse valor é determinado pelo menor risco de desenvolvimento de microrganismos (BRASIL, 2005). Além disso, os resultados encontrados para o teor de umidade estão próximos aos descritos na literatura. Rocha *et al.* (2008) obtiveram umidade de 6,53 g/100 g de folhas de ora-pro-nóbis após secagem em estufa com circulação de ar a 65°C; Silva *et al.* (2014) verificaram teor de umidade de 7,67 g/100 g de folhas de ora-pro-nóbis após secagem a 30°C e Santana *et al.* (2018) descreveram o teor de umidade de 4,14 g/100 g de folhas de ora-pro-nóbis secas a 60°C.

A quantidade de cinzas está relacionada com a concentração de minerais encontrados, e as folhas submetidas a temperaturas mais elevadas apresentaram menores teores de cinzas quando comparada com temperaturas mais brandas, indicando que temperaturas elevadas afetam o teor de minerais presentes no alimento. Pires, Santos e Silva (2019) ao desidratarem folhas de ora-pro-nóbis a 105°C também obtiveram teores de cinzas considerados baixos (7,70 g/100 g) em comparação com estudo de outros autores que realizaram secagem das folhas de ora-pro-nóbis em temperaturas mais baixas, como é o caso de Almeida *et al.* (2014) que obtiveram 14,81 g/100 g através da secagem a 60°C e Silva *et al.* (2014) que encontraram resultado de 18,78 g/100 g de folhas secas a 30°C.

Em relação ao teor de proteínas, os valores encontrados variaram de 3,45 g a 18,82 g e foram próximos aos descritos por Sato *et al.* (2019), Santos *et al.* (2015), Rocha *et al.* (2008) e Almeida *et al.* (2014) que observaram 12,36 g, 13,4 -15,5 g, 22,93 g e 28,99 g/100 g, respectivamente, em amostras de farinha de ora-pro-nóbis. Conforme a RDC nº 54/2012, as amostras submetidas às temperaturas de 35°C a 55°C são consideradas fontes de proteína, pois possuem teor acima de 6 g/100 g de produto (BRASIL, 2012).

Os valores de lipídios (7,96 a 9,43 g 100 g<sup>-1</sup>) foram superiores aos observados por Maciel *et al.* (2021), Sobrinho *et al.* (2015), Santos *et al.* (2015) e Almeida *et al.* (2014), que obtiveram teores de lipídios em 7,81 g, 5,23 g, 3,6 g – 6,4 g e 5,07 g em 100 g, respectivamente, de farinha de ora-pro-nóbis.

Os teores de carboidratos (38,71 a 60,65 g 100 g<sup>-1</sup>) foram similares aos encontrados por Santos *et al.* (2015), sendo 40,8 g – 44,6 g 100 g e por Maciel *et al.* (2021) que obtiveram 51,61 g 100 g de

farinha de ora-pro-nóbis, e superiores aos verificados por Almeida *et al.* (2014) que foi de 29,53 g 100 g. A alteração nos valores pode ser em decorrência de diferença entre os demais nutrientes, tendo em vista que os carboidratos foram obtidos pela diferença.

O teor de fibras das farinhas de ora-pro-nóbis variaram de 43,32 g a 58,62 g. De acordo com a RDC nº 54/2012 da Anvisa, são considerados alimentos fontes de fibras aqueles que apresentam no mínimo 3 g a cada 100 g de produto, e alimentos com alto teor de fibras aqueles que apresentam no mínimo 6 g a cada 100 g do produto (BRASIL, 2012). Nesse contexto, a farinha de ora-pro-nóbis pode ser considerada um alimento com alto teor de fibras. As fibras alimentares são substâncias oriundas de vegetais e resistentes à ação de enzimas digestivas. São classificadas em solúveis (pectinas, gomas e algumas hemiceluloses) e insolúveis (celulose, hemiceluloses, algumas pectinas e ligninas), atuando na regulação do sistema gastrointestinal, aumento da saciedade, bem como na prevenção de doenças crônicas (COLUSSI *et al.*, 2022).

O valor para atividade de água variou de 0,52 para o tratamento de 55°C a 0,66 para o tratamento de 35°C. Conforme Gouvea *et al.* (2020), produtos com atividade de água inferior a 0,60 podem ser considerados como ausentes de crescimento de microrganismos, pois nessa faixa eles cessam seu desenvolvimento. Sendo assim, as farinhas obtidas após secagem a 55°C e 65°C possuem indício de vida de prateleira longa, caso sejam armazenadas adequadamente.

**Tabela 6.** Composição química e atividade de água das farinhas de ora-pro-nóbis em diferentes temperaturas (em base seca).

| Tratamento  | Umidade (g/100 g)           | Cinzas (g/100 g)             | Proteínas (g/100 g)         | Lipídios (g/100 g)          | Carboidratos (g/100 g)  | Valor Energético (Kcal)      | Fibra (g/100 g)             | Atividade de água          |
|-------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| <b>FA35</b> | 12,96±0,1<br>2 <sup>a</sup> | 22,40±0,<br>72 <sup>a</sup>  | 18,82±0,1<br>7 <sup>a</sup> | 7,96±0,7<br>9 <sup>b</sup>  | 38,71±0,40 <sup>c</sup> | 298,38±1,3<br>6 <sup>d</sup> | 58,62±<br>0,89 <sup>a</sup> | 0,66±0,0<br>0 <sup>a</sup> |
| <b>FA45</b> | 11,94±0,0<br>4 <sup>b</sup> | 21,10±0,<br>39 <sup>b</sup>  | 16,85±0,8<br>5 <sup>b</sup> | 9,33±0,1<br>2 <sup>a</sup>  | 40,38±0,39 <sup>c</sup> | 314,88±1,2<br>7 <sup>c</sup> | 57,20±<br>1,62 <sup>a</sup> | 0,63±0,0<br>0 <sup>b</sup> |
| <b>FA55</b> | 7,31±0,12<br>d              | 20,49±0,<br>44 <sup>b</sup>  | 16,43±0,3<br>4 <sup>b</sup> | 7,18±1,0<br>7 <sup>bc</sup> | 49,09±0,86 <sup>b</sup> | 326,64±5,5<br>6 <sup>b</sup> | 55,87±<br>1,67 <sup>a</sup> | 0,52±0,0<br>0 <sup>d</sup> |
| <b>FA65</b> | 8,94±0,02<br>c              | 17,82±1,<br>05a <sup>b</sup> | 3,63±0,14 <sup>c</sup>      | 6,48±0,2<br>1 <sup>c</sup>  | 63,13±0,85 <sup>a</sup> | 325,38±5,1<br>8 <sup>b</sup> | 43,68±<br>0,24 <sup>b</sup> | 0,59±0,0<br>0 <sup>c</sup> |
| <b>FA75</b> | 8,71±0,35<br>c              | 17,96±0,<br>68 <sup>ab</sup> | 3,45±0,16 <sup>c</sup>      | 9,43±0,4<br>9 <sup>a</sup>  | 60,65±0,28 <sup>a</sup> | 340,96±3,0<br>1 <sup>a</sup> | 43,32±<br>1,36 <sup>b</sup> | 0,60±0,0<br>0 <sup>c</sup> |

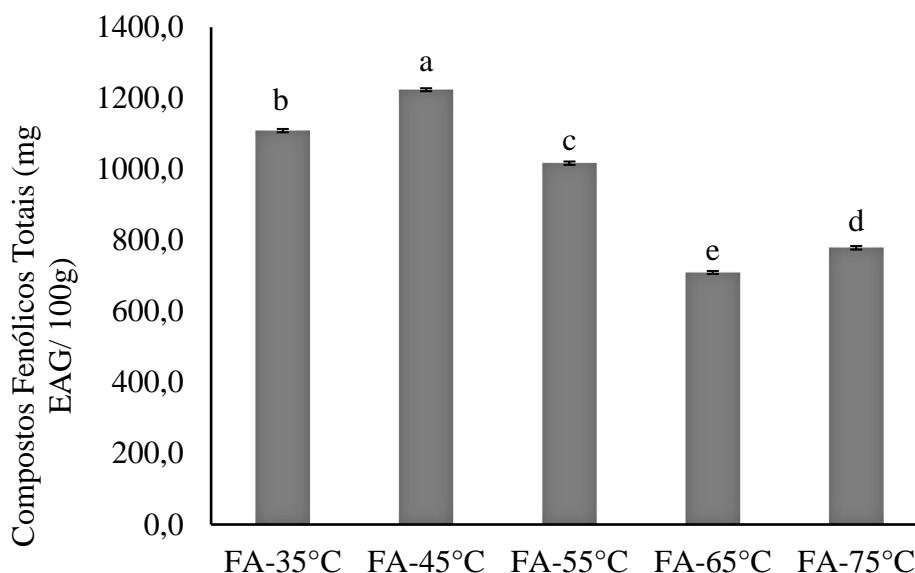
Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.4. Compostos fenólicos e atividade antioxidante

Os teores de compostos fenólicos totais nas farinhas de ora-pro-nóbis variaram entre 709,67 e 1224,08 mgEAG.g<sup>-1</sup>, conforme demonstrado na Figura 6. É possível observar que houve diferença estatística entre todos os tratamentos, quando avaliados em relação a secagem em diferentes temperaturas. Os maiores valores foram encontrados nas farinhas desidratadas a 45°C, com teores de 1224,08 em mg de equivalente em ácido gálico por grama de extrato (mgEAG.g<sup>-1</sup>).

Os valores obtidos foram superiores aos relatados por Garcia *et al.* (2019), Cruz *et al.* (2021) e Maciel *et al.* (2021) que demonstraram valores de 23,75 mgEAG.g<sup>-1</sup>, 26 - 66 mgEAG.g<sup>-1</sup>, 151,503 mgEAG.g<sup>-1</sup>, respectivamente; estão dentro dos resultados encontrados por Vieira *et al.* (2010) que obtiveram valores entre 940 mgEAG.g<sup>-1</sup> – 1693,33 mgEAG.g<sup>-1</sup>; e foram inferiores aos teores quantificados por Asolini *et al.* (2006) em folhas de erva-mate *Ilex paraguariensis* (14.500 mgEAG.g<sup>-1</sup>), alecrim *Rosmarinus officinalis* L. (8.000 mgEAG.g<sup>-1</sup>) e tanchagem *Plantago major* L. (6.500 mgEAG.g<sup>-1</sup>) que são conhecidas pelo seu alto teor de compostos fenólicos.

O efeito combinado de tempo e temperatura, o maior tempo de exposição à luz e oxigênio foi que possivelmente interferiu nos resultados obtidos, e altas temperaturas (55, 65 e 75°C) e o tempo de exposição das folhas a determinada temperatura, luz e oxigênio (35°C) podem ter degradado os compostos mais sensíveis e conseqüentemente reduzido os valores de compostos fenólicos. Esta mesma situação foi encontrada por Torres *et al.* (2022) ao estudarem os compostos presentes nas folhas de *Pereskia grandifolia*. Liazid *et al.* (2007) ao avaliarem a estabilidade de 22 compostos fenólicos submetidos às temperaturas entre 50°C e 105°C observaram que com o aumento da temperatura, a degradação desses compostos também aumentou, especialmente catequinas e resveratrol que são facilmente degradados.



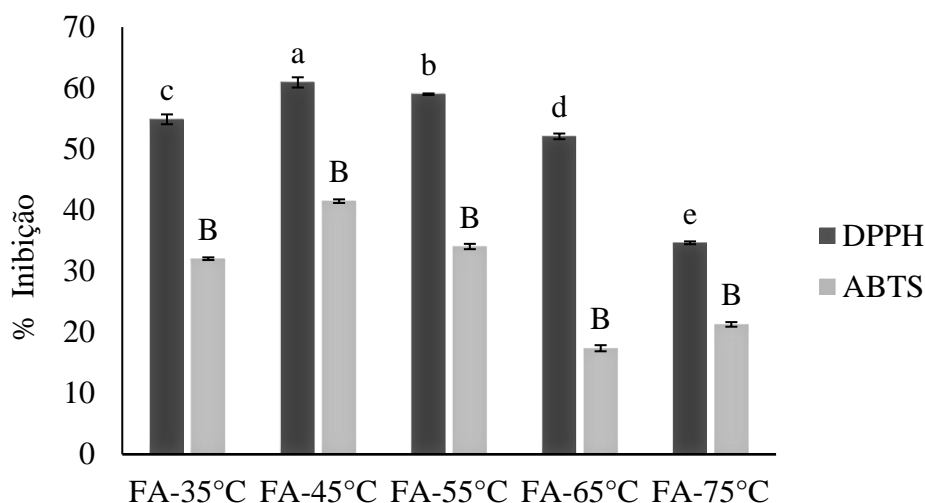
**Figura 6.** Compostos Fenólicos Totais das farinhas de ora-pro-nóbis em temperaturas distintas. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. FA-35°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 35°C; FA-45°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 45°C; FA-55°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 55°C; FA-65°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 65°C; FA-75°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 75°C.

As farinhas também foram avaliadas quanto à atividade antioxidante pelos métodos de sequestro de radicais DPPH e ABTS e os resultados estão expressos na Figura 7. No ensaio utilizando o método de redução do DPPH, os valores obtidos variaram de 60,93 % a 34,65 %, sendo o maior teor obtido pela farinha submetida a secagem a 45°C (60,93%) e o menor teor obtido pela farinha seca a 75°C (34,65%). Estes valores estão dentro dos resultados encontrados por Vieira *et al.* (2010) que obtiveram teores de 45,77% - 92,6% de atividade antioxidante das folhas de ora-pro-nóbis, e inferiores aos resultados obtidos por Sousa *et al.* (2014) que encontraram atividade antioxidante na faixa de 63,5% - 75,6%.

No ensaio utilizando o método ABTS, os resultados variaram de 41,47% a 17,38%, sendo o maior teor obtido pela farinha submetida a secagem a 45°C (41,47%) e o menor valor obtido pela temperatura de 65°C (17,38%). Resultados semelhantes foram encontrados por Colussi *et al.* (2022) ao estudar farinha de folhas de-dente-de-leão (*Taraxacum officinale*), e observou valor de 35,3% de inibição.

As baixas porcentagens de inibição de radicais livres obtidos pelas temperaturas de 65°C e 75°C nos ensaios DPPH e ABTS podem ser pelas elevadas temperaturas, pois conforme Torres *et al.* (2022), as altas temperaturas podem afetar a estabilidade de alguns compostos com atividade antioxidante (ácido cafeico, ácido elágico, ácido p-anísico, ácido p-Cumárico, kaempferol e

quercetina), causando degradação, modificações na estrutura das moléculas ou formação de compostos pró-oxidantes, e conseqüentemente diminuir a capacidade de inibição dos radicais livres



**Figura 7.** Teores de atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH de farinhas de ora-pro-nóbis secas em diferentes temperaturas. Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no método DPPH. Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no método ABTS. FA-35°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 35°C; FA-45°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 45°C; FA-55°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 55°C; FA-65°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 65°C; FA-75°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 75°C.

### 3.5. Características tecnológicas das farinhas

A Tabela 7 apresenta as propriedades tecnológicas das farinhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes temperaturas. Estes indicadores podem ser úteis para determinar vantagem ou desvantagem da utilização das farinhas em preparações e no desenvolvimento de novos produtos (PIRES, SANTOS e SILVA, 2019).

**Tabela 7.** Características tecnológicas das farinhas de ora-pro-nóbis em temperaturas distintas.

| Tratament<br>o | IAA (g/g)               | ISA (%)                 | CAO (g/g)              | AE (%)                       | EE (%)                       | CE (%)                 |
|----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|
| <b>FA35</b>    | 7,37±0,27 <sup>c</sup>  | 23,28±0,96 <sup>a</sup> | 4,89±0,27 <sup>a</sup> | 68,33±7,64 <sup>a</sup>      | 94,05±12,0<br>8 <sup>a</sup> | 0,68±1,18 <sup>a</sup> |
| <b>FA45</b>    | 16,11±0,14 <sup>a</sup> | 18,85±1,10 <sup>b</sup> | 4,54±0,51 <sup>a</sup> | 73,33±2,89 <sup>a</sup>      | 99,21±15,4<br>9 <sup>a</sup> | 0±0 <sup>a</sup>       |
| <b>FA55</b>    | 12,81±0,88 <sup>b</sup> | 15,56±0,82 <sup>b</sup> | 4,40±0,28 <sup>a</sup> | 59,17±6,29 <sup>a</sup><br>b | 97,44±4,44 <sup>a</sup>      | 0,71±1,23 <sup>a</sup> |
| <b>FA65</b>    | 6,32±0,23 <sup>c</sup>  | 16,58±1,19 <sup>b</sup> | 5,13±0,59 <sup>a</sup> | 46,67±7,64 <sup>b</sup>      | 96,51±12,7<br>6 <sup>a</sup> | 0,71±1,23 <sup>a</sup> |

|             |                        |                         |                        |                     |                              |                  |
|-------------|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|------------------------------|------------------|
| <b>FA75</b> | 6,53±0,11 <sup>c</sup> | 16,48±0,63 <sup>b</sup> | 5,07±0,13 <sup>a</sup> | 50±2,5 <sup>b</sup> | 75,44±21,2<br>7 <sup>a</sup> | 0±0 <sup>a</sup> |
|-------------|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|------------------------------|------------------|

IAA: índice de absorção de água; ISA: índice solubilidade em água; CAO: capacidade de absorção de óleo; AE: atividade emulsificante; EE: estabilidade da emulsão; CE: capacidade espumante. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A farinha oriunda da secagem a 45°C apresentou maior índice de absorção de água (16,11 g/g) com diferença estatística em relação a farinha de 35°C. Conforme Wang *et al.* (2006), o índice de absorção de água (IAA) é uma propriedade utilizada para avaliar a necessidade de adicionar farinhas de vegetais em pães, bolos e produtos cárneos, possibilitando o acréscimo de água para facilitar a manipulação da massa e evitar seu ressecamento durante o armazenamento, ou seja, neste caso, quanto maior a quantidade de farinha de ora-pro-nóbis for adicionada ao preparo de produtos, maior será a absorção de água e, conseqüentemente mais líquido poderá ser utilizado no processo, podendo gerar diminuição nos custos da preparação. Ainda, a absorção de água de farinhas de origem vegetal é normalmente atribuída a disponibilidade de fibras encontradas nestes materiais (SANTANA, FILHO e EGEA, 2017). No caso da farinha de ora-pro-nóbis submetida a secagem a 45°C, ela possui elevada quantidade de fibras, cerca de 57,20 g/100 g, inferior somente a quantidade de fibra alimentar da farinha de 35°C atribuindo o maior índice de absorção de água.

A capacidade de absorção de óleo (CAO) é atribuída à ligação de partes proteicas da amostra às partículas de óleo. Elevados índices de absorção de óleo determinam se a farinha poderá ser utilizada em produtos cárneos ou emulsionados como massas de bolos, maioneses, molhos para saladas, sopas e queijos processados, atribuindo consistência, viscosidade, adesão e melhorando a textura e palatabilidade dos alimentos (PIRES, SANTOS e SILVA, 2019; SANTANA, FILHO e EGEA, 2017).

As farinhas de ora-pro-nóbis apresentaram CAO entre 4,40 g/g e 5,13 g/g, e a farinha que apresentou maior absorção de óleo foi a obtida a partir da secagem a 65°C (5,13 g/g), com diferença estatística em relação ao tratamento de 35°C e 55°C, provavelmente pela maior presença de grupos hidrofóbicos nas proteínas dessa farinha. De acordo com Santana, Filho e Egea (2017), a absorção de gorduras depende da quantidade de grupos hidrofóbicos presentes nas proteínas e da interação destes com as cadeias hidrofóbicas de gordura. Quando comparado com outros estudos, é possível notar que as farinhas de ora-pro-nóbis submetidas à secagem entre 35°C e 75°C apresentam alta capacidade de absorção de óleo. Ramírez-Jiménez *et al.* (2014) ao verificarem propriedades funcionais e tecnológicas das farinhas de feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) observaram que a absorção de óleo variou entre 0,76 e 0,88 g/g. Em outro estudo realizado por Oloyede *et al.* (2015) a fim de observar o efeito da fermentação nas propriedades funcionais da pasta de farinha da semente de *Moringa oleífera*, obtiveram valores de CAO entre 1,91 g/g e 0,87 g/g.

O maior índice de solubilidade em água (ISA) foi encontrado na farinha de ora-pro-nóbis submetida a secagem a 35°C (23,28%), comparado aos demais tratamentos. O ISA é importante pois determina em que tipo de preparação esta farinha pode ser empregada, sendo que valores elevados indicam que esta farinha pode ser utilizada em alimentos que necessitam de baixas temperaturas para serem preparados ou como ingredientes para elaboração de sopas, sobremesas e molhos, que necessitam de ingredientes com maior solubilidade em água (Santana, Filho e Egea, 2017).

Em geral, as propriedades emulsificantes estão associadas a quantidade e qualidade de proteína solúvel na farinha. Segundo Santana, Filho e Egea (2017), farinhas com baixa atividade emulsificante não são de interesse comercial, pois deseja-se que a farinha contribua para a formação da emulsão do produto, bem como farinhas com baixa estabilidade de emulsão são inadequadas pelos tratamentos térmicos realizados com estes produtos. Assim, a farinha submetida a secagem na temperatura de 45°C foi a que demonstrou maior atividade (73,33%) e estabilidade emulsificante (99,21%).

Em relação a capacidade da espuma, não foi observada formação e capacidade espumante nas farinhas secas em temperaturas de 45 e 75°C, no entanto, todas as farinhas submetidas à secagem em diferentes temperaturas apresentam baixa capacidade da espuma (<1%) sugerindo que o uso destas farinhas em alimentos que requeiram esta propriedade como sorvetes, mousses e outros, pode não ser adequado (PORTE *et al.*, 2011). Pires, Santos e Silva (2019) explicaram que a atividade espumante está associada com a quantidade de proteínas, sendo necessária proteínas flexíveis, pobres em estruturas secundárias e terciárias que se adaptem rapidamente na interface ar-líquido, e a firmeza da espuma está relacionada com a qualidade da proteína, sendo importante que se formem películas coesivas, elásticas, contínuas e impermeáveis ao ar.

### **3.6. Análise de cor**

A Tabela 8 demonstra os parâmetros de cor avaliados nas folhas de ora-pro-nóbis *in natura* e submetidas as diferentes temperaturas de secagem.

O parâmetro L\* (luminosidade) das folhas diminuiu com o aumento da temperatura, indicando que as amostras se tornaram mais escuras quando foram submetidas ao aquecimento por diferentes temperaturas quando comparada com a amostra *in natura*.

O parâmetro a\* varia de verde (valores negativos) a vermelho (valores positivos). Foi possível notar que as folhas submetidas a secagem exibiram valores mais baixos do parâmetro a\* quando comparada as folhas *in natura*, e que aquelas submetidas a secagem a 65°C e 75°C apresentaram resultados positivos. Para valores negativos do parâmetro a\*, a aproximação do zero no espaço de cores corresponde a perda de cor verde, a qual foi verificada em maior intensidade para as folhas submetidas ao tratamento de 35°C. Resultados positivos para o parâmetro a\* indicam redução na cor



verde e aumento na cor avermelhada, resultando em coloração verde marrom escura, e em geral é atribuído a perda de clorofila e/ou da cor verde brilhante, e neste caso foi observado nos tratamentos de 65°C e 75°C. Estes resultados também foram demonstrados nos trabalhos de Alwi, Zubairy e Hamid (2022) que avaliaram folhas de *Aquilaria subintegra*; Razak *et al.* (2016) que avaliaram folhas de *Cassia alata*; e Therdthai e Zhou (2009) que avaliaram folhas de *Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen.

Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com os observados durante análise do teor de clorofila, conforme observado na Figura 8, na qual a farinha de ora-pro-nóbis submetida a secagem a 35°C apresentou o menor teor de clorofila (12,41 µg/mL) indicando que a mudança na cor se deve provavelmente a degradação da clorofila pela temperatura e tempo de secagem (84,33 h) no qual a amostra foi submetida. A decomposição da clorofila começa com a quebra de tecidos por forças externas, como estresse hídrico, luminosidade, alterações térmicas, elevados níveis de etileno ou a combinação destes fatores. As altas temperaturas ocasionam a substituição do magnésio, átomo central da molécula de clorofila, por hidrogênio, sendo esse processo conhecido por feofitinação, conferindo cor marrom azeitona as amostras (Streit *et al.*, 2005). Já as farinhas de ora-pro-nóbis secas a 65°C e 75°C apresentaram teores de clorofila próximo de 20,83 µg/mL e 20,41 µg/mL, respectivamente, demonstrando que as amostras quando comparadas com os demais tratamentos não tiveram perda significativa de clorofila, e sim redução da cor verde brilhante, que provavelmente acontece pela baixa atividade de água, pois conforme Schwartz e Lorenzo (1990), a degradação da clorofila em feofitina pode ser retardada quando o conteúdo da umidade do vegetal é reduzido ou a atividade de água é baixa.

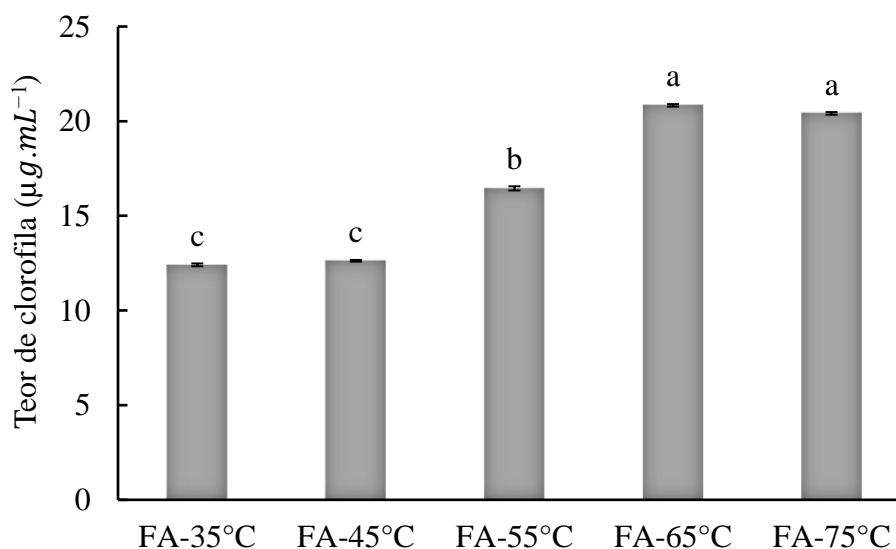
As folhas secas apresentaram menores valores de  $b^*$  quando comparado as folhas *in natura*, mostrando que as folhas ficaram menos amareladas. As folhas *in natura* possuem carotenoides, que são pigmentos lipossolúveis responsáveis pelas cores laranja, amarela e vermelha que atuam como pigmentos assessores à clorofila, e a sua degradação é a provável causa de alteração de cor nas folhas submetidas ao processo de secagem. Este mesmo comportamento foi relatado por Braga, Vieira e Oliveira (2018) que analisaram a caracterização físico-química e cor das folhas de *Curcuma longa* L.; Razak *et al.* (2016) que estudaram folhas de *Cassia alata*. e por Argyropoulos e Muller (2014) que analisaram a mudança de cor das folhas de *Melissa officinalis* L. durante secagem.

Os valores de  $C^*$  (Chroma) elevados indicam intensidade de cor. O processo de secagem resultou em diminuição na intensidade de cor das folhas por causa da redução da coloração verde e amarela. As folhas submetidas a temperatura de 65°C apresentaram menor intensidade de cor, enquanto as folhas submetidas a temperatura de 35°C apresentaram maiores resultados de  $C^*$ . Resultado idêntico foi obtido por Braga, Vieira e Oliveira (2018) para folhas de *Curcuma longa* L.

**Tabela 8.** Parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h$ ) das folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes temperaturas de secagem.

| Parâmetros de Cor | Folhas <i>in natura</i> (adaxial) | 35°C                          | 45°C                           | 55°C                         | 65°C                         | 75°C                         |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| $L^*$             | 45,72±1,5<br>7                    | 36,09±4,20 <sup>a</sup>       | 31,76±1,20 <sup>b</sup>        | 28,59±1,1<br>9 <sup>bc</sup> | 22,43±1,0<br>8 <sup>d</sup>  | 25,47±5,2<br>0 <sup>cd</sup> |
| $a^*$             | -8,38±0,78                        | -0,75±2,03 <sup>b</sup>       | -1,70±2,18 <sup>bc</sup>       | -3,04±1,43 <sup>c</sup>      | 2,87±0,63 <sup>a</sup>       | 2,88±0,77 <sup>a</sup>       |
| $b^*$             | 25,06±3,8<br>4                    | 18,71±3,04 <sup>a</sup>       | 13,80±2,29 <sup>b</sup>        | 16,30±1,1<br>2 <sup>ab</sup> | 9,93±1,35 <sup>c</sup>       | 15,13±4,6<br>0 <sup>ab</sup> |
| $C^*$             | 26,11±3,8<br>4                    | 18,82±3,10 <sup>a</sup>       | 14,04±2,42 <sup>b</sup><br>c   | 16,62±1,3<br>9 <sup>ab</sup> | 10,34±1,4<br>5 <sup>c</sup>  | 15,40±4,6<br>4 <sup>ab</sup> |
| $h$               | 112,47±1,<br>64                   | 172,14±89,<br>72 <sup>b</sup> | 117,35±52,<br>58 <sup>bc</sup> | 100,27±3,<br>98 <sup>c</sup> | 254,04±1,<br>99 <sup>a</sup> | 258,97±1,<br>77 <sup>a</sup> |

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 8.** Teor de clorofila das farinhas de ora-pro-nóbis obtidas em temperaturas distintas. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 35°C (FA-35°C); Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 45°C (FA-45°C); Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 55°C (FA-55°C); Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 65°C (FA-65°C); Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 75°C (FA-75°C).

### 3.7. Análises térmicas

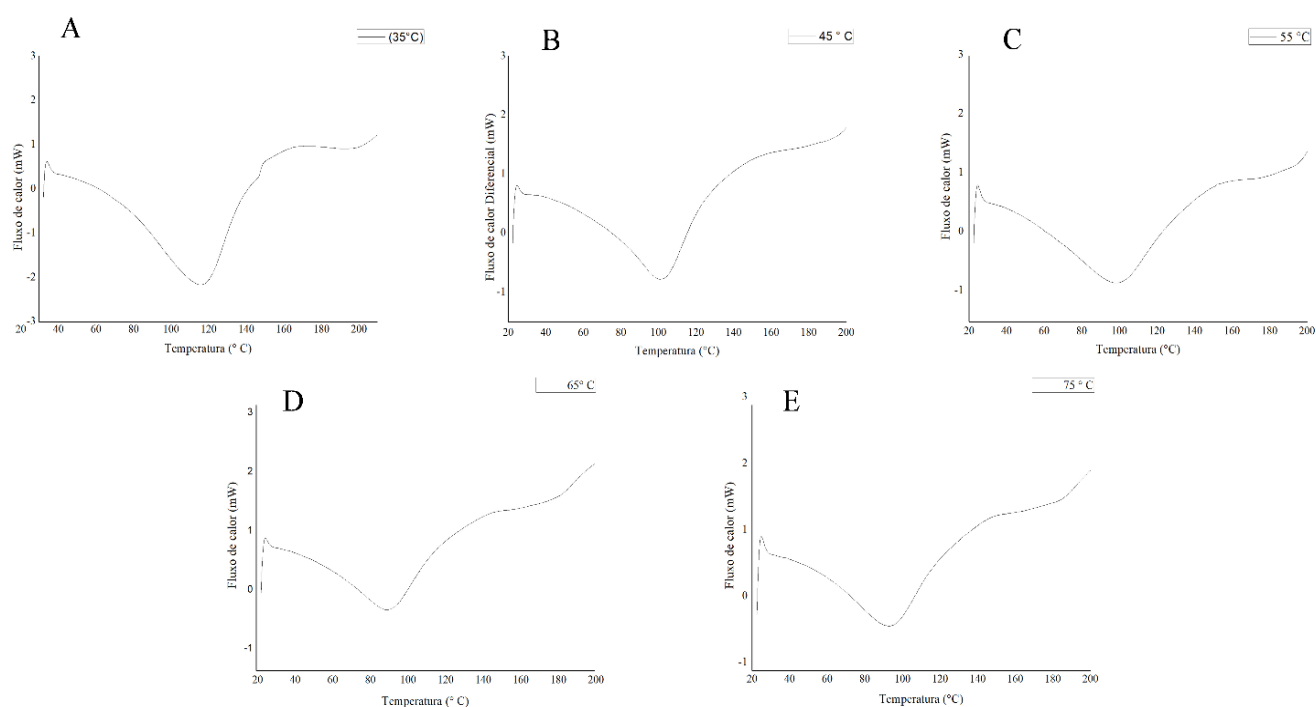
A Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) é um método eficiente que fornece informações quantitativas e qualitativas sobre alterações físicas e químicas relacionadas aos processos endotérmicos (absorção de calor) e exotérmicos (liberação de calor) ou modificações na capacidade calorífica, sendo útil nos estudos de processos de armazenamento, congelamento, evaporação e desidratação (Silva *et al.*, 2020).

As propriedades térmicas obtidas pelo DSC estão apresentadas na Tabela 9 e Figura 8.

**Tabela 9.** Propriedades térmicas das farinhas de ora-pro-nóbis sob diferentes temperaturas.

| Propriedades            | Temperaturas |        |        |        |        |
|-------------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|
|                         | 35°C         | 45°C   | 55°C   | 65°C   | 75°C   |
| T <sub>0</sub> (°C)     | 62,06        | 72,34  | 55,59  | 56,57  | 55,45  |
| T <sub>p</sub> (°C)     | 105,92       | 100,78 | 98,34  | 89,47  | 92,99  |
| T <sub>r</sub> (°C)     | 139,15       | 120,04 | 122,95 | 108,27 | 114,80 |
| ΔH (J.g <sup>-1</sup> ) | 285,06       | 152,48 | 123,45 | 101,32 | 127,86 |

T<sub>0</sub>: temperatura de início, T<sub>p</sub>: temperatura de pico (fusão), T<sub>r</sub>: temperatura final, ΔH: entalpia.



**Figura 9.** Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) de farinha de ora-pro-nóbis em diferentes temperaturas. Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 35°C (A); Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 45°C (B); Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 55°C (C); Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 65°C (D); Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 75°C (E).

As farinhas obtidas após secagem em diferentes temperaturas mostraram um pico endotérmico bem definido. As temperaturas de fusão das farinhas diminuíram conforme aumento de temperatura de secagem, com pico de 105,92, 100,78, 98,34, 89,47 e 92,99°C para as farinhas secas na temperatura de 35, 45, 55, 65 e 75°C, respectivamente. Os valores de entalpia da farinha submetida ao tratamento de 35°C foi notoriamente superior quando comparado com as demais amostras, 285,06 J.g<sup>-1</sup>.

Para um determinado evento endotérmico, temperaturas mais elevadas do que outras para diferentes amostras podem indicar que amostras com maiores temperaturas possuem maior

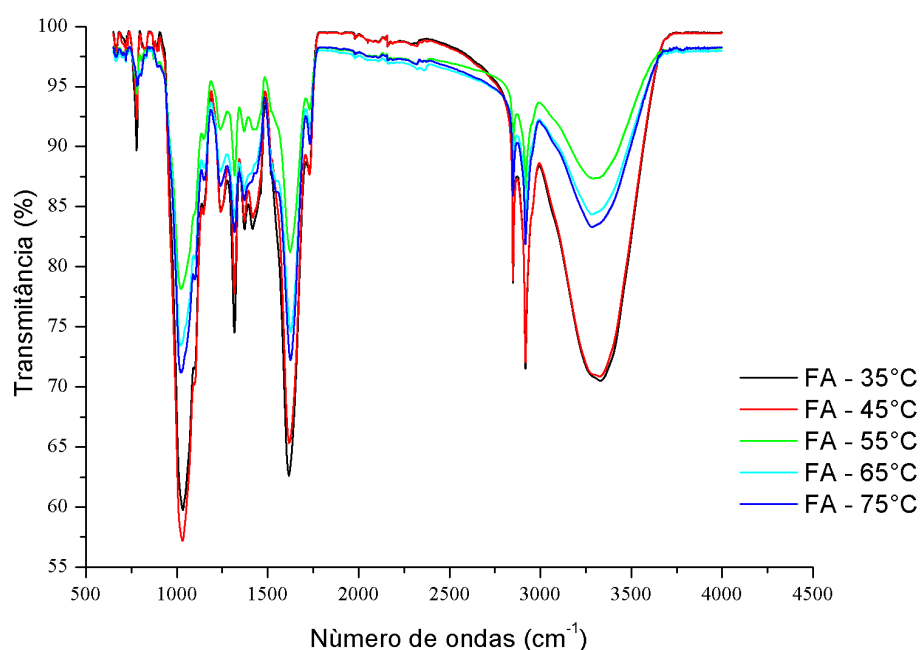
estabilidade térmica. Em termos de energia, quanto maior a energia necessária a ser absorvida por uma amostra para realizar este processo, maior a sua estabilidade e organização no interior das partículas pois a fusão de um material altamente organizado necessita de mais energia para quebrar as forças do interior do que a fusão de um material desordenado (FERNANDES *et al.*, 2021).

Nesse caso, a farinha obtida a partir da secagem a 35°C apresentou maior entalpia ( $\Delta H$ : 285,06 J.g<sup>-1</sup>) e temperatura de fusão (105,92°C) quando comparado com as demais farinhas, indicando melhor estabilidade térmica e resistência dos compostos presentes na amostra.

### 3.8. Espectrometria de absorção de infravermelho (FTIR)

Os espectros de FTIR para as farinhas de OPN secas em diferentes temperaturas estão apresentados na Figura 9.

A banda 3289,03 cm<sup>-1</sup> a 3351,93 cm<sup>-1</sup> pode ser atribuída ao estiramento vibracional do grupo O-H referente a água e álcoois. As absorções localizadas na região de 2845,76 cm<sup>-1</sup> a 2925,50 cm<sup>-1</sup> são características de vibrações simétricas e assimétricas de grupos C-H metilas e metilenos. A absorção situada em 1617,66 cm<sup>-1</sup> a 1624,24 cm<sup>-1</sup> é característica de estiramento vibracional de C=O de carbonila e ou compostos aromáticos. No intervalo de 1021,53 cm<sup>-1</sup> a 1039,81 cm<sup>-1</sup> observa-se um sinal largo que pode ser atribuído às deformações simétricas e assimétricas do grupo C-OH.



**Figura 10.** Espectros obtidos por infravermelho de farinhas de ora-pro-nóbis em temperaturas distintas. FA-35°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 35°C; FA-45°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 45°C; FA-55°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 55°C; FA-65°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 65°C; FA-75°C: Farinha de ora-pro-nóbis seca a temperatura de 75°C.

Os resultados obtidos indicaram o aparecimento dos mesmos grupos funcionais nas farinhas submetidas a secagem em temperaturas de 35°C e 45°C. As amostras revelaram a presença de potenciais compostos bioativos representados por grupos funcionais como –CO, –OH e –CH. Ambas as amostras apresentaram picos largos característicos para estiramento –OH ligado a hidrogênio (zona de cerca de 3289,03 a 3351,93  $\text{cm}^{-1}$ ) na região do grupo funcional, indicando presença de compostos bioativos e possível umidade residual conforme resultados apresentados na Tabela 6. De acordo com Poojary, Vishnumurthy e Adhikari (2015) a funcionalidade do grupo hidroxila é parte integrante da maioria dos compostos fitoquímicos.

As bandas encontradas entre 1617,66  $\text{cm}^{-1}$  a 1624,24  $\text{cm}^{-1}$  em todas as amostras são características das vibrações (C=C) do anel aromático, essa banda obteve pico intenso de 72,76; 74,95 e 81,25% para as farinhas de ora-pro-nóbis para as temperaturas de 55, 65 e 75°C. A maioria das proteínas à base de plantas tem regiões de banda semelhantes à amida I (1630-1660  $\text{cm}^{-1}$ ) e amida II (1520-1550  $\text{cm}^{-1}$ ) (Selling et al., 2013).

#### 4. Conclusão

O processo de secagem aplicado no estudo reduziu o teor de água inicial e foi possível observar que o aumento na temperatura de secagem causa a redução no tempo de secagem, que foi igual a 84,33 h para a temperatura de 35°C e 2,5 h para a temperatura de 75°C. O modelo de Midilli foi selecionado por apresentar facilidade de uso, simplicidade da equação, além de ser o modelo tradicionalmente utilizado para descrever a cinética de secagem de folhas e plantas medicinais.

As farinhas de ora-pro-nóbis apresentaram teor de umidade (8,71 a 12,96 g 100 g) em conformidade com a legislação brasileira, presença de quantidades significativas de carboidratos (38,71 a 60,65 g 100 g), proteínas (3,45 g a 18,82 g 100g), fibras (43,32 a 58,62 g 100 g) e valores elevados de atividade antioxidante (60,93 a 34,65 % conforme método DPPH e 41,47 a 17,38% conforme método ABTS) e compostos bioativos (709,67 a 1224,08 mg EAG g), podendo ser utilizada como estratégia de baixo valor econômico para contribuir com as necessidades nutricionais dos indivíduos. As farinhas obtidas a partir da secagem a 55°C e 65°C possuem baixa atividade de água e possuem índice de vida de prateleira longa.

De acordo com as análises tecnológicas, as farinhas apresentaram características que permitem seu uso como ingredientes para inúmeras aplicações na indústria de alimentos. Possuem adequada capacidade de absorção de gorduras, podendo ser utilizada em produtos cárneos ou emulsionados. Os bons índices de absorção e solubilidade em água torna as farinhas uma estratégia em preparações que necessitam de baixas temperaturas. A baixa capacidade espumante demonstra

que as farinhas não são indicadas em alimentos que requeiram esta propriedade como sorvetes, mousses ou cremes.

Com base nos resultados obtidos, faz-se necessário realizar mais pesquisas sobre outros nutrientes presentes na ora-pro-nóbis, toxicidade, consumo *in natura*, bem como estimulação, valorização e reconhecimento das plantas alimentícias não convencionais, podendo contribuir para o desenvolvimento sustentável, cultural e incremento de fontes alimentícias ampliando o leque de ingredientes que possam ser utilizados nas indústrias de alimentos.

## 5. Referências

ARGYROPOULOS, D., MULLER, J. Kinetics of change in colour and rosmarinic acid equivalents during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis L.*). **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 1, p. 15-22, 2014.

ALARA, O.R., ABDURAHMAN, N.H., OLALERE, O.A. Mathematical modelling and morphological properties of tin laer oven drying of *Vernonia amygdalina* leaves. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 1, n. 3, p. 309-315, 2017.

ALEXANDRE, E.C.F. *et al.* Drying kinetics of *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd leaves and physicochemical assessment of flour. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n.2, e5639, 2019.

ALIBAS, I., YILMAZ, A., ASIK, B.B., ERDOĞAN, H. Influence of drying methods on the nutrients, protein content and vitamin profile of basil leaves. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 96, 2021.

ALMEIDA, M.E.F. *et al.* Caracterização química das hortaliças não-convencionais conhecidas como ora-pro-nóbis. **Revista de Biociências**, v. 30, spp. 1, p. 431-439, 2014.

ALVES, J.J.L. *et al.* Cinética de secagem das folhas de *Hyptis suaveolens*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 19, n. 2, p. 168-176, 2017.

ALWI, H., ZUBAIRY, N., HAMID, K.H.K. Drying properties of agarwood leaves in vacuum far infrared dryer: Colour changes. **Materials Today: Proceedings**, v. 63, p. 174-177, 2022.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysis**. 18<sup>a</sup> ed. Washington DC USA, 2010.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists International. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17 ed., Gaithersburg, 2000.

ASABE- American Society of Agricultural and Biological Engineers. Moisture Measurement – Forages: Standard S3558.2 DEC1998, R2008. In: American Society of Agricultural and Biological Engineers (ed.). **Standards, Engineering Practices, and data**. St. Joseph: ASABE, 2010. P.64-685.

ASOLINI, F. C.: TEDESCO, A. M.: CARPES, S. T.: Antioxidant and Antibacterial Activities of Phenolic Compounds from Extracts of Plants Used as Tea. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.9, n.3, p. 209-215, 2006.

BARBALHO, S.M. *et al.* Pereskia aculeata Miller Flour: metabolic effects and composition. *Journal of Medicinal Food*, v. 19, n.9, p.890-894, 2016.

BRAGA, M.C., VIEIRA, E.C.S., OLIVEIRA, T.F. *Curcuma longa L.* leaves: Characterization (bioactive and antinutritional compounds) for use in human food in Brazil. **Food Chemistry**, v. 265, p. 308-315, 2018.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária: Resolução RDC nº. 54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-54-de-12-de-novembro-de-2012.pdf/view>. Acesso em novembro/2022.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Brasília, DF, 2005.

BRASIL, Ministério da saúde, Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Diário Oficial da União Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. **Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados**. Brasília, DF, 2003.

BRUINSMA, J. The quantitative analysis of chlorophylls A and B in plant extracts. **Photochemistry and Photobiology**, v. 2, n. 2, p. 241–249, 1963.

COFFMANN, C.N., GARCIA, V.V. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 12, n. 5, p. 473, 1977.

COLUSSI, J., FACCO, E.M.P., BRANCO, C.S., CHILANTI, G. Desenvolvimento e avaliação da composição da farinha de dente-de-leão (*Taraxacum officinale*). **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. /, n. 01, p. 43-53, 2022.

CORADI, P.C. *et al.* Electric conductivity test for quality assessment of aromatic and medicinal plants after drying. **Drying Technology**, v. 36, n. 5, p. 545-556, 2018.

CHEN, X. *et al.* Effects of drying processes on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant properties of yam flours. **Food Chemistry**, v.224, n.1, p. 224-232, 2017.

CRUZ, T.M. *et al.* Extraction optimization of bioactive compounds from ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) leaves and their in vitro antioxidant and antihemolytic activities. **Food Chemistry**, v. 361, n. 1, 2021.

DASTHAGEER, N. *et al.* Analysing drying characteristics of *Solanum trilobatum* leaves and nutritive assessment of cookies. **Materials Today: Proceeding**, v. 48, n. 2, p. 316-321, 2022.

DUARTE, M.R., HAYASHI, S.S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 2, 2005.

EGEA, M.B., PIERCE, G. Bioactive compounds of Barbados Gooseberry (*Pereskia aculeata* Mill.). In: MURTHY, H.N., PACK, K.Y (eds.) *Bioactive Compounds in Underutilized Vegetables and Legumes*. Springer: Switzerland, p.2-10, 2021.



ENGEL, V.L., POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

FERNANDES, S.S. *et al.* Effect of the spray drying conditions on the physicochemical and structural characteristics and the stability of chia oil microparticles. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 138, n. 39, 2021.

GARCIA, J.A.A. *et al.* Phytochemical profile and biological activities of ‘Ora-pro-nobis’ leaves (*Pereskia aculeata* Miller), an underexploited superfood from the Brazilian Atlantic Forest. **Food Chemistry**, v. 294, p. 302-308, 2019.

GOMES, F.P. *et al.* Drying kinetics of crushed mass of ‘jambu’: effective diffusivity and activation energy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 22, n. 7, p. 499-505, 2018.

GOMES, N.H.F. *et al.* Cinética de secagem de folhas de *Cymbopogon citratus*. **Engevista**, v. 19, n. 2, p. 328-338, 2017.

GOUVEA, I.F.S. *et al.* Caracterização física e química da farinha de talo de beterraba. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n. 3, p. 15814-15823, 2020

HORWITZ, W., LATIMER, G (Ed.): **Official methods of analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.

KHAN, I.H. *et al.* Application of machine learning-based approach in food drying: opportunities and challenges. **Drying Technology**, v.1, n.17, 2020.

LARRAURI, J.A., RUP'EREZ, P., SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.

LI, W., HYDAMAKA, A.W., LOWRY, L., BETA, T. Comparison of antioxidant capacity and phenolic compounds of berries, chokecherry and seabuckthorn. **Central European Journal of Biology**, v. 4, n. 4, p. 499-506, 2009.

LIZIAD, A. *et al.* Investigation on phenolic compounds stability during microwave-assisted extraction. **Journal of Chromatography A**, v. 1140, p. 29-34, 2007.

MACIEL, V.B.V. *et al.* Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller): a potential alternative for iron supplementation and phytochemical compounds. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, 2021.

MACIEL, V.B.V., YOSHIDA, C.M.P., GOYCOOLEA, F.M. Agronomic cultivation, chemical composition, functional activities and applications of *Pereskia species* – a mini review. **Current Medicinal Chemistry**, v. 26, n. 24, p. 4573-4584, 2019.

MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. The thin layer drying characteristic of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, Montreal, v. 29, n. 1, p. 75-97, 1996.

MARTINS, I.R. *et al.* Farinha da casca de maracuja (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): obtenção e caracterização da composição físico-química. In: Editora Poisson. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol. 11. Belo Horizonte: Poisson, 2021.

MARTINS, E.A.S. *et al.* Drying kinetics of blackberry leaves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 22, n. 8, p. 570-576, 2018.

MENDONÇA, A. P. *et al.* Modelagem matemática das curvas de secagem de sementes de duas espécies de andiroba. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 4, p. 293-303, 2019.

MGHAZLI, S. *et al.* Drying characteristics and kinetics solar drying of *Moroccan rosemary* leaves. **Renewable Energy**, v. 108, p. 303-310, 2017.

MILLER, N. J. *et al.* A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**, v. 84, p. 407-412, 1993.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p. 513-518, 2005.

MOSCON, E. S. *et al.* Cinética de secagem de grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.). **Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 4, p. 318-325, 2017.

NURAFIFAH, F., CHUAH, A.L., WAHIDA, M.A.P.F. Drying of *Plectranthus amboinicus* (lour) spreng leaves by using oven dryer. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v. 11, p. 239-244, 2018.

OKEZIE, B., BELLO, A. B. Physico-chemical and functional properties of winged beans flour and isolated compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988.

OLOYEDE, O.O. *et al.* Effects of fermentation time on the functional and pasting properties of defatted Moringa oleífera seed flour. **Food Science e Nutrition**, v.4, p. 89-95, 2015.

PINHEIRO, G.K.I. *et al.* Drying kinetics of yellow mombin (*Spodias mombin* L.) epicarp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.2, p.121-127, 2020.

PIRES, M.B., SANTOS, A.K.S., SILVA, K.G. Caracterização das propriedades tecnológicas da farinha de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller). In: VIEIRA, V.B., PIOVESAN, N. **Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos v. 2**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019, p. 65-76.

POOJARY, M. M.; VISHNUMURTHY, K. A.; ADHIKARI, A. V. Extraction, characterization and biological studies of phytochemicals from *Mammea suriga*. **Journal Of Pharmaceutical Analysis**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 182-189, jun. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpha.2015.01.002>.

PORTE, A. *et al.* Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*Caricacapaya*) e de abóbora (*Cucurbita* sp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.13, n.1, p.91-96, 2011.

RADÜNZ, L.L. *et al.* Avaliação da cinética de secagem de carqueja. **Engenharia na Agricultura**, v. 19, n.1, p. 19-27, 2011.

RAMIREZ-JIMÉNEZ, A.K. *et al.* Functional and technological potential of dehydrated *Phaseolus vulgaris* L. flours. **Food Chemistry**, v. 161, n. 15, p. 254-260, 2014.

RAZAK, N.A. *et al.* Drying curves and colour changes of *Cassia alata* leaves at different temperatures. **MATEC Web of Conferences**, v. 78, 2016.

ROCHA, D.R.C. *et al.* Macarrão adicionado de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) desidratado. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 4, p.459-465, 2008.

RUFINO, M. S. M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002, 2010.

SATO, R., *et al.* Nutritional improvement of pasta with *Pereskia aculeata* Miller: a non-conventional edible vegetable. **Food Science and Technology**, v. 39, spp. 1, 2019.

SANTANA, C.S. *et al.* Desenvolvimento de suplemento alimentar utilizando ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*). **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, 2018.

SANTANA, G.S., FILHO, J.G.O., EGEA, M.B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 88-95, 2017.

SANTOS, D.C. *et al.* Drying kinetics and thermodynamic properties of patawa pulp (*Oenocarpus batua* Mart.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v.22, 2019.

SANTOS, L.S. *et al.* Análise química de folhas de cactáceas do gênero *Pereskia*. **Revista Agrarian**, v. 8, n. 30, p. 343-350, 2015.

SELLING, G. W. *et al.* Extraction of proteins from pennycress seeds and press cake. **Industrial Crops And Products**, [S.L.], v. 41, p. 113-119, jan. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.009>.

SILVA, J.H. *et al.* Analysis of vitamins, lipid, ashes and ph of leaves and antibacterial capacity of ora-pro-nóbis extract (*Pereskia aculeata* Miller). **Austin Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 8, n. 1, p. 1134, 2020.

SILVA, L.A. *et al.* Cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 953-963, 2015.

SILVA, D.O. *et al.* Valor nutritivo e análise sensorial de pão de sal adicionado de *Pereskia aculeata*. **Demetra**, v. 9, n. 4, p. 1027-1040, 2014.

SOBRINHO, S.S. *et al.* Emulsified cooked sausages enriched with flour from ora-pro-nóbis leaves (*Pereskia aculeata* Miller). **International Food Reserach Journal**, v. 22, n. 1, p. 318-323, 2015.

SOUSA, F.C. *et al.* Predição de modelos matemáticos sobre a cinética de secagem das folhas de *Ziziphus joazeiro* Mart. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.2, p.195-200, 2015.

SOUSA, R.M.F. *et al.* Atividade antioxidante de extratos de folhas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.) usando métodos espectrofotométricos e voltamétricos *in vitro*. **Bioscience Journal**, v. 30, spp. 1, p. 448-457, 2014.

SCHWARTZ, S.J., LORENZO, T.V. Chlorophylls in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 29, n. 1, p. 1-17, 1990.

SQUENA, A.P. *et al.* Análise morfoanatômica de partes vegetativas aéreas de *Pereskia aculeata* Mill., Cactaceae. **Cadernos da Escola de Saúde**, v. 2, n. 8, p. 189-207, 2017.

STREIT, N.M. *et al.* As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

TARAFDAR, A., JOTHI, N., KAUR, B. Mathematical and artificial neural network modeling for vacuum drying kinetics of Moringa olifera leaves followed by determination of energy consumption and mass transfer parameters. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 24, 2021.

THERDTHAI, N., ZHOU, W. Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen). **Journal of Food Engineering**, v. 91, n. 3, p. 482-489, 2009.

TORRES, T.M.S. *et al.* Phenolic compounds recovered from ora-pro-nobis leaves by microwave assisted extraction. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 39, 2022.

VIEIRA, D.A. *et al.* Avaliação da atividade antioxidante das folhas de acerola, guabiroba e ora-pro-nóbis. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 1, n.2, p. 129-134, 2010.

VILELA, C., ARTUR, P.O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p. 387-394, 2008.

WANG, S. H. *et al.* Absorção de água e propriedades espumantes de farinhas extrusadas de trigo e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 26, n. 2, p. 475-481, 2006.

YASUMATSU, K. *et al.* Whipping and Emulsifying Properties of Soybean Products. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 36, n. 5, p. 719–727, 1972.