



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E
ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS



**FARINHA DE SEMENTES DE MELÃO NEVE (*Cucumis melo* sp.) PRODUZIDA
POR SECAGEM INTERMITENTE E CONTÍNUA E APLICADA A BISCOITOS
TIPO COOKIES**

RENATO COSTA DA SILVA

Campina Grande - PB

Março – 2023

**FARINHA DE SEMENTES DE MELÃO NEVE (*Cucumis melo* sp.) PRODUZIDA
POR SECAGEM INTERMITENTE E CONTÍNUA E APLICADA A BISCOITOS
TIPO COOKIES**

Renato Costa da Silva

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos
Agrícolas**

ORIENTADORES: Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva
Prof.^a Dr.^a Josivanda Palmeira Gomes

Campina Grande - PB

Março – 2023

S586f

Silva, Renato Costa da.

Farinha de sementes de melão neve (*Cucumis melo* sp.) produzida por secagem intermitente contínua e aplicada a biscoitos tipo cookies / Renato Costa da Silva. - Campina Grande, 2023.

63 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Recursos Naturais, 2023.

"Orientação: Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva, Profa. Dra. Josivanda Palmeira Gomes."

Referências.

1. Cinética de Secagem. 2. *LS Optimizer*. 3. Isoterma. 4. Sensorial. 5. Armazenamento. I. Silva, Wilton Pereira da. II. Gomes, Josivanda Palmeira. III. Título.

CDU 631.563.2(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

ATA DE DEFESA DE TESE PARA CONCESSÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA AGRÍCOLA, REALIZADA EM 20 DE MARÇO DE 2023.

CANDIDATO(A): RENATO COSTA DA SILVA

TÍTULO: FARINHA DE SEMENTES DE MELÃO NEVE (Cucumis melo sp.) PRODUZIDA POR SECAGEM INTERMITENTE E CONTÍNUA E APLICADA A BISCOITOS TIPO COOKIES

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

LOCAL: Por Videoconferência (plataforma Google Meet)

HORÁRIO: 14h

Em sessão pública, após exposição de cerca de 50 minutos, o(a) candidato(a) foi arguido (a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Tese, sendo **APROVADO(A)**, com modificações no texto, de acordo com as exigências da Comissão Examinadora, que deverão ser cumpridas no prazo máximo de 30 (trinta) dias. Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, assinada pelo(a) coordenador(a) do PPGEA e demais membros da Comissão Examinadora presentes. Campina Grande/PB, 20 de março de 2023.

COMISSÃO EXAMINADORA

Josivanda Palmeira Gomes - Coordenadora do PPGEA e Orientadora

Wilton Pereira da Silva - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Ana Paula Trindade Rocha - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Alexandre José de Melo Queiroz - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Cleide Maria Diniz Pereira da Silva e Silva - Examinador(a) Externo(a) - UAF/CCT/UFCG

Leidjane Matos de Souto - Examinador(a) Externo(a) - UAFM/CES/UFCG

Renato Costa da Silva - Discente

1. Segue a presente Ata de Defesa de Tese do(a) candidato(a) **RENATO COSTA DA SILVA**, assinada eletronicamente pela Comissão Examinadora acima identificada.

MARÇO DE 2023



Documento assinado eletronicamente por **JOSIVANDA PALMEIRA GOMES, COORDENADOR(A)**, em 21/03/2023, às 16:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **CLEIDE MARIA DINIZ PEREIRA DA SILVA E SILVA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 21/03/2023, às 17:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **WILTON PEREIRA DA SILVA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 21/03/2023, às 17:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **LEIDJANE MATOS DE SOUTO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/03/2023, às 21:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALEXANDRE JOSE DE MELO QUEIROZ, PROFESSOR 3 GRAU**, em 22/03/2023, às 00:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renato Costa da Silva, Usuário Externo**, em 23/03/2023, às 06:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA TRINDADE ROCHA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 31/03/2023, às 16:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **3225770** e o código CRC **A0B25A22**.

Dedicatória

A minha família e a você, leitor.

Obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. Objetivo geral	3
2.1 Objetivos específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Sementes de melão	4
3.2 Secagem	5
3.2.1 Secagem intermitente	6
3.2.2 Secagem contínua	7
3.2.2.1 Modelos empíricos para a predição da secagem contínua	8
3.3 Características químicas e físicas	9
3.3.1 Umidade	9
3.3.2 Atividade de água	10
3.3.3 Cinzas	12
3.3.4 Proteínas	12
3.3.5 Acidez	13
3.4 Aplicação de farinhas obtidas de subprodutos	13
3.5 Armazenamento	14
3.6 Embalagem	15
3.7 Microbiologia	16
3.8 Análise sensorial	18
3.9 Aproveitamento das sementes na elaboração de biscoito tipo “cookies”	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Matéria-Prima	23
4.2 Secagem	23
4.2.1 Secagem intermitente e contínua	24
4.2.2 Cinética de secagem	24
4.2.3 Predição da secagem intermitente utilizando o modelo de Page	26
4.3 Estudo do comportamento da difusão da água	27
4.4 Obtenção da farinha	27
4.5 Análises físico-químicas	27
4.6 Análises físicas das farinhas das sementes do melão neve	28
4.6.1 Molhabilidade	28

4.6.2 Densidade aparente	28
4.6.3 Densidade compactada	29
4.6.4 Porosidade	29
4.6.5 Densidade real	30
4.6.6 Fator de Hausner	30
4.6.7 Solubilidade	30
4.6.8 Rendimento	31
4.6.9 Capacidade de absorção de água e óleo	31
4.6.10 Propriedades emulsificantes	31
4.7 Compostos bioativos	32
4.7.1 Clorofilas totais	32
4.7.2 Carotenoides totais	32
4.7.3 Antocianinas	33
4.7.4 Flavonoides	33
4.8 Elaboração do biscoito tipo cookies	33
4.9 Análises microbiológicas	35
4.10 Análise sensorial	36
4.10.1 Procedimentos éticos	37
4.11 Isoterma de adsorção de umidade	38
4.11.1 Calor isostérico de sorção	39
4.12 Armazenamento	40
4.12.1 Cinética de degradação	41
4.13 Análise estatística dos dados	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1 Predição das cinéticas de secagem intermitente (tempo efetivo) e contínua	42
5.1.1 Predição da cinética de secagem intermitente utilizando o modelo de	50
Page	
5.1.2 Solução analítica com condição de contorno do primeiro e terceiro tipo	
para difusividade efetiva da água.....	59
5.2 Caracterização físico-química e propriedades tecnológicas das farinhas,	
obtidas através das secagens das sementes de melão neve.....	61
5.3 Compostos bioativos: clorofilas totais, carotenoides totais, antocianinas e	
flavonoides	69

5.4 Produção dos biscoitos tipo cookies	72
5.4.1 Análises microbiológicas	72
5.4.2 Análise sensorial	73
5.5 Isotermas de adsorção de umidade	79
5.5.1 Calor isostérico de sorção	86
5.6 Armazenamento dos cookies	89
5.6.1 Cinética de degradação	92
6 CONCLUSÕES PRELIMINARES.....	94
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXOS.....	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1- Modelos matemáticos ajustados às curvas de cinética de secagem....	9
Tabela 4.1- Organização das secagens realizadas.....	24
Tabela 4.2- Dados meteorológicos do ambiente externo ao secador no período da cinética de secagem.....	25
Tabela 4.3 – Ingredientes dos biscoitos tipo cookies produzidos utilizando a farinha de melão neve do experimento 2 como componente.....	34
Tabela 4.4- Modelos matemáticos utilizados para as isotermas de adsorção de umidade.....	39
Tabela 4.5- Modelos cinéticos de zero, primeira e segunda ordem e os tempos de meia vida.....	42
Tabela 5.1 - Parâmetros, coeficiente de determinação (R^2), qui-quadrado (χ^2) dos modelos ajustados às curvas de secagem da semente do melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹	43
Tabela 5.2 - Resultados para a predição do modelo de Page para as curvas da cinética de secagem intermitente do experimento 1 (50 °C com 10 min in e 20 min out), e experimento 2 (50 °C com 20 min in e 40 min out).....	51
Tabela 5.3 - Resultados para a predição da curva da cinética de secagem intermitente do experimento 4 (70 °C com 10 min in e 20 min out), e experimento 5 (70 °C com 20 min in e 40 min out).....	56
Tabela 5.4 – Valores obtidos pelos <i>softwares Prescribed e Convective</i> a partir da cinética de secagem da semente do melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹	60
Tabela 5.5 – Valores médios e desvio padrão da caracterização físico-química das farinhas obtidas através das secagens das sementes de melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹	61
Tabela 5.6 – Valores médios e desvio padrão das propriedades tecnológicas das farinhas obtidas através das secagens das sementes de melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹	66
Tabela 5.7 – Valores médios e desvio padrão das clorofilas totais, carotenoides, antocianinas e flavonoides das farinhas obtidas através das secagens das sementes de melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹	70
Tabela 5.8 - Resultados obtidos das análises microbiológicas dos biscoitos tipo cookies da farinha de melão neve obtida pelo experimento 2 (50 °C, 20 in min; 40 out min).....	73
Tabela 5.9 – Perfil dos provadores das formulações dos biscoitos elaborados... 73	
Tabela 5.10 – Índice de aceitabilidade dos biscoitos tipo cookies, elaborados parcialmente com a farinha de melão neve	78
Tabela 5.11 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios relativos médios (DRM) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água a 20, 30 e 40 °C, do cookies elaborado a partir da farinha obtida das secagens	

(intermitente e contínua) das sementes de melão neve na temperatura de 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹	82
Tabela 5.12 – Comportamento das variáveis teor de água, atividade de água, acidez, pH, proteínas e lipídios durante 90 dias de armazenamento dos cookies obtidos através da secagem intermitente das sementes de melão neve na temperatura de 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹ , acondicionadas em embalagem laminada	90
Tabela 5.13 – Parâmetros cinéticos da degradação dos lipídios durante o armazenamento dos biscoitos obtidas através das secagens das sementes de melão neve na temperatura de 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹ , acondicionadas em embalagem laminada e transparente	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 – Fruto recém-adquirido (a); posição de repouso (b); espessura da semente (c).....	24
Figura 4.2 – Esquema dos intervalos de tempo de um ciclo, sendo $t_{(in)}$ o tempo efetivo de secagem e $t_{(out)}$ tempo de tempera.....	26
Figura 4.3 – Biscoitos tipo cookies elaborados através da substituição parcial de farinha de trigo por farinha de melão neve, sendo: 0% (F0), 15% (F1), 30% (F2), 45% (F3)	35
Figura 4.4 – Disposição para a realização da análise sensorial.....	36
Figura 5.1 – Cinética de secagem das sementes de melão neve a 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹ , apresentando o tempo efetivo de operação: experimento 1 (a), experimento 2 (b), experimento 3 (c).....	45
Figura 5.2 – Cinética de secagem das sementes de melão neve a 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹ , apresentando o tempo efetivo de operação: experimento 4 (d), experimento 5 (e), experimento 6 (f).....	46
Figura 5.3 – Superposição das curvas preditas pelo modelo de Page para os experimentos de cinética de secagem das sementes de melão neve a 50 (a) e 70 °C (b) e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹	47
Figura 5.4 – Taxas de secagem para o modelo de Page dos experimentos, para a secagem das sementes de melão neve a 50 (a) e 70 °C (c) e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹	50
Figura 5.5 – Cinética de secagem intermitente das sementes de melão neve, experimento 1 (50 °C com 10 min in e 20 min out), preditas pelo modelo de Page, sendo com dois parâmetros (a), três parâmetros (b) e quatro parâmetros (c).....	53
Figura 5.6 – Cinética de secagem intermitente das sementes de melão neve, experimento 2 (50 °C com 20 min in e 40 min out), preditas pelo modelo de Page, sendo com dois parâmetros (d), três parâmetros (e) e quatro parâmetros (f).....	54
Figura 5.7 – Cinética de secagem intermitente das sementes de melão neve, experimento 4 (70 °C com 20 min in e 40 min out), preditas pelo modelo de Page, sendo com dois parâmetros (G), três parâmetros (H) e quatro parâmetros (I).....	57
Figura 5.8 – Cinética de secagem intermitente das sementes de melão neve, experimento 5 (70 °C com 20 min in e 40 min out), preditas pelo modelo de Page, sendo com dois parâmetros (J), três parâmetros (K) e quatro parâmetros (L).....	58
Figura 5.9 - Valores médios obtidos para a aparência (A), cor (B), e sabor (C), após a análise sensorial dos biscoitos tipo cookies, elaborados parcialmente com a farinha de melão neve.....	75

Figura 5.10 - Valores médios obtidos para a textura (D), impressão global (E), e intenção de compra (F), após a análise sensorial dos biscoitos tipo cookies, elaborados parcialmente com a farinha de melão neve.....	77
Figura 5.11 – Isotermas de adsorção de água dos biscoitos tipo cookies produzidos através da substituição parcial (45%) da farinha de trigo por farinha de semente de melão neve, secas de forma intermitente e contínua, e com ajustes pelo modelo de Peleg.....	85
Figura 5.12 - Valores de Ln (aw) para diferentes teores de umidade de equilíbrio (b.s., %), sendo: experimento 2 (a) e experimento 3 (b)	87
Figura 5.13 - Valores calculados a partir dos coeficientes angulares e valores preditos do calor isostérico integral de sorção em função do teor de água de equilíbrio dos cookies elaborados a partir das farinhas de melão neve secas (experimento 2 e 3) a 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m s ⁻¹	88

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

SMN - semente de melão neve

°C - grau celsius.

% - porcentagem.

mg - miligrama.

g - grama.

$g s^{-1}$ - grama por segundo.

mm - milímetro.

cm - centímetro.

$m s^{-1}$ - metros por segundo.

min - minutos.

h - hora.

X^* - razão de umidade (adimensional).

X - teor de umidade do produto em determinado tempo (base seca).

X_i - teor de umidade inicial do produto (base seca).

X_e - teor de umidade equilíbrio do produto (base seca).

k, k_0 , k_1 - coeficiente de secagem.

a, a° , b, c, n - coeficientes dos modelos (secagem).

t - Tempo (min).

UR - umidade relativa.

$Kj m^{-2}$ - quilojoule por metro quadrado.

R^2 - coeficientes de determinação.

UFMG - Universidade Federal de Campina Grande.

LAPPA - Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas.

UAEA - Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola.

in - dentro.

out - fora.

\leq - menor ou igual.

t_c - tempo de um ciclo.

exp - exponencia.

χ^2 - qui-quadrado.

X^*_{pred} - razão de umidade predito pelo modelo.

X^*_{exp} - razão de umidade experimental.

GLR - graus de liberdade do modelo.

pH - potencial hidrogeniônico.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists.

NaCl - cloreto de sódio.

ρ_a - densidade aparente.

ρ_c - densidade compactada.

ρ_r - densidade real.

ms - massa do sólido.

V_t - volume total.

V_c - volume do sólido após compactação.

V_g - volume gasto de óleo.

FH - fator de Hausner.
S - solubilidade.
ms - massa da farinha sobrenadante.
mt - massa total.
rpm - rotação por minuto.
CAA - capacidade de absorção de água.
CAO - capacidade de absorção de óleo.
Ms - massa do sedimento.
Mas - massa da amostra seca.
AE- atividade de emulsão.
AE- estabilidade de emulsão.
ACE - altura da camada de emulsão.
ACI - altura da camada inteira.
CEP - Comitê de Ética e Pesquisa.
TCLE - Termo do Consentimento Livre e Esclarecido.
CNS - Conselho Nacional de Saúde.
Xe - teor de água de equilíbrio.
me - massa da amostra no equilíbrio.
Xeq - umidade de equilíbrio.
Xm - umidade na monocamada molecular.
aw - atividade de água.
k1, k2, n1, n2, C, K, a, b - constantes das equações. (isotermas)
DRM – desvio relativo médio.
M_{exp} – valores obtidos experimentalmente.
M_{teor} – valores preditos pelo modelo.
n – número de observados realizados.
qst - calor isostérico líquido de sorção.
T_a - temperatura em absoluta (K).
R - constante universal dos gases.
C - constante de integração.
L - calor latente de vaporização da água livre.
Qst - calor isostérico integral de sorção.
A – concentração do parâmetro avaliado após um tempo θ . (cinética de degradação).
A₀ - concentração inicial do parâmetro avaliado.
k – constante da velocidade da reação.
 θ – tempo (cinética de degradação).

FARINHA DE SEMENTES DE MELÃO NEVE (*Cucumis melo* sp.) PRODUZIDA POR SECAGEM INTERMITENTE E CONTÍNUA E APLICADA A BISCOITOS TIPO COOKIES

RESUMO

Criar produtos para alimentação com a finalidade de estimular o consumo humano e ao mesmo tempo reduzir o desperdício de alimentos e consumo de energia, é uma atividade de interesse social, econômico, científico e tecnológico. A farinha é um dos produtos que pode ser produzido a partir de subprodutos, como cascas, folhas, sementes e talos; a mesma pode incrementar propriedades nutritivas, além de apresentar características exclusivas quando adicionadas na elaboração de pães, biscoitos e bolos provocando alterações nas características físico-químicas e mudanças sensoriais. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo a obtenção de farinha das sementes de melão neve (*Cucumis melo* sp.) a partir da secagem intermitente e contínua realizada em secador de leito fixo nas temperaturas de 50 e 70 °C, sob influência da velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹. Foi estudado a cinética de secagem e a difusão de massa; as farinhas obtidas foram submetidas a avaliações quanto a parâmetros físico-químicos e físicos. A considerada melhor farinha produzida foi acrescentada na formulação de biscoitos cookies substituindo parcialmente a farinha de trigo para posterior avaliação sensorial. A formulação de cookies, que obteve maior aprovação, foi analisado o comportamento da higroscopicidade através da isoterma de adsorção e calor isostérico, análise microbiológica e o armazenamento dos mesmos em temperatura ambiente, durante 90 dias. Dos modelos utilizados na predição da cinética de secagem, Page foi o que obteve melhores resultados, tanto para o tempo efetivo de trabalho quanto para a predição da cinética intermitente utilizando o *LS Optimizer*. As secagens intermitentes demonstraram uma eficiência energética de 34,07, 28,82, 28,57 e 27,43% para os experimentos 1, 2, 4 e 5, respectivamente. Apenas o experimento 1 demonstrou atividade de água acima de 0,5; a solubilidade nas farinhas produzidas a 70 °C foi maior de que as de 50 °C; os cookies foram elaborados com a farinha do experimento 2; e se apresentaram dentro dos padrões exigidos pela legislação vigente em relação à microbiologia; a formulação F3 (45% de farinha de melão neve) foi a que obteve maiores notas na aceitabilidade; o modelo de Peleg apresentou o melhor ajuste na predição das isotermas de adsorção.

Palavras chave: cinética de secagem, *LS Optimizer*, isoterma, sensorial, armazenamento

SNOW MELON SEED FLOUR (*Cucumis melo* sp.) PRODUCED BY CONTINUOUS AND CONTINUOUS DRYING AND APPLIED TO COOKIES

ABSTRACT

Creating food products aimed at stimulating human consumption and at the same time reducing food waste and energy consumption is an activity of social, economic, scientific and technological interest. Flour is one of the products that can be produced from by-products such as husks, leaves, seeds and stalks, it can increase nutritional properties, in addition to presenting exclusive characteristics when added in the preparation of breads, cookies and cakes changes in physical characteristics - chemical and sensory changes. Therefore, this research aimed to obtain snow melon (*Cucumis melo* sp.) seed flour from intermittent and continuous drying carried out in a fixed bed dryer at temperatures of 50 and 70 °C under the influence of air velocity at 0.8 ms⁻¹. The drying kinetics and mass diffusion were studied; Once the flours were obtained, they were submitted to evaluations regarding physical-chemical and physical parameters. The flour considered to be the best produced was added to the formulation of cookies, partially replacing wheat flour for further sensory evaluation. The cookies formulation that obtained the highest approval was analyzed for hygroscopic behavior through adsorption isotherm and isosteric heat, microbiological analysis, and storage at room temperature for 90 days. Of the models used to predict the drying kinetics, Page was the one that obtained the best results, both for the effective working time and for the prediction of the intermittent kinetics using the *LS Optimizer*. Intermittent drying showed an energy efficiency of 34.07, 28.82, 28.57 and 27.43% for experiments 1, 2, 4 and 5 respectively. Only experiment 1 showed water activity above 0.5; The solubility of flours produced at 70 °C was higher than those produced at 50 °C; The cookies were made with the flour from experiment 2; The cookies were within the standards required by current legislation in relation to microbiology; Formulation F3 (45% snow melon flour) was the one with the highest acceptability scores; The Peleg model was the one that showed the best fit in the prediction of adsorption isotherms.

Keywords: kinetics, *LS Optimizer*, isotherm, sensory, storage

1. INTRODUÇÃO

Normalmente após o consumo ou processamento de frutas, as sementes são tratadas como resíduo mesmo apresentando um potencial nutritivo. Dessa forma, existe uma crescente preocupação com o descarte desses remanescentes, os quais podem levar a problemas ambientais, pela presença de substâncias de alto valor orgânico, o aproveitamento das mesmas poderá evitar o desperdício e contribuir no combate à desnutrição (SILVA, C. et al., 2016).

Em vista disso, a indústria alimentícia e várias pesquisas estão cada vez mais a procura de ideias para empregar fontes alternativas, ou seja, aproveitar as partes não comestíveis dos frutos na alimentação dos consumidores dando assim um destino mais nobre a esses subprodutos. Silva et al. (2015) afirmaram que se procura a inserção de inovação na alimentação por meio de produtos versáteis que possam ser utilizados pelo consumidor de forma agradável, nutritiva e com a adição de fibras. Nesse sentido, diversos alimentos ricos em proteínas, minerais e vitaminas, bem como composto de fibras vêm sendo elaborados em todo o mundo. Com base nisso, algumas pesquisas foram realizadas para investigar as técnicas, procedimentos e processos de produção sobre o uso de subprodutos gerados durante o processamento de frutas. Ahmad et al. (2019) caracterizaram o óleo da semente do melão (*Cucumis melo*) e avaliaram seu potencial aplicando diferentes proporções na massa do pão, encontrando 29,86% de óleo e verificaram que o óleo melhorou o pão em suas características de qualidade, como volume, volume relativo, volume específico e densidade quando aplicada ao nível de 5% na massa. Bastioğlu et al. (2017) obtiveram o leite vegetal das sementes de melão do tipo Kırkağaç (*Cucumis melo* subsp. melo cv. Kırkağaç) e do tipo Çeşme (*Cucumis melo* subsp. Melo cv. Çeşme), para a produção do leite em pó, através do processo de secagem por atomização. Souza (2013) elaborou dois tipos de farinha (a farinha estufa e farinha forno), a partir das sementes de melão amarelo (*Cucumis melo* L.) para a posterior produção de doces, afirmando que o aproveitamento desses resíduos no processamento de novos alimentos é viável e representa um segmento importante para as indústrias de alimentos.

Elaborar farinhas utilizando frutas e seus subprodutos para uso em massa alimentícia já vem sendo empregado há um bom tempo e sua viabilidade técnica e econômica na produção de alimentos também já é demonstrada e empregada na indústria. Farinhas produzidas através de subprodutos incrementam propriedades nutritivas e características exclusivas causando alterações nos atributos físico-químicos e mudanças sensoriais

quando adicionadas na elaboração de pães, biscoitos e bolos (KORNIETS e SMARKALOVA, 2019).

A principal etapa para a produção da farinha, para posterior estocagem e comercialização, é a secagem, responsável por expandir a vida útil de produtos agrícolas devido à redução do teor de umidade no material, de modo a impedir o crescimento de micro-organismos e reações químicas indesejáveis dando assim mais estabilidade durante a armazenagem (BEHERA e SRIVASTAV, 2019).

O biscoito é um alimento bastante comum devido à sua praticidade, relação custo-benefício e tempo de prateleira longo. Uma das áreas em expansão na indústria que produz biscoito é a de produtos com adição de cereais e de ingredientes funcionais, com objetivo de produzir alimentos cada vez mais saudáveis (SANTOS et al., 2017). Sabe-se que os biscoitos tipo cookies têm boa aprovação sensorial e comercial, sendo um produto consumido por crianças e adultos, possuindo vida de prateleira relativamente longa (CLERICI et al., 2013). Devido a procura por uma alimentação saudável e de baixo custo, os alimentos enriquecidos são uma alternativa viável (MOURA et al., 2014).

Diante do exposto, fez-se a elaboração de uma farinha a partir das sementes do melão neve utilizando o método de secagem intermitente e contínuo, para a introdução na formulação de biscoito tipo cookies, além de verificar as vantagens e consequências desse incremento nas propriedades físico-químicas e sensoriais do produto elaborado.

2. OBJETIVO GERAL

Comparar farinhas das sementes de melão neve produzidas pelos métodos de secagem intermitente e contínua e verificar sua aplicabilidade em biscoito cookies.

2.1. Objetivos específicos

- Secar as sementes em secador de leito fixo nas formas intermitente e contínua nas temperaturas de 50 e 70 °C sob a velocidade do ar de secagem a $0,8 \text{ m s}^{-1}$, determinando-se as cinéticas de secagem e ajustando modelos empíricos da literatura aos dados experimentais;
- Utilizar a solução analítica com condição de contorno do primeiro e terceiro tipo e utilizando os *softwares Prescribed e Convective*, e verificar qual delas melhor representa os dados experimentais;
- Observar entre os métodos de secagem utilizados, qual o mais eficiente, ou seja, apresente menor tempo efetivo de processo;
- Realizar a caracterização das farinhas produzidas quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos;
- Elaborar biscoitos cookies enriquecidos com a farinha da semente de melão neve, selecionada como a melhor, em diferentes concentrações;
- Realizar análises microbiológicas nos biscoitos cookies;
- Avaliar a aceitabilidade dos biscoitos por meio de análise sensorial;
- Aplicar os modelos matemáticos na predição do comportamento higroscópico por adsorção de umidade dos biscoitos cookies nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e o calor isostérico de sorção;
- Avaliar, durante o armazenamento, as características físico-químicas dos biscoitos cookies.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Sementes do melão

A semente do melão é um resíduo agrícola potencialmente barato e com aptidão para utilização sustentável na alimentação. No entanto, a falta de dados abrangentes sobre as características físico-químicas e termo cinéticas prejudica sua eficiente valorização de ser acrescentado em novos produtos (NYAKUMA et al., 2018).

Existem na literatura poucos estudos envolvendo o melão neve (*Cucumis melo* sp.), por isso o mesmo merece uma maior atenção devido ser uma variedade que não está incluída no grupo de melões cultivados e comercializados no Brasil. Áreas de produção específicas, no país como o interior dos estados de Ceará e na Paraíba, têm uma menor expressão econômica para os frutos no Brasil (VALADARES et al., 2013).

Apesar do consumo do melão tradicionalmente se resumir a sua polpa, as sementes podem ser empregadas a um destino mais nobre ao invés de serem descartadas. Através de trabalhos encontrados na literatura, é possível verificar o potencial que a semente de melão tem, dentre elas destacam-se: Silva et al. (2018) realizaram os estudos científicos sobre a composição nutricional, bioativa e antinutriente dos subprodutos do melão, bem como suas principais atividades biológicas e aplicações industriais, nos quais viram que a semente de melão é uma boa fonte de proteína (15 a 36%) e fibra (7 a 44%), o óleo é rico em tocoferóis e esteróis (β -sitosterol, 0,06-289 mg/100 g de óleo), possui compostos fenólicos, e ácidos graxos muito semelhante aos óleos de soja e girassol. Conclui-se que a adição de sementes de melão a produtos como massas, pode aumentar a capacidade dessas mercadorias em relação a diferentes atividades biológicas, incluindo antioxidantes, anti-inflamatórias, antidiabéticas, antiulcerosas, antibacterianas e antiangiogênicas, justificados pela presença de compostos bioativos. Malacrida et al. (2007) ao determinarem a composição centesimal da semente de melão amarelo, encontraram valores de 20,1% de proteína, 30% de fibras, 25,2% de lipídios e 15,8% de carboidratos. Magalhães et al. (2004) estudando amostras de semente de melão japonês e nacional (oriundas de Caucaia, CE), à secagem a 50 °C por 24 h em estufa, obtiveram o pó que peneiraram numa malha de 0,2 mm de diâmetro, para a determinação dos minerais, ferro, cálcio e fósforo, os pesquisadores relataram valores para o melão japonês 477,39; 90,63; 525,79 (mg/100 g), e melão nacional 10,30; 255,0; 687,20 (mg/100 g), respectivamente.

Storck et al. (2013) realizaram a caracterização das sementes de melão (*Cucumis melo* L. var. inodorus Naud), secas em estufa com circulação forçada de ar a 55 °C até a completa secagem e relataram valores de calorias kcal 109 g; fibra 16,02 g; proteína 9,56 g; lipídios 0,94 g; e carboidrato 15,57 g.

Segundo Yanty et al. (2008), na composição de melão, existe o perfil de ácidos graxos, sendo relatada a presença do ácido linoleico, oleico, palmítico e esteárico, constatando maior teor de ácido linoleico, embora sejam variados e dependentes de genótipos.

Embora sejam um rico composto nutritivo, essas sementes ainda estão sendo classificadas como resíduos. As sementes de melão são tratadas no Irã como um agro desperdício, devido à indisponibilidade de máquinas adequadas para operações de pós-colheita dessas sementes de melão, pois poderiam ser economicamente utilizadas para extrair óleo (MANSOURI et al., 2017). O aproveitamento eficiente desses resíduos, no caso as sementes, é importante por agregar valor comercial aos subprodutos agroindustriais, valor nutricional a produtos como pães e biscoitos, além de evitar problemas relacionados à poluição.

3.2. Secagem

Realizar a secagem utilizando ar quente é um método amplamente utilizado para retirada de água livre em produtos agrícolas. Reduzindo o teor de água até quantidade segura, impede o desenvolvimento microbiológico, dificulta o ataque de insetos e diminui mudanças físicas e químicas durante o armazenamento (ULLMANN et al., 2010). Dessa forma permite maior vida útil do produto e custos reduzidos em diferentes aspectos, como em embalagem, transporte e armazenamento à temperatura ambiente.

Em meio aos benefícios de se utilizar o procedimento da secagem podem ser destacados a conservação do produto, diminuição na degradação enzimática e oxidativa, estabilização dos elementos aromáticos à temperatura ambiente por tempo prolongado, e economia de energia devido a não precisar de refrigeração (FARIA et al., 2014).

Os métodos de secagem variam de tradicional (secagem natural ao sol) para sistemas de secagem artificiais realizadas com sistemas sofisticados e com automação. A maioria desses métodos sintéticos utiliza o ar como mecanismo de secagem, manipulando sua

temperatura e fazendo com que ocorra a troca de energia, no qual se revela a importância do estudo da secagem, uma vez que utilizar altas temperaturas acelera a retirada da água, podendo resultar na aniquilação da parte biológica das sementes e causar trincos nos grãos (BASHIR et al., 2016).

O estudo dos sistemas de secagem é muito importante pois nos dá informações para realizar a projeção, aperfeiçoamento, dimensionamento e otimização dos equipamentos para a sua viabilidade na aplicação comercial. Por isso é importante a simulação, visto que tem o intuito de obter dados experimentais da secagem (DOTTO et al., 2018).

Pelo fato do processo de secagem ter um custo, devido ao consumo total de energia requerido, modelos matemáticos e simulação do processo podem amparar o encontro de parâmetros que viabilize otimizar as condições de operação (BENNAMOUN et al., 2014). Assim, experimentos que envolvem secagem podem ser utilizados para definir parâmetros envolvidos no fenômeno, como coeficientes de transferência de calor e massa, difusividade, condutividade térmica, fatores de encolhimento, entre outros.

O conjunto de pontos experimentais coletados em determinados tempos de secagem de um produto, denomina-se cinética de secagem, que geralmente reproduz a curva de variação da massa total de água e do tempo de duração do processo (SANTANA, 2011). A cinética de secagem pode ser aplicada para que seja possível traçar perfis de umidade x temperatura ou tempo, descrevendo em forma de curva o comportamento do fenômeno estudado.

3.2.1. Secagem intermitente

De forma geral, um dos maiores problemas existentes na atividade da secagem artificial é o elevado custo energético gerado pelo processo. O custo pode girar por volta de 20 a 25% de todo o gasto em energia pelas indústrias. Formas alternativas e inovadoras tem sido utilizadas para tentar otimizar esse processo, bem como aumentar a eficiência energética (KUMAR et al., 2014).

A secagem intermitente pode ser descrita como uma técnica *on/off*, na qual a fonte de calor que está em contato com o produto é por um determinado tempo desligada e então ligada novamente. Esse período em que a fonte de calor é desligada, o de têmpera, ocorre a migração da água, por difusão, do interior do material para a borda, fazendo com que ao acionar a fonte de calor, a secagem torna-se mais rápida e efetiva, devido a nova

redistribuição da água no produto (ALLAF et al., 2015). Normalmente, nas redes beneficiadoras de sementes, os secadores intermitentes são usados para realizar a secagem; no entanto, esse processo é feito aquecendo o ar seco e alternando o contato e o tempo de contato com o produto, tentando minimizar danos possíveis.

Esses secadores construídos para a secagem intermitente geralmente são compostos por duas câmaras paralelas verticalmente onde acontece o rodízio da passagem do ar por entre o produto, ou seja, no momento em que acontece a troca de energia e de massa durante o contato das sementes com o ar aquecido em uma câmara, a outra encontra-se em equalização, na qual as sementes permanecem na câmara em repouso. Em termos técnicos, na primeira divisão o ar cede energia térmica para as sementes, ocorrendo o resfriamento, e absorve a água periférica que evapora das sementes. Na outra divisão ocorre a têmpera, que permite que a água mais interna da semente migre para sua periferia, predominantemente por difusão (ELIAS et al., 2010; MENEGHETTI et al., 2012).

Para reforçar as ideias, estudar a eficiência e efeitos, cientistas tem realizado diversos trabalhos envolvendo a secagem intermitente, e disponibilizando-as na literatura, tais como: Franco et al. (2020) estudando a modelagem analítica da transferência de massa em corpos porosos úmidos durante o processo de secagem contínua e intermitente em leito fixo, utilizando como amostra o arroz bruto variedade BRSMG. Conai, realizaram testes de simulação de secagem intermitente de sólidos elipsoidais, comparando os resultados concluíram que a secagem intermitente é mais eficiente que a contínua; Silva et al. (2019a) realizaram estudos sobre a secagem intermitente e contínua da maçã e, ao comparar os processos obtiveram como resultado uma economia de tempo efetivo de secagem de até 45% para a secagem intermitente, além de conseguir realizar a modelagem matemática de todo processo intermitente; Mondal et al. (2019) analisando o efeito da secagem intermitente nos parâmetros nutricionais de vegetais folhosos e não folhosos encontrados no nordeste da Índia, perceberam que para a maioria dos vegetais estudados, o desempenho do processo de secagem intermitente foi superior em termos de melhor remoção de umidade, maior rendimento e maior atividade antioxidante.

3.2.2. Secagem contínua

O método de secagem contínuo é geralmente utilizado com o intuito de realizar a extração de água ou volátil presente no produto em um tempo de processo rápido, devido ao constante contato do ar de secagem ao material. Com isso, tem-se a definição de Fonteyne et al. (2014), relatando que secagem contínua é um método artificial que se baseia pela simples forma da ação contínua do ar aquecido, passando sobre a massa de sementes que pode estar em movimento ou não.

Sementes ou grãos secos de forma contínua em secador de leito fixo são depositados nas câmaras, ficando expostas por determinado período ao ar aquecido implicando em manter o produto em constante contato com o ar de secagem no interior do secador, ou seja, os produtos entram úmidos na câmara de secagem, e após determinado tempo são retirados com o teor de água desejado.

Na literatura, encontra-se vários estudos em que a secagem contínua foi utilizada como método, a exemplo de estudos realizados, mencionam-se Doymaz (2015) estudando as características do feijão vermelho após ser seco nas temperaturas de 50, 60, 70, e 80 °C e posteriormente reidratado, observaram que as características das sementes de feijão foram bastante influenciadas pelas temperaturas do ar e pelos pré-tratamentos; Oliver et al. (2020) analisando a tolerância à secagem em diferentes tipos de semente florestais, observando os danos celulares durante o processo, relataram que a secagem gera danos às células, atenuando no complexo conjunto de tensões mecânicas, estruturais, metabólicas e químicas da semente; Антипов et al. (2019) tiveram por objetivo, estudar a influência dos principais parâmetros tecnológicos na cinética do processo de secagem de matérias-primas de trigo fermentado. Neste estudo esses autores variaram a temperatura de 119 a 150 °C e notaram que as maiores variações no produto ocorreram com o aumento da temperatura, a amplitude das prateleiras e frequência de vibração das prateleiras de distribuição de gás.

3.2.2.1. Modelagem matemática para a predição da secagem contínua

Realizar a simulação do processo de secagem é importante para que possibilite descobrir parâmetros que designem as condições ótimas de operação, melhorando o processo de secagem. Analisando as principais variáveis que ocorrem no processo, proporcionando assim aplicar simplificações nos modelos matemáticos sem que estes descaracterizem o processo (NICOLIN et al., 2017).

O processo de secagem pode ser feito e descrito a partir de equações fenomenológicas, empíricas ou semi-empíricas. Equações empíricas não demonstram um significado físico e são apenas uma representação matemática dos dados experimentais (OLIVEIRA et al., 2014). Na Tabela 3.1, estão descritas algumas das equações empíricas mais usuais para a predição da secagem, na qual é utilizado a relação do tempo (t) de secagem com a razão de umidade (Rx).

Tabela 3.1 - Modelos matemáticos ajustados às curvas de cinética de secagem

Modelo matemático	Equação	Equação	Referência
Aproximação da difusão	$X^* = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	(3.1)	Hacihafizoglu et al. (2008)
Henderson e Pabis	$X^* = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	(3.2)	Chinenye et al. (2010)
Logistic	$X^* = a^{\circ} / 1 + a \cdot \exp(k \cdot t)$	(3.3)	Meneghetti et al. (2012)
Midilli	$X^* = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	(3.4)	Balbay et al. (2013)
Newton	$X^* = \exp(-k \cdot t)$	(3.5)	Lewis. (1921)
Page	$X^* = \exp(-a \cdot t^b)$	(3.6)	Page. (1949)
Thompson	$X^* = \exp((-a - (a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{0,5}) / (2 \cdot b))$	(3.7)	Thompson; et al. (1968)
Verma	$X^* = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$	(3.8)	Verma et al. (1985)

X^* - Razão de umidade (adimensional); k, k0, k1 - Coeficiente de secagem, s⁻¹; a, a°, b, c, n - Coeficientes dos modelos; e t - tempo (min)

Apesar da grande importância e utilidade da secagem contínua, estes modelos dados na Tabela 3.1 não conseguem prever os dados experimentais da secagem intermitente.

3.3 Características químicas e físicas

O interesse do consumidor em alimentos específicos que tenham seu papel na manutenção da saúde, tem crescido nos últimos anos (LOBO e SILVA, 2003), razão pela qual, os parâmetros físico-químicos e químicos dos alimentos são de grande importância, pois além de caracterizarem a matéria-prima, são utilizados no controle da qualidade do produto final (ALEXANDRE, 2005).

3.3.1 Umidade

A água contida nos alimentos é um excelente meio de transmissão de calor, sendo eficiente tanto para resfriar quanto para aquecer. Existem pelo menos dois tipos de água contida nos alimentos: a água livre, fracamente ligada ao substrato e que funciona como solvente, permitindo o crescimento de microrganismos e a ocorrência das reações químicas, e a água combinada, fortemente ligada ao substrato, mais difícil de ser eliminada, e não utilizada como solvente nem para o crescimento de microrganismos nem para reações químicas (CASTRO et al., 1998).

Todos os alimentos, qualquer que seja o método de industrialização a que tenham sido submetidos, contêm água em maior ou menor proporção. Geralmente, a umidade representa a água contida no alimento. A umidade corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida (BRASIL, 2005a).

De acordo com RODRIGUES (2003), nos frutos e legumes os valores médios do conteúdo de água são elevados, oscilam de variedade para variedade, dependem da época da colheita e do tempo de armazenamento. Nos frutos secos e nos grãos estes valores são muito inferiores. Por outro lado, segundo PUZZI (1986) o teor de umidade dos grãos ou sementes é o principal fator que governa a qualidade do produto armazenado e de grande importância, uma vez que a quantidade de água contida nos grãos pode alterar substancialmente o valor do produto negociável. A existência de uma porcentagem mínima de água caracteriza o produto como de melhor qualidade e com maior durabilidade (VIEIRA et al., 2001).

3.3.2 Atividade de água

Na composição química dos produtos agrícolas estão presentes vários componentes, mas em praticamente todos o que aparece em maior quantidade, é a água. A água está presente na maioria dos alimentos numa concentração entre 60-95% apresentando importância fundamental para os processos biológicos, além de influenciar na textura, aparência, sabor, na susceptibilidade de alterações e perecibilidade.

A estabilidade física, química e microbiológica dos alimentos, depende substancialmente do conteúdo de água e de sua interação com os outros componentes do alimento (SABLANI et al., 2007). Sendo esta interação expressa pela atividade de água,

que representa a pressão de vapor de água do alimento em relação à pressão da água pura (p/p_0), na mesma condição de temperatura (GAVA et al., 2008).

A atividade de água é um fator que influencia diretamente nas características dos alimentos e na sua estabilidade (KIRCHHOF et al., 2008), indicando se o micro-organismo poderá crescer ou não (ALCÂNTARA et al., 2009).

O valor absoluto da atividade de água dá uma indicação segura do conteúdo de água livre do alimento, sendo esta a única forma de água utilizada por parte dos micro-organismos. A maioria das bactérias se desenvolve em atividade de água mínima de 0,91 – 0,88; as leveduras, em torno de 0,88 e dos bolores, no valor de 0,80. A possibilidade de alteração microbiana em alimentos acaba naqueles que apresentam atividade de água abaixo de 0,60, embora isto não signifique a destruição dos micro-organismos (HOFFMANN, 2001).

A representação gráfica da relação entre a atividade de água e o teor de água de equilíbrio de um alimento, com temperatura constante, fornece as curvas de teor de água de equilíbrio ou isotermas de sorção de água. Uma isoterma de sorção pode ser obtida em duas direções: durante a hidratação do material (adsorção) ou durante a secagem (dessorção) (TONELI, 2006).

A importância de estudar as isotermas de equilíbrio higroscópico do produto é estabelecer se, em determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar, o mesmo tende a absorver ou desorver água (OLIVEIRA et al., 2011).

Isotermas de sorção de água é uma ferramenta relevante para prever as interações entre a água e os componentes dos alimentos e fornece informações úteis para as operações de processamento de alimentos, tais como secagem, embalagens e estabilidade durante a vida de prateleira dos alimentos, a qual é bastante significativa para produtos em pó (LOMAURO et al., 1985).

As isotermas de sorção de água são conhecidas dessa forma pelo fato dessas curvas serem levantadas em temperatura constante (DITCHFIELD, 2000). As isotermas podem ser estimadas através da utilização de modelos matemáticos cuja vantagem reside no fato de que, com poucos pontos experimentais, pode-se construir uma isoterma que, por outro lado, é passível de ser facilmente interpolada ou extrapolada para obtenção de pontos nas regiões de baixa e alta atividade de água (PENA et al., 1996). De acordo com GABAS et al. (2007) o critério usado para selecionar o modelo de sorção mais apropriado é o grau de ajuste aos dados experimentais.

MELO et al. (2011) estudando o comportamento higroscópico do buriti (*Mauritia flexuosa*), em que os dados experimentais foram coletados na câmara do secador por aspersão pelos modelos de Peleg, GAB e Oswin, observaram que em todas as temperaturas estudadas (20, 25, 30, 35 e 40 °C), o teor de água de equilíbrio elevou-se com o aumento da atividade de água. De maneira geral, o modelo de Peleg será o que melhor se ajustou às isotermas de adsorção de água das amostras em pó.

LISBÔA (2010) determinou as isotermas de adsorção de água da amostra em pó obtido a partir da polpa de figo-da-índia pelo processo de secagem em camada de espuma, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e concluiu que os modelos de GAB, Peleg e Oswin podem ser utilizados para estimá-las, uma vez que todos os modelos representaram satisfatoriamente as isotermas de adsorção e todos se ajustaram aos coeficientes de determinação (R^2) maiores que 0,99 e desvios percentuais médios menores que 10%.

3.3.3 Cinzas

Resíduo por incineração ou cinzas é o nome dado ao resíduo obtido por aquecimento de um produto em temperatura próxima a 550-570 °C. Nem sempre este resíduo representa toda a substância inorgânica presente na amostra, pois alguns sais podem sofrer redução ou volatilização nesse aquecimento (BRASIL, 2005a).

Segundo Silva e Queiroz (2002), essa determinação fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais. O teor de cinzas pode permitir, às vezes, uma estimativa da riqueza em cálcio e fósforo do alimento analisado. Alguns alimentos de origem vegetal são, ainda, ricos em sílica, o que resulta em um teor elevado de cinzas. A determinação das cinzas ou matéria mineral é feita, muitas vezes, apenas para se conhecer o extrato não nitrogenado e/ou a matéria orgânica de determinadas amostras, sem a preocupação do teor de minerais.

3.3.4 Proteínas

As proteínas e os aminoácidos podem ter um tipo de participação indireta no sabor dos alimentos, uma vez que essa classe de compostos é responsável pelo desenvolvimento de aromas em sistemas alimentares, mas a sua contribuição ao sabor de um alimento é muito secundária e se limita a peptídeos pequenos ou aminoácidos e à interação com

outros componentes do alimento. Na textura e na palatabilidade, porém, assumem papel relativamente grande. As proteínas afetam as propriedades sensoriais do alimento através da aparência, textura (formação de géis, espumas e emulsões), cor (reações de escurecimento do tipo Maillard), odor e sabor (reações de Maillard, proteólise e ligação de sabores desejáveis e indesejáveis) (FARFÁN, 1994).

Diversas reações degradativas durante o processamento podem ocorrer, acarretando alterações indesejáveis na proteína; e como resultado, as proteínas podem apresentar perdas de funcionalidade e qualidade nutricional, bem como alterações desejáveis ou indesejáveis do sabor e aumento do risco de toxidez. As alterações importantes que afetam as proteínas incluem aquecimento na presença e ausência de carboidratos, pH extremos e exposição a condições oxidativas, incluindo lipídios oxidados e luz. A maioria dos procedimentos comerciais, como desidratação e enlatamento, resulta em efeitos não significativos na qualidade da proteína (ARAÚJO, 1995).

As alterações químicas mais significativas das proteínas são aquelas relacionadas com o seu valor nutritivo, que pode ser diminuído através da reação de Maillard ou da ruptura e formação de novas ligações peptídicas (BOBBIO e BOBBIO, 1992).

3.3.5 Acidez

Os métodos de determinação da acidez também podem definir a acidez titulável ou fornecer a concentração de íons de hidrogênio livres, por meio do pH. Os métodos que avaliam a acidez titulável se resumem em titular com soluções de álcali padrão a acidez do produto ou de soluções aquosas ou alcoólicas do produto e, em certos casos, os ácidos graxos obtidos dos lipídios. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, na maioria dos casos altera a concentração dos íons hidrogênio. A decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez acompanhada comumente pela formação de ácidos graxos livres (BRASIL, 2005a).

A acidez total (fixa e volátil) em alimentos, é resultante dos ácidos orgânicos do próprio alimento, dos adicionados intencionalmente durante o processamento e daqueles resultantes de alterações químicas do produto; portanto, a determinação da acidez total pode fornecer dados valiosos na apreciação do processamento e do estado de conservação do alimento (CARVALHO et al., 2004).

Geralmente se exprime a acidez em ácido láurico nos óleos de palmiste e de coco, em ácido palmítico no óleo de palma, e em ácido oleico em todas as gorduras e outros óleos (CUNHA, 2003). Por outro lado, a variação da acidez de um alimento durante o seu armazenamento se baseia no fato de que essa variação é provocada pela atividade fermentativa de microrganismos.

3.4 Aplicação de farinhas obtidas de subprodutos

Farinhas obtidas a partir de subprodutos de frutas, legumes e verduras têm sido usadas na suplementação ou em substituição parcial da farinha de trigo, para a obtenção de produtos, como pão, biscoito e macarrão (FEDDERN et al., 2011).

De acordo com Deepa e Krishnaprabha (2016), a mistura de farinhas de produtos não convencionais com a farinha de trigo, melhora a qualidade nutricional dos produtos compostos por massa, e podendo aprimorar a palatabilidade tornando-a mais aceita pelos consumidores.

As indústrias têm formulado receitas de biscoitos com o propósito de torná-los fortificados com fibras/proteínas ou serem fontes desses nutrientes, devido ao grande apelo existente nos últimos tempos para melhorar a qualidade da dieta, mesmo não sendo considerado um alimento base como o pão, os biscoitos são aceitos e consumidos por pessoas de quase todas as idades, sobretudo entre as crianças e jovens (FASOLIN et al., 2007). Por apresentar período longo de vida de prateleira, permite que sejam amplamente produzidos e distribuídos. Por seu longo tempo de validade, aliada à sua enorme diversidade, mostra-se como um bom condutor para o incremento de farinhas de subprodutos, tanto por razões econômicas como nutricionais (GUTKOSKI et al., 2007).

Muitos estudos vêm sendo publicados com esse seguimento de pesquisa, os quais constituem na substituição de certa quantidade da farinha de trigo por outros tipos de farinhas, visando aumentar o valor nutricional de biscoitos. Santos et al. (2010) realizaram a adição de fécula de mandioca e albedo de laranja em biscoitos de chocolate; Santos et al. (2011) na elaboração de biscoitos de chocolate realizaram a substituição parcial da farinha de trigo por polvilho azedo e farinha de albedo de laranja; Cheng e Bhat (2016) estudaram as propriedades funcionais, físico-químicas e sensoriais de bolachas produzidas utilizando a farinha de jering (*Pithecellobium jiringa* Jack.); Moura et al. (2010) acrescentaram diferentes frações de semente de abóbora (*Curcubita maxima*) na

formulação de biscoitos tipo cookies; Chávez-Santoscoy et al. (2016) produziram biscoitos com uma farinha enriquecida com antocianinas, flavonoides e saponinas extraídas de cascas de sementes de feijão-preto (*Phaseolus vulgaris*).

3.5 Armazenamento

Sabe-se que o consumidor tem se tornado cada vez mais exigente quanto à qualidade dos produtos alimentícios, fazendo com que haja uma motivação na preocupação no que se refere à conservação das características do produto, prolongando assim o seu período de consumo e prateleira (AHMED, 2015). O armazenamento tem o intuito de preservar o produto em condições favoráveis para o mínimo de degradação e o máximo de vida útil do produto.

Uma das dificuldades durante a armazenagem é reduzir ao máximo as perdas por degradação; para se atingir esse propósito é necessário empregar métodos adequados de tal forma que o produto chegue ao consumidor com a qualidade desejável. Adotar o armazenamento permite manter a qualidade dos produtos por um período maior conservando um atributo permanente nos produtos (FASOYIRO et al., 2016).

Os processos que dirigem a perda de qualidade, estão associados à temperatura e umidade relativa do ambiente. A temperatura define a porção de vapor d'água solicitada para saturar a atmosfera e afeta tanto a transpiração do produto armazenado como o comportamento fisiológico dominante e o crescimento dos organismos microbianos (BARROS et al., 1994)

Os alimentos industrializados ou não, mantêm-se em constante movimento biológico acarretando alterações de natureza química, física, microbiológica ou enzimática, e que resulta no perecimento da qualidade; a deterioração química traz consequências na qualidade dos alimentos conduzindo-os a reações que lentamente vão transformando o produto durante o armazenamento (FIGUEIREDO NETO et al., 2014). Cada tipo de prateleira tem seu tempo de vida útil, temperatura de estocagem e embalagem utilizada. Os principais parâmetros envolvidos no estudo e estimativa da vida-de-prateleira, são: qualidades estéticas (sabor, aroma, textura e aparência geral), valor nutritivo, avaliação pela concentração de vitaminas, proteínas e crescimento microbiano e ação enzimática ou infestação de insetos), (BHATT et al., 2017).

A realização de um armazenamento dos produtos agropecuários bem conduzido é importante para evitar perdas e preservar a qualidade. Assim como ocorre para a colheita,

há um teor de umidade apropriado para o armazenamento de grãos e sementes (MONTROSS et al., 1999).

3.6 Embalagem

A embalagem deve proteger o conteúdo contra danos e injúrias, durante sua distribuição, e manter o formato e frescor do produto durante a comercialização e armazenamento. A embalagem deve proteger o que vende e vender o que protege. Proteger o produto contra contaminações e perdas, danos ou deteriorações; facilitar o transporte e o manuseio; identificar o conteúdo (tipo e quantidade), o fabricante; atrair o consumidor e induzi-lo à compra; instruir o consumidor quanto ao uso. A embalagem de plástico tem a vantagem de ter maior resistência ao manuseio e empilhamento e pode, em alguns casos, ser reutilizada após a higienização (SARRIA, 2003)

De acordo SILVA et al. (2003), com as alterações do produto em decorrência do processamento podem ser minimizadas com o uso de temperatura e embalagem adequadas.

Segundo CABRAL e ALVIM (1981), a utilização de embalagens adequadas durante o armazenamento de amêndoas, pode reduzir as reações degradativas. O tipo de embalagem no qual o produto é acondicionado também pode influenciar na vida útil. As embalagens devem evitar as alterações das características sensoriais do produto, além de satisfazer as necessidades de marketing, custo e disponibilidade, dentre outras. A boa hermeticidade do sistema de fechamento assegura a manutenção das características do material de embalagem e evita a recontaminação microbiológica do produto (JAIME et al., 1998).

Determinados alimentos que por sua perecibilidade têm maior fragilidade de defesa contra os agentes deteriorantes necessitam, mais do que os outros, de tratamentos contínuos de conservação, complementados geralmente pelas embalagens (EVANGELISTA, 1998).

O custo dos materiais de embalagem é um fator importante no custo de produção de alimentos. De maneira geral, materiais com melhores características de barreira apresentam maior custo; assim, a decisão sobre qual a vida de prateleira adequada para

um produto e a seleção da embalagem que apresente propriedades de barreira apenas suficientes para esta vida útil, devem ser consideradas (LIMA et al., 2013).

Vários fatores influenciam a percepção do produto pelo consumidor e, conseqüentemente, sua intenção de compra. Dentre tais fatores pode estar a expectativa criada pelas características da embalagem e do rótulo, pois representa o primeiro contato entre o indivíduo e o produto (DANTAS et al., 2005).

3.7 Microbiologia

A qualidade sanitária de um alimento é o atributo mais importante, devendo ser controlada adequadamente para retardar ou inibir a contaminação microbiana causadora de deterioração dos produtos melhorando, desta forma, a qualidade e a vida-de-prateleira do produto. Como requisito apresentado para as características microscópicas, devem estar isentos de sujidades, parasitas ou larvas (MONTE et al., 2002).

Os alimentos são facilmente contaminados com microrganismos da natureza durante manipulação e processamento. Após ter sido contaminado, o alimento serve como meio para o crescimento dos microrganismos. A contaminação do alimento é comparável com a inoculação em um meio de cultura, tal como um ágar ou caldo nutriente. Inúmeras espécies de bactérias, leveduras e fungos filamentosos, podem contaminar o alimento, mas a extensão do crescimento microbiano é influenciada pelas propriedades químicas e físicas do alimento, as condições ambientais em que o alimento é armazenado e as características dos contaminantes (PELCZAR JR. et al., 1996).

A capacidade de sobrevivência ou de multiplicação dos microrganismos que estão presentes em um alimento, depende de uma série de fatores, dentre os quais estão aqueles relacionados às características próprias do alimento (fatores intrínsecos), como também ao ambiente em que o alimento se encontra (fatores extrínsecos). O desenvolvimento de microrganismos nos alimentos pode levar a alterações na composição química, propriedades sensoriais ou, ainda, na estrutura dos alimentos (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

O manuseio excessivo durante o processamento possibilita o aumento da microbiota e de doenças ao consumidor, uma vez que as temperaturas de refrigeração e as práticas de higiene e sanificação empregadas, não são suficientes para retardar e/ou impedir a sua

multiplicação, caso os processos empregados não sejam suficientes para eliminá-los antes de embalados (REIS et al., 2017).

Os manipuladores de alimentos exercem, em particular, importante papel quanto à segurança alimentar, uma vez que podem veicular patógenos durante a manipulação (EVANGELISTA-BARRETO et al., 2002); desta forma, torna-se imprescindível a sanitização de toda a planta de processamento, inclusive dos instrumentos e equipamentos utilizados, bem com a utilização de luvas, máscaras, aventais e botas por parte dos operadores, o uso de água clorada para a lavagem dos produtos vegetais, o controle rigoroso da temperatura e a utilização de matéria-prima de qualidade (ARRUDA, 2002).

O mau armazenamento pode culminar no desenvolvimento de bolores e leveduras com posterior produção de micotoxinas, o que representa risco à saúde do consumidor (CAVALCANTE e AGOSTINI, 2005).

A avaliação microbiológica em alimentos é um dos parâmetros mais importantes no controle de qualidade. As condições de higiene em que será processado um alimento determinarão o seu tempo de vida útil e os riscos à saúde do consumidor (SOARES et al., 2002).

3.8 Análise sensorial

Os órgãos do sentido humano (visão, olfato, gustação, tato e audição) são utilizados como instrumentos para os testes sensoriais (BADOLATO, 2000). A análise sensorial é considerada subjetiva, uma vez que depende do julgamento de humanos por meio dos órgãos de sentido, influenciada pela experiência e capacidade do julgador, além de por fatores externos, como local da análise, estado emocional e saúde do julgador (CHAVES, 1999).

As avaliações sensoriais se iniciam dentro das indústrias, nos departamentos de produção, controle e marketing, visando sempre desenvolver, manter e conquistar mercados consumidores. Diversos tipos de testes sensoriais são aplicados para atingir essas metas, denotando a importância da avaliação humana dos produtos a que elas se destinam (FERREIRA e PENA, 2003).

A análise sensorial é realizada em função das respostas transmitidas pelos indivíduos às várias sensações que se originam de reações fisiológicas e são resultantes de certos estímulos, gerando interpretação das propriedades intrínsecas aos produtos; para isto é necessário que haja, entre as partes, indivíduos e produtos, contato e interação (BRASIL, 2005a).

Na indústria de alimentos, o uso de técnicas modernas de análise sensorial tem sido um meio seguro para caracterizar diferenças e similaridades em produtos que disputam um mesmo mercado consumidor; otimizar atributos de aparência, aroma, sabor e textura dos alimentos, em função de expectativas do mercado consumidor; avaliar alterações sensoriais que ocorrem em função do tempo e de condições de armazenamento, do tipo de embalagem, de variações no processamento, variações na matéria-prima, entre outros, são informações importantes para garantir a qualidade e satisfação do produto (MINIM e DANTAS, 2004).

O homem possui habilidade para comparar, diferenciar e quantificar atributos sensoriais. A análise sensorial aproveita esta habilidade para avaliar alimentos e bebidas, empregando metodologia adequada aos objetivos do estudo e o tratamento estatístico adequado (FERREIRA e PENA, 2003).

As características sensoriais estimulam os sentidos e provocam vários graus de reação de desejo ou rejeição por um processo complexo; o consumidor escolhe um alimento pelo seu nível de qualidade sensorial (ARAÚJO et al., 2000); entretanto, a avaliação sensorial é o parâmetro que determina a rejeição de determinado alimento pelo consumidor, razão por que sua utilização para determinação da vida de prateleira é muito importante.

Os testes que expressam a opinião subjetiva dos provadores diante do produto apresentam-se como um meio seguro em função de expectativas do mercado consumidor, indicando que gosta ou desgosta, aceita ou rejeita, prefere um em relação ao outro (BASTOS et al., 2005). Os testes afetivos são testes em que atitudes subjetivas, como aceitação ou preferência de um produto, são medidas. Nos testes afetivos a tarefa do provador é indicar a preferência ou aceitação por meio de seleção, ordenação ou pontuação das amostras. Os testes de aceitação poderão indicar as perspectivas do produto no mercado ou se ele necessita de algum aperfeiçoamento (CHAVES, 1998).

A análise sensorial enfoca as características sensoriais do produto e determina qual é o produto preferido e/ou melhor aceito por determinado público alvo, em função das suas características (FERREIRA e PENA, 2003).

Segundo MARCOS et al. (1999), a sociedade vem buscando novos produtos que atendam às suas necessidades quanto à qualidade e praticidade. Na área de produtos alimentícios observa-se uma preocupação crescente com a sanidade e o valor nutritivo dos produtos com a aparência e as características sensoriais.

3.9 Aproveitamento das sementes na elaboração de biscoito tipo “cookies”

A oferta alimentar parece estar severamente ameaçada pelo crescimento exponencial da população, exigindo encontrar fontes alternativas de alimentos sem esgotar o setor agrícola (KOYANDE et al., 2019). Tornando-se uma preocupação global e um grande desafio científico. Uma estratégia possível é a aplicação dos subprodutos agroindustriais como ingredientes potenciais na produção de novos produtos alimentícios, contribuindo para solucionar essa demanda da sociedade (BARREIRA et al., 2019).

Os produtos de panificação têm um grupo diversificado de variedades de biscoitos, variando de alto a baixo teor de gordura, açúcar e mais outras combinações. Os biscoitos são os mais populares entre os consumidores, por ser fonte de carboidratos e possuir um prazo de validade longo. Além disso, são convenientes e servem como produto pronto para consumo (PARVINDER et al., 2019; BALA et al., 2015). Por apresentarem a possibilidade de produção em grande quantidade, preços baixos e variedade de sabores, é uma alternativa prática das indústrias e da população que, normalmente, são produzidos/consumidos com o desejo de satisfazer as necessidades sensoriais e não nutricionais, priorizando o prazer gustativo (BONFIETTI, 2017). Os mesmos são feitos principalmente com farinha de trigo refinada, que é deficiente em alguns aminoácidos essenciais e outros nutrientes, portanto, para aumentar o valor nutricional dos biscoitos, eles podem ser fortificados com amplas variedades de proteínas (PARVINDER et al., 2019; CAMARGO et al., 2014) ou enriquecidos com fibras (SHARIF et al., 2009; NASIR et al., 2010).

Os biscoitos do tipo cookies são um dos produtos que apresentam maior significância no mercado devido ao seu grande consumo e por possuírem vários atrativos, os quais

variam da aceitabilidade por pessoas de todas as idades, características organolépticas diferenciadas a propriedades nutricionais agregadas. Ultimamente, devido a procura por alimentos mais saudáveis, os mesmos têm sido formulados com a intenção de incrementar sua fortificação com fibra ou proteína, para se tornarem mais atrativos do ponto de vista nutricional e devido ao forte apelo nutricional existente (BARROSO et al., 2016). LIMA et al. (2019) formularam biscoitos a base de farinha de resíduos de maracujá, abacaxi e melão, com diferentes concentrações de farinha de resíduos de frutas (FRF), e constataram que o teor de água/umidade foi menor que 14% para todas as amostras e a atividade de água apresentou valores inferiores a 0,6, atendendo as legislações vigentes. O teor de lipídeo das amostras não apresentou diferença significativa. Na análise de cor todas as amostras tendiam a uma coloração mais escuras. Os biscoitos de resíduos de frutas apresentaram parâmetros físico-químicos e microbiológicos bastante satisfatórios, atendendo aos valores determinados pelas legislações vigentes.

Medino et al. (2019) ao elaborarem cinco formulações de cookies com adição de diferentes níveis de farinha de resíduos de guavira (FRG) (F1 (padrão – 0% de FRG), e as demais adicionadas de 2,5% (F2), 5% (F3), 7,5% (F4) e 10% (F5) de FRG). Constataram que a adição de maiores teores de FRG (7,5% e 10%) reduziu a aceitação do cookies. A formulação F1 apresentou notas mais elevadas ($p < 0,05$) que F4 e F5 para todas as avaliações, com exceção da textura, que foi similar para as amostras. Dessa forma, considera-se a formulação F3 como aquela com maior nível de FRG e com aceitação similar ao padrão para a maioria das avaliações realizadas. Menores teores ($p < 0,05$) de umidade, cinzas e fibras foram constatados em F1. Contudo, F3 apresentou conteúdos mais baixos de carboidrato e calorías. Conclui-se que a adição de até 5% de FRG em cookies é bem aceita pelos julgadores infantis, obtendo aceitação sensorial semelhante ao produto padrão na maioria das avaliações realizadas. Além disso, proporcionou uma melhora do perfil nutricional do produto.

Silveira et al. (2016) avaliaram o potencial de utilização das sementes de goiaba como farinha na elaboração de biscoitos com 10, 30 e 50% de FSG em substituição parcial à farinha de trigo. A FSG apresentou teor de umidade em acordo com o padrão exigido pela legislação brasileira e valores elevados de proteína, lipídios e fibra alimentar, com destaque para a fração insolúvel. A adição gradual desta farinha aos biscoitos elevou os teores de lipídios e fibra alimentar e reduziu os teores de umidade, carboidratos e valor energético. O incremento da FSG aos biscoitos influenciou os parâmetros de cor, dureza

instrumental, peso e diâmetro pós-cocção. Os biscoitos apresentaram propriedades sensoriais aceitáveis, sendo os percentuais de substituição utilizados neste estudo aceitos pelos julgadores. Concluindo que, a semente de goiaba é um ingrediente alternativo para o aproveitamento de um produto normalmente descartado e a farinha obtida a partir deste coproduto é uma alternativa para a substituição parcial da farinha de trigo em biscoitos visando melhorar seu valor nutritivo sem interferir nas características sensoriais.

Silva et al. (2019b) desenvolveram e avaliaram a aceitação de biscoito tipo cookies elaborado a partir da farinha do caroço de abacate baseada em três formulações: F1 (5%); F2 (10%) e F3 (20%). Entre as formulações testadas, a F1 (formulação do biscoito com acréscimo de 5% da farinha do caroço de abacate) foi mais bem aceita pelos provadores, visto que apresentou as maiores notas nos atributos sensoriais avaliados e uma intenção de compra acima da média (70%). Dessa forma, este estudo demonstrou a importância do aproveitamento integral de resíduos provenientes do processamento de produtos de origem vegetal no desenvolvimento de um novo produto, que apresenta potencial para a comercialização e um maior valor nutricional.

Acun e gul (2013) estudaram os efeitos de farinhas de bagaço de uva, farinha de bagaço de uva integral (WPF), farinha de bagaço de semente sem sementes (PFWS) e farinha de semente (SF), na qualidade do biscoito. A fibra alimentar total e os fenólicos totais dos cookies aumentaram proporcionalmente ao aumento do nível de bagaço. Verificou-se que a atividade dos fenólicos totais e antioxidante de biscoitos contendo 10% de SF foi maior do que outros. O PFWS não teve efeito significativo na atividade fenólica e antioxidante total dos biscoitos. O bagaço de uva não afetou significativamente a largura, espessura e proporção de propagação dos biscoitos. Os cookies contendo 5% de SF foram mais apreciados em termos de propriedades sensoriais e intenção de compra. Quando o nível de uso de farinhas de bagaço de uva excedeu 10% para todas as amostras de biscoitos, a aceitação e a acessibilidade gerais diminuíram significativamente.

Škrbić e Cvejanov (2011) prepararam biscoitos com farinhas de trigo brancas e integrais e substituíram por sementes de girassol com alto teor oleico (níveis de suplementação de 10 e 30 g/100 g) e farinha de cevada sem casca (níveis de 30 e 50 g/100 g). As sementes de girassol aumentaram significativamente o conteúdo de Se, Zn, Mg e Ca, bem como o teor de α -tocoferol e gordura nos biscoitos. Os teores de Se, Cu, Fe, Zn e β -glucana foram criados em biscoitos por suplementação de cevada. Foi estimado que 100 g de biscoitos suplementados com sementes de cevada e girassol podem

atender cerca de 18 a 49% da ingestão alimentar de referência (DRI). Verificou-se que ambos os cookies suplementados não representam um risco significativo, no que diz respeito à ingestão excessiva de elementos pesados (Pb, Cd, As, Hg). Além disso, a suplementação com sementes de girassol melhorou as propriedades sensoriais dos biscoitos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi sendo conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), PB, e no Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Piranhas, AL, nos laboratórios de bromatologia, microbiologia e análise sensorial.

4.1. Matéria-prima

Foi utilizado como matéria-prima sementes de melão neve (*Cucumis melo* sp.) adquiridos na feira livre do município de Piranhas, AL (Figura 4.1).

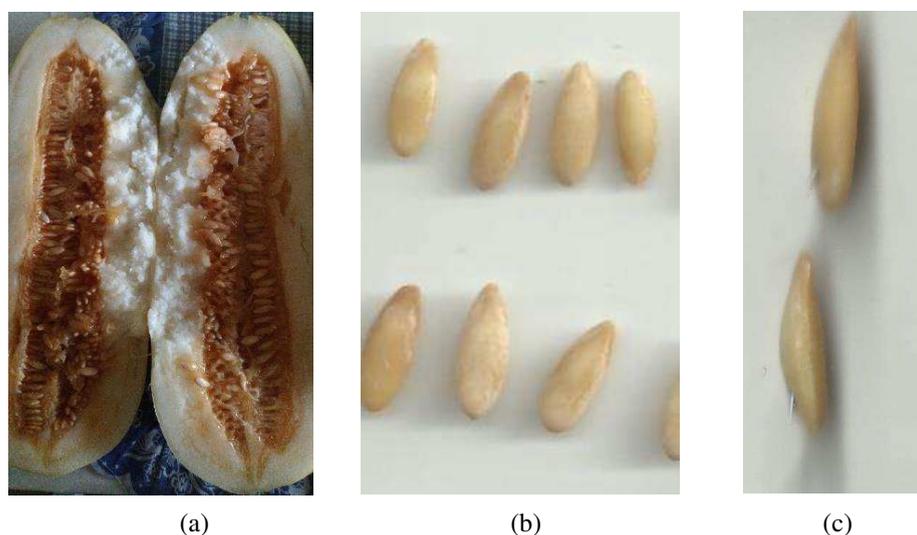


Figura 4.1 – Fruto recém-adquirido (a); posição de repouso (b); espessura da semente (c).

Os melões maduros foram submetidos à higienização e sanitização em água corrente e imersos em solução água + cloro na proporção de 0,1% (10000 ppm) durante 30 min;

em seguida, foi feita a separação da matéria-prima das outras partes constituintes do fruto. As análises a seguir foram realizadas em três repetições.

4.2 Secagem

As sementes do melão neve foram secas em camadas finas em estufa com circulação de ar, com temperatura do ar de secagem a 50 e 70 °C e velocidades de ar a 0,8 m s⁻¹.

4.2.1. Secagem intermitente e contínua

Foram realizados seis experimentos de secagem, sendo quatro secagens intermitentes com razão de intermitência de 1:3, e duas secagens contínuas, de acordo com a Tabela 4.1. Cada experimento é realizado em triplicata para uma melhor representatividade do comportamento das sementes do melão neve.

Tabela 4.1 – Organização das secagens realizadas

Experimento	Secagem	Temp. (°C)	In (min)	Out (min)
1	Intermitente	50	10	20
2	Intermitente	50	20	40
3	Contínua	50	-	-
4	Intermitente	70	10	20
5	Intermitente	70	20	40
6	Contínua	70	-	-

in – Dentro do secador; out – Fora do secador

Sendo utilizado a nomenclatura “in” e “out” para definir a localidade, já que as sementes foram colocadas e retiradas do secador sem que ocorra o desligamento do aparelho.

Para a têmpera, foi utilizado um dessecador para proteger as amostras da umidade do ar corrente presente no ambiente.

4.2.2 Cinética de secagem

Na Tabela 4.2 encontram-se os dados meteorológicos do ambiente externo ao secador, segundo o site do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, obtidos através da estação automática do Instituto Federal de Alagoas, Campus Piranhas. Período em que foi realizada a cinética de secagem (entre 01 a 06/01/2021).

Tabela 4.2 – Dados meteorológicos do ambiente externo ao secador no período da cinética de secagem.

Experimento	Data	T (°C)		UR (%)		Radiação (kJ m ⁻²)	Chuva (mm)
		Máx.	Min.	Máx.	Min.		
1	01/01/2021	29,3	26,4	73	59	2056,3	0
2	02/01/2021	26,5	23,1	88	77	1703,1	0
3	03/01/2021	28,9	25,8	60	56	1807,3	0
4	04/01/2021	28,2	25,8	69	57	2513,7	0
5	05/01/2021	28,2	25,4	75	61	1793,3	0
6	06/01/2021	30,6	27,5	62	51	2486,5	0

T – Temperatura; UR – Umidade relativa; Radiação – Média entre 8 as 14 h

Os dados experimentais das cinéticas de secagem foram obtidos pesando-se as bandejas com as sementes em intervalos de tempo pré-determinado, finalizando o processo quando atingiram massa constante. Após a estabilização, as amostras foram levadas para estufa a 105 °C para a obtenção da massa seca, utilizada para determinar o teor de umidade de acordo com a metodologia descrita no manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005a). Assim, com os dados das umidades em base seca foram calculados os valores da razão de umidade (Equação 4.1).

$$X^* = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (4.1)$$

em que:

X^* – Razão de umidade do produto (adimensional);

X – Teor de umidade do produto em determinado tempo (base seca);

X_i – Teor de umidade inicial do produto (base seca); e

X_e – Teor de umidade equilíbrio do produto (base seca).

Em seguida, foram traçadas as curvas de cinética de secagem (Umidade (b.s.%) em função do tempo de secagem (razão de umidade em função do tempo de secagem).

Posteriormente, foi utilizado o modelo matemático de Page (Equação 3.6) para a predição da secagem contínua e intermitente, porém para esse último, foi utilizada a metodologia descrita por Silva et al. (2019a), representando a única abordagem existente na pesquisa acadêmica disponível.

4.2.3. Predição da secagem intermitente utilizando o modelo de Page

Com base no estabelecido por Silva et al. (2019a), para um processo de secagem intermitente, tem-se:

Para $t_{c0} \leq t < t_{c0} + \frac{t_c}{3}$, põe-se:

$$X^*(t) = X^*(t_{c0}) \exp(-a_{1in}(t - t_{c0})^{a_{2in}}), \quad (4.2)$$

Em que, a_{1in} e a_{2in} denotam o parâmetro e constante da equação de Page no período em que as amostras se encontram no interior do secador.

Para $t_{c0} + \frac{t_c}{3} \leq t < t_{c0} + t_c$, põe-se :

$$X^*(t) = X^*(t_{c0} + \frac{t_c}{3}) \exp(-a_{3out}(t - t_{c0} - \frac{t_c}{3})^{a_{4in}}), \quad (4.3)$$

Em que, a_{3out} e a_{4out} denotam os parâmetros constantes da equação de Page quando as amostras se encontram no período de têmpera.

O tempo final de um ciclo, isto é, $t_{c0} + t_c$ é igual ao tempo inicial do ciclo que o sucede (Figura 4.2).

Dessa forma, observa-se que é atribuído o translado de tempo, e assim, da cinética, equivalente ao tempo transcorrido, a fim de concatenar os eventos de dentro e fora da estufa, tais como os ciclos consecutivos.

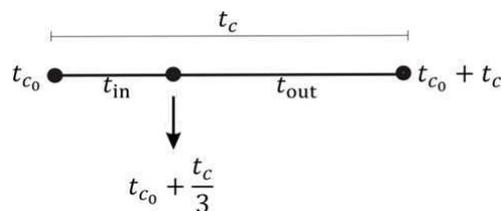


Figura 4.2 – Esquema dos intervalos de tempo de um ciclo, sendo t_{in} o tempo efetivo de secagem e t_{out} tempo de têmpera. (Fonte: Silva et al. 2019a)

Para o ajuste do modelo matemático aos dados experimentais foi utilizado o programa computacional LS Optimizer Software, desenvolvido por Silva e Silva (2016).

Dois critérios foram empregados para determinar se o modelo teve um bom ajuste aos dados experimentais: o coeficiente de determinação (R^2), e Qui-quadrado (χ^2) expresso na Equação 4.4. Foi considerado como um ajuste aceitável o modelo que apresentou alto valor de R^2 , sabendo que o mesmo pode variar de 0 a 1 e baixo valor de χ^2 .

$$\chi^2 = \frac{\sum (X^*_{\text{pred}} - X^*_{\text{exp}})^2}{\text{GLR}} \quad (4.4)$$

em que:

X^*_{pred} - Razão de umidade predito pelo modelo;

X^*_{exp} - Razão de umidade experimental; e

GLR - Graus de liberdade do modelo (número de observações menos o número de parâmetros do modelo).

4.3 – Estudo do comportamento da difusão da água

Foi realizado um breve estudo em relação ao movimento da água no interior da semente por meio da sua difusão devido a secagem, considerando a semente de melão neve com proximidade geométrica a uma parede infinita devido seu comprimento e largura serem bem maiores que a espessura.

Tal estudo foi realizado por meio de otimização utilizando os programas Prescribed para condição de contorno do primeiro tipo e Convective para com condição de contorno terceiro tipo, verificando assim qual deles melhor representa os dados experimentais. Esses dois softwares são utilizados para estudar processos de difusão de água com dados experimentais conhecidos, para as geometrias: parede infinita, cilindro infinito, esfera, cilindro finito e paralelepípedo. Ambos os softwares foram desenvolvidos por Silva e Silva (2008-2009).

4.4 Obtenção da farinha

Após a obtenção da cinética de secagem ficou definido o tempo para que as sementes atingissem o equilíbrio. Com isso foi colocado uma nova quantidade de sementes para secar de acordo com cada experimento, para obter quantidade suficiente de sementes

secas, que foram processadas em liquidificador doméstico e transformadas em farinhas, daí foram submetidas a caracterização descrita nos itens 4.5 e 4.6.

4.5 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas das sementes foram realizadas em triplicata.

O teor de umidade (base úmida), as cinzas e a acidez total titulável foram determinados de acordo com as metodologias descritas no manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005a);

O pH através do método potenciométrico;

A atividade de água foi determinada por medida direta no higrômetro Aqualab, na temperatura de 25 °C;

Proteínas pelo método micro-Kjeldahl (AOAC, 2010);

A determinação de lipídeos foi utilizando o método de Soxhlet;

Os carboidratos totais foram determinados pela diferença: (100% – %Umidade – %Cinzas – %Lipídeos – %Proteínas);

4.6 Análises físicas das farinhas das sementes do melão neve

4.6.1 Molhabilidade

A molhabilidade foi determinada pelo método de Schubert, pesando-se cerca de 1 g da amostra e vertendo-se em becker de 250 mL com 100 mL de água destilada a temperatura ambiente. O tempo foi cronometrado até a completa impregnação da água na farinha na superfície do líquido em repouso. O cálculo da taxa da molhabilidade foi feita através da Equação 4.5.

$$T = \frac{N}{t}, \quad (4.5)$$

em que:

T – Taxa de molhabilidade (g s^{-1});

N – Massa da amostra (g); e

t – tempo (s).

4.6.2 Densidade aparente

A densidade aparente (ρ_a) das farinhas foi determinada colocando-se a amostra em uma proveta graduada até atingir um volume predeterminado; em seguida a massa da amostra foi medida para este volume e, posteriormente, calculou-se a densidade pela relação massa/volume (g cm^{-3}) conforme a Equação 4.6.

$$\rho_a = \frac{m_s}{V_t} \quad (4.6)$$

em que:

ρ_a - Densidade aparente (g cm^{-3});

m_s - Massa do sólido (g); e

V_t - Volume total (cm^3).

4.6.3 Densidade compactada

A densidade compactada (ρ_c) foi determinada a partir da densidade aparente, pegando-se a proveta com a amostra e submetendo-a ao batimento da proveta 50 vezes sobre a bancada a partir de uma altura preestabelecida (2,5 cm), repetiu-se o procedimento até obtenção do volume constante; anotou-se o novo volume e calculou-se a densidade compactada pela relação entre a massa e volume compactado (g cm^{-3}) (TONON, 2009; TZE et al., 2012) conforme a Equação 4.7.

$$\rho_c = \frac{m_s}{V_c} \quad (4.7)$$

em que:

ρ_c - Densidade compactada (g cm^{-3});

m_s - Massa do sólido (g); e

V_c - Volume do sólido após compactação (cm^3).

4.6.4 Porosidade

Para a determinação da porosidade da farinha, foi utilizado a Equação 4.8 de acordo com Gustafson e Hall (1972).

$$\varepsilon = \left[1 - \left(\frac{\rho_a}{\rho_c} \right) \right] \times 100 \quad (4.8)$$

Em que:

ε – Porosidade da massa granular (%);

ρ_a - Massa específica aparente (g cm^{-3}); e

ρ_c - Massa específica compactada (g cm^{-3}).

4.6.5 Densidade Real

Para obtenção da densidade real, foi pesado 1g da farinha em uma proveta graduada de 10 mL. Adicionou-se a uma bureta de 25 mL óleo até que a proveta estivesse com 10 mL, fez-se a leitura da quantidade de óleo que sobrou na bureta e, assim, determinou-se a quantidade de líquido necessária para completar os 10 mL na proveta. A densidade real foi calculada pela Equação 4.9.

$$\rho_r = \frac{m_s}{10 - V_g} \quad (4.9)$$

Em que:

ρ_r - Densidade real (g cm^{-3});

m_s – Massa do sólido (g); e

V_g - Volume gasto de óleo (cm^3).

4.6.6 Fator de Hausner

O fator de Hausner (FH) é usado para avaliar indiretamente as propriedades de fluxo de farinha. A partir da densidade aparente (ρ_a) e de compactação (ρ_c), determinou-se o fator de Hausner, de acordo com a metodologia de Hausner (1967), em que o fator está correlacionado com a fluidez de uma farinha ou material granulado, sendo calculado conforme a Equação 4.10.

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_a} \quad (4.10)$$

Em que:

FH- Fator de Hausner

ρ_c – Densidade compactada (g cm^{-3})

ρ_a - Densidade aparente (g cm^{-3})

4.6.7 Solubilidade

A solubilidade (Equação 4.11) foi determinada pelo método de Eastman e Moore (1984) e modificado por Cano-Chauca et al. (2005). Um grama de farinha foi adicionado em 100 mL de água destilada na velocidade máxima de agitação em um agitador magnético, durante 5 min. A farinha dispersa em água foi centrifugada a 2.600 rpm por 5 min. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de Petri, previamente tarada, e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h.

$$S = \frac{ms}{mt} \times 100 \quad (4.11)$$

Em que:

S- Solubilidade (%);

ms – Massa da farinha sobrenadante (g); e

mt – Massa total (g).

4.6.8 Rendimento

O rendimento das farinhas foi calculado baseado na massa, a qual é levada para a respectiva secagem e a massa de farinha que sai do processo após a trituração.

4.6.9 Capacidade de absorção de água e óleo

O método de Beuchat (1977) foi usado com adaptações para a determinação da capacidade de absorção de água e de óleo. Inicialmente, 10 mL de água destilada ou óleo foram adicionados a 1 g da amostra em tubos de centrífuga. As suspensões foram homogeneizadas durante 3 min e, em seguida, deixadas em repouso por 30 min. Posteriormente, os tubos foram fechados e centrifugados por 10 min a 2.500 rpm. O sedimento no tubo da centrífuga, após separação do sobrenadante, foi pesado e a capacidade de absorção da água e do óleo foram calculadas de acordo com as Equações 4.12 e 4.13, respectivamente.

$$CAA = (Ms - Mas) \times 100 \quad (4.12)$$

$$CAO = (Ms - Mas) \times 100 \quad (4.13)$$

Em que:

CAA- - Capacidade de absorção de água (%);

CAO - Capacidade de absorção de óleo (%);

MS - Massa do sedimento (g); e

MAS - Massa da amostra seca (g).

4.6.10 Propriedades emulsificantes

Foi utilizado o método de Yasumatsu et al. (1972), com adaptações, em que as emulsões foram preparadas com 2 g de cada amostra, 20 mL de água destilada fria (4 °C) e 20 mL de óleo em um tubo de centrífuga de 50 mL e depois as amostras foram agitadas durante 3 min em Vortex. Os tubos foram imediatamente centrifugados a 2.600 rpm, durante 10 min. O resultado da atividade da emulsão (AE) foi expresso como percentual de emulsão formada no volume total, através da Equação 4.14.

$$AE = \frac{AEC}{ACI} \times 100 \quad (4.14)$$

Em que:

AE - Atividade de emulsão (%);

AEC - Altura da camada de emulsão (mm); e

ACI - Altura da camada inteira (mm).

A estabilidade da emulsão (EE) foi medida por centrifugação das amostras, após o aquecimento da emulsão em banho-maria a 80 °C durante 30 min e o resfriamento até a temperatura ambiente. A altura da camada emulsionada, como uma percentagem da altura total do material, foi utilizada para calcular a estabilidade de emulsão (Equação 4.15).

$$EE = \frac{AECA}{ACI} \times 100 \quad (4.15)$$

Em que:

AE - Estabilidade de emulsão (%);

ACEA - Altura da camada de emulsão após aquecimento (mm); e

ACI - Altura da camada inteira (mm).

4.7 Compostos bioativos:

4.7.1 Clorofilas totais e carotenoides totais

Para a determinação da clorofila e carotenoides foi utilizada a metodologia descrita por Lichtenthaler (1987). Pesando 200 mg de amostra e colocando-as em almofariz, adicionando 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO₃) e cerca de 3 mL de acetona a 80% e macerando posteriormente. Colocando o extrato em um tubo de centrifuga e lavando o resíduo do almofariz com 2 mL de acetona a 80%, completando o volume para 5 mL. Centrifugando por 10 min a 10 °C e 3000 rpm. Foi vertido o sobrenadante para uma proveta de 10 mL e observado o volume. Tomando uma alíquota em uma cubeta e realizado a leitura em um espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470,646 e 663 nm.

Cálculos:

$$\text{Clorofila a (mg/100 g)} = [(12,21 A_{663} - 2,81 A_{646}) \times V] / 1000 \times \text{massa} \quad (4.16)$$

$$\text{Clorofila b (mg/100 g)} = [(20,13 A_{646} - 5,03 A_{663}) \times V] / 1000 \times \text{massa} \quad (4.17)$$

$$\text{Clorofila total (mg/100 g)} = [(17,3 A_{646} + 7,18 A_{663}) \times V] / 1000 \times \text{massa} \quad (4.18)$$

$$\text{Carotenoides totais (mg/100 g)} = [(1000 A_{470} - 1,82 Ca - 85,02 Cb) / 198] \times 100 / 1000 \quad (4.19)$$

4.7.2 Antocianinas e Flavonoides

As antocianinas e flavonoides foram determinadas seguindo o método de Francis (1982). Foi pesado 1g de amostra e adicionado 10 mL de etanol – HCL. Logo após foi macerado por 1 min e recolhido um tubo, posteriormente colocado na geladeira por 24 horas. A pós o de corrimento do tempo a mistura foi filtrada em algodão e completado o volume para 10 mL. A amostra foi lida no espectrofotômetro a 374 nm para flavonoides e 535 nm para antocianinas.

Cálculos:

$$\text{Flavonoides (mg/100 g)} = \frac{Fd \times Abs}{76,6} \quad (4.20)$$

$$\text{Antocianinas (mg/100 g)} = \frac{Fd \times Abs}{98,2} \quad (4.21)$$

Em que:

$$Fd = 100/(\text{massa g/volume da diluição mL})$$

4.8 – Elaboração do biscoito tipo cookies

Para a produção dos biscoitos tipo cookies, foi utilizado a farinha produzida através do experimento 2 (intermitente 50 °C com 20 min in e 40 min out), que apresentou melhores resultados nas análises realizadas.

Para a produção do cookie utilizado neste experimento, foram elaboradas três formulações com diferentes concentrações da farinha das sementes do melão neve que substituiu uma quantidade parcial de farinha de trigo da receita original utilizada. As formulações foram chamadas de F0 (0% de farinha de SMN), F1 (15% de farinha de SMN), F2 (30% de farinha de SMN) e F3 (45% de farinha de SMN), a partir das quais foram feitas as análises descritas a seguir. (em que: SMN = semente de melão neve).

Não foi acrescentado as tradicionais gotas de chocolate devido o possível mascaramento do real sabor da massa dos biscoitos.

Na Tabela 4.3 estão apresentados os ingredientes que compõem cada formulação.

Tabela 4.3 – Ingredientes dos biscoitos tipo cookies produzidos utilizando a farinha de melão neve do experimento 2 como componente.

Ingrediente	F0 0%	F1 15%	F2 30%	F3 45%
Farinha de trigo (g)	141	119,85	98,7	77,55
Farinha de SMN (g)	0	21,15	42,3	63,45
Açúcar mascavo (g)	53	53	53	53
Açúcar refinado (g)	30	30	30	30
Margarina derretida (g)	100	100	100	100
Ovo (unidade)	1	1	1	1
Fermento químico em pó (g)	3	3	3	3

Proporção para a produção de 30 biscoitos

A produção dos biscoitos seguiu os seguintes passos:

- Pesagem das farinhas e homogeneização no caso da F1, F2 e F3;
- Homogeneização: farinha, açúcar e fermento (dentro de um recipiente);
- Acrescento do ovo + margarina;
- Revolvimento até a massa ficar uniforme e desgrudar da parede do recipiente;
- A massa foi mantida 1 hora no congelador de um refrigerador convencional;
- A medição da massa para cada biscoito foi uma colher de chá, moldada manualmente em formato esférico;
- O forneamento feito em 12 min, utilizando forno industrial, fabricante Perfecta modelo Millenium, a 180 °C preaquecido;
- O resfriamento dos biscoitos foi realizado à temperatura ambiente, em bandejas de aço inox.

Na Figura 4.3 estão dispostos os biscoitos produzidos com as suas respectivas percentagens de farinha da semente de melão neve.

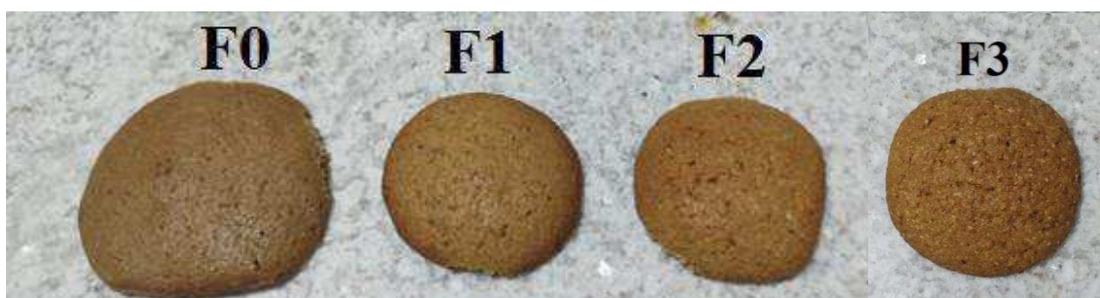


Figura 4.3 – Biscoitos tipo cookies elaborados através da substituição parcial de farinha de trigo por farinha de melão neve, sendo: 0% (F0), 15% (F1), 30% (F2), 45% (F3)

4.9 – Análises microbiológicas

Realizadas previamente antes da análise sensorial, as análises microbiológicas foram feitas com 200 g de cada formulação de biscoito encaminhados ao Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Instituto Federal de Alagoas, campus Piranhas. Com o intuito de verificar as condições de processamento das formulações dos biscoitos e evitar futuras problemas gastrointestinais.

A resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da ANVISA regulamenta os padrões microbiológicos sanitários para alimentos e bebidas, e estabelece para o biscoito sem recheio a contagem de coliformes termotolerantes até 10 NMP/g (Número mais

provável/g), *Staphylococcus coagulase* positiva até 5×10^2 UFC/g (Unidade de formação de colônias/g) e ausência de *Salmonella* sp em 25g de biscoito.

Também se realizou a contagem de bolores e leveduras (fungos) que é indicada para alimentos com baixa atividade de água, como biscoitos, e de coliformes totais que é pré-requisito para a análise de coliformes termotolerantes. Todas as análises e expressão dos resultados foram realizadas de acordo com Silva et al. (2010).

4.10 - Análise sensorial

Foi realizado a análise sensorial dos biscoitos cookies com suas diferentes formulações com o intuito de descobrir qual destas foi a mais aceita pelo público. O método de análise sensorial utilizado para a avaliação dos biscoitos foi o teste afetivo quantitativo, método aplicado em 60 voluntários não profissionais na arte de comer biscoitos, avaliando aparência, cor, sabor, textura e impressão global além da intenção de compra. Sendo o teste elaborado de escala enumerada (ver anexo).

Para a realização dos testes foi entregue biscoitos codificados com números de três dígitos aleatórios escrito na base de um prato descartável, além de copos com água e guardanapos. Os voluntários receberam uma ficha para avaliarem os biscoitos e o termo de consentimento da participação da pesquisa para assinarem (ver Figura 4.4).

Foi calculado o Índice de Aceitabilidade (IA) do produto de acordo com a Equação 4.22. O IA com boa repercussão tem sido considerado $\geq 70\%$ (DUTCOSKY, 2013).

$$IA = \frac{A}{B} \times 100 \quad (4.22)$$

Em que:

IA (%) - Índice de aceitabilidade do produto;

A - Nota média obtida para o produto; e

B - Nota máxima dada ao produto.

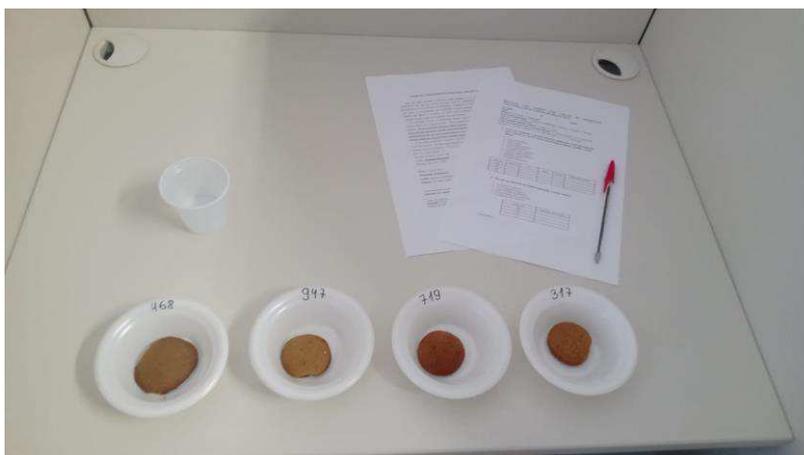


Figura 4.4 – Disposição para a realização da análise sensorial

4.10.1 - Procedimentos éticos

Considerando a exigência do Conselho de Saúde, esta pesquisa foi submetida à apreciação e aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP), tendo em vista a realização de Análises Sensoriais com humanos, os quais assinaram o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), consentindo em participar da pesquisa. Este procedimento foi baseado na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), na qual estabelecem diretrizes e normas regulamentadoras para pesquisas envolvendo seres humanos. (Ver nos anexos mais detalhes sobre o processo).

4.11 Isotermas de adsorção de umidade

As isotermas de adsorção de umidade foram realizadas no biscoito com a formulação que obteve maior aceitação na análise sensorial, produzido a partir de farinha obtida por secagem intermitente, e com intuito de comparação, também foi estudada em biscoitos com mesmas proporções, mas produzidos por farinha feita por secagem contínua. Foi utilizando o método especial indireto estático, segundo Capriste e Rotstein (1982) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C; para tal, foi feita a leitura da atividade de água das amostras utilizando o equipamento *Aqualab* modelo 3TE da Decagon Devices. Após o equilíbrio as amostras foram levadas à estufa para determinação da massa seca, e posteriormente, o teor de água de equilíbrio determinado pela relação entre a massa de água e a massa seca da amostra (Equação 4.23).

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} \times 100, \quad (4.23)$$

Em que:

X_e - Teor de água de equilíbrio (% base seca);

m_e - Massa da amostra no equilíbrio; e

m_s - Massa seca da amostra.

Para o ajuste dos modelos matemáticos, utilizou-se os dados experimentais das isotermas de adsorção de umidade das amostras dos biscoitos, mediante os modelos encontrados na Tabela 4.2. Utilizando-se o programa Statistica 7 (STATSOFT, 1995), através de regressão não linear.

Tabela 4.4 – Modelos matemáticos utilizados para as isotermas de adsorção de umidade

Modelo	Equação	Equação
GAB	$X_e = \frac{X_m CKaw}{(1-Ka)(1-Kaw+Kkaw)}$	(4.24)
Peleg	$X_e = K1aw^{n1} + K2aw^{n2}$	(4.25)
Oswin	$X_e = a\left(\frac{aw}{1-aw}\right)^b$	(4.26)
Henderson	$X_e = a(-\log(1 - aw))^b$	(4.27)
Sabbah	$X_e = a\left(\frac{aw^b}{T^c}\right)$	(4.28)
Halsey	$X_e = \left(\frac{-a}{\ln A_w}\right)^{(1/b)}$	(4.29)
Copace	$X_e = \exp [a - (bT) + (caw)]$	(4.30)
Chung-Pfost	$X_e = a - b.\ln[-(T+c).\ln(aw)]$	(4.31)
Sigma-Copace	$X_e = \exp [(a - bT) + (c.\exp(aw))]$	(4.32)
Halsey-Modificado	$X_e = \left(-\frac{\exp (a - (bT))}{\ln(aw)}\right)^{1/c}$	(4.33)

X_{eq} - Umidade de equilíbrio; kg/kg; X_m - Umidade na monocamada molecular; kg/kg; a_w - Atividade de água, adimensional; e $k_1, k_2, n_1, n_2, C, K, a, b$ - Constantes das equações; T - Temperatura, °C.

Para a seleção do melhor modelo foi utilizado o coeficiente de determinação (R^2), e o desvio relativo médio (DRM), calculado pela Equação 4.34 descrita por Lomauro et al. (1985) que consideram erro de até 10% razoável para as práticas propostas.

$$DRM = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(M_{exp} - M_{teor})|}{M_{exp}} \quad (4.34)$$

Em que:

- DRM - Desvio relativo médio (%);
- M_{exp} - Valores obtidos experimentalmente;
- M_{teor} - Valores preditos pelo modelo; e
- n - Número de observados realizados.

4.11.1 Calor isostérico de sorção

O cálculo do calor isostérico foi realizado utilizando as leituras de atividade de água (a_w) dos biscoitos cookies da farinha de sementes do melão neve obtidas no higrômetro AquaLab 3TE (Decagon) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, e o teor de água de equilíbrio (% b. s.) foram determinadas de acordo com o descrito no item 4.5, com a Equação 4.23.

Para a realização do cálculo do calor isostérico líquido (Q_{st}) foi aplicado o modelo exponencial de Sopade e Ajisegiri (1994) mostrada na Equação 4.35, no qual representa o comportamento do calor isostérico de sorção em função apenas do teor de umidade de equilíbrio (OLIVEIRA et al., 2013; TEIXEIRA et al., 2012) e a Equação de Clausius-Clapeyron (Equação 4.36), modificada por Wang e Brennan (1991), que considerou o teor de umidade de equilíbrio, como também a temperatura.

$$q_{st} = A \cdot \exp(-B \cdot U_{eq}) \quad (4.35)$$

$$\ln(a_w) = -\left(\frac{q_{st}}{R}\right) \cdot \frac{1}{T_a} + C \quad (4.36)$$

Em que:

- q_{st} - Calor isostérico líquido de sorção (kJ/kg);
- A e B - Coeficientes do modelo;
- a_w - Atividade de água (decimal);

Ta - Temperatura em absoluta (K);

R - Constante universal dos gases (8,314 kJ.kmol/K) sendo para o vapor d'água 0,4619 kJ/kg K; e

C - Constante de integração, adimensional.

Para a equação de Clausius-Clapeyron, o calor isostérico líquido de sorção (qst) foi determinado a partir das inclinações das retas do gráfico $\ln(a_w) \times (1/T_{abs})$ para os diversos teores de umidade de equilíbrio (Equação 4.37).

$$qst = \text{Coeficiente angular} \times R \quad (4.37)$$

Foi calculado o calor isostérico integral de sorção (Qst), que além do calor isostérico líquido de sorção, também considera o calor latente de vaporização da água livre (L = kJ/kg), de acordo com a Equação 4.38.

$$L = 2502,2 + 2,39T \quad (4.38)$$

Em que:

T - Temperatura média (°C).

Obtendo-se o calor isostérico integral de sorção (Qst = kJ/kg) (Eq. 4.39), adicionando aos valores de calor isostérico líquido de sorção (qst = kJ/kg) (Eq. 4.37) e o valor do calor latente de vaporização da água livre (L = kJ/kg) (Eq. 4.38), tem-se:

$$Qst = qst + L = A \cdot \exp(-B \cdot U_{eq}) + L \quad (4.39)$$

Em que:

A e B - Coeficientes do modelo.

Os cálculos de inclinação das retas e curvas do calor isostérico foram realizados utilizando-se do programa computacional Statistica 7. Na análise de representatividade dos dados, os experimentais foram comparados com os valores preditos pela Equação 4.39, verificando-se a porcentagem de erro médio relativo (DRM) (Equação 4.34) e o coeficiente de determinação (R²).

4.12 Armazenamento

Foram submetidos ao armazenamento em temperatura ambiente os biscoitos cookies da formulação que obteve a maior aceitabilidade na análise sensorial, os quais foram acondicionados em embalagem flexível laminada.

Foi elaborado 7 amostras (em triplicata), as quais foram analisadas a cada 15 dias (0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias), resultando em 90 dias de armazenamento. As análises realizadas nos biscoitos durante o armazenamento foram: teor de água, atividade de água, acidez total titulável, pH, lipídeos e proteínas descritas no item 4.5.

4.12.1 Cinética de degradação

As amostras dos biscoitos foram submetidas ao estudo da cinética de degradação dos lipídeos, avaliada a cada 15 dias, na temperatura ambiente durante 90 dias. Os modelos cinéticos de ordem zero, primeira ordem e segunda ordem (Tabela 4.3) foram ajustados aos dados experimentais, permitindo determinar as constantes da velocidade da reação (k). Para avaliar qual o melhor modelo, foi utilizado como parâmetro o coeficiente de determinação (R^2). Para calcular os tempos de meia vida ($\theta_{(1/2)}$) foi utilizado o valor de k do modelo cinético que melhor se ajustou aos dados experimentais das cinéticas de degradação da cor.

Tabela 4.5 - Modelos cinéticos de zero, primeira e segunda ordem e os tempos de meia vida.

Ordem da reação	Modelo	Tempo de meia vida $\theta_{(1/2)}$	Equação
Zero	$A = A_0 - k\theta$	$\theta_{1/2} = \frac{1}{k} \left(A_0 - \frac{A_0}{2} \right)$	(4.33)
Primeira	$\ln \frac{A}{A_0} = -k\theta$	$\theta_{(1/2)} = \frac{0,693}{k}$	(4.34)
Segunda	$\frac{1}{A} = \left(\frac{1}{A_0} \right) + kt$	$\theta_{1/2} = \frac{1}{k} (A_0)$	(4.35)

A - Concentração do parâmetro avaliado após um tempo θ ; A_0 - Concentração inicial do parâmetro avaliado; k - Constante da velocidade da reação; θ - Tempo.

4.13 Análise estatística dos dados

A análise aplicada para os dados da caracterização físico-química, propriedades tecnológicas e compostos bioativos das farinhas foi delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial.

Para o armazenamento e análise sensorial, o delineamento foi inteiramente casualizado (DIC). Foi utilizado o programa computacional ASSISTAT versão 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016), para se verificar prováveis diferenças estatísticas entre os parâmetros determinados. O teste de comparação entre médias aplicadas foi o de Tukey a 5% de probabilidade com 3 repetições.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Predição das cinéticas de secagem intermitente (tempo efetivo) e contínua

Estão apresentados na Tabela 5.1 os valores dos parâmetros, coeficiente de determinação (R^2), qui-quadrado (χ^2) e distribuição de resíduo (DR) obtido através da modelagem matemática dos modelos ajustados às curvas da cinética de secagem dos grãos de melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m.s⁻¹, empregando nos experimentos 1, 2, 4 e 5 (intermitentes) apenas o tempo efetivo de secagem. Graficamente os dados da cinética de secagem foram observados até o momento em que entraram em equilíbrio, obtendo assim o tempo em que os dados experimentais se encontraram a 0 de razão de umidade.

Observando a Tabela 5.1 nota-se que dos modelos estudados, apenas o de Page obteve $R^2 \geq 0,99$ em todos os experimentos. Ter o coeficiente de determinação próximo a 1, implica que o modelo melhor se ajusta a amostra (SOZZI e RAMOS, 2015). Mesmo demonstrando bons resultados, no que consta a respeito do R^2 , não é recomendado a utilização apenas desse parâmetro para certificar se o modelo utilizado é o mais adequado para a predição de uma curva estudada. Foi observado baixos valores de qui-quadrado (χ^2) para todos os experimentos utilizando o modelo de Page, já o modelo de Wang e Singh obtiveram baixos valores para os experimentos intermitentes 1, 2, 4 e 5, mostrando ter uma boa predição para curva forçada, aquelas em que são compostas apenas da parte efetiva do processo.

Em relação à distribuição de resíduos (DR), apenas o modelo de Page obteve resultado aleatório (A) para todos os experimentos realizados. Os outros modelos se comportaram de maneira não definida, sendo aleatório ou tendencioso tanto para secagens intermitentes como contínuas.

Tabela 5.1 - Parâmetros, coeficiente de determinação (R^2), qui-quadrado (χ^2) e distribuição de resíduo (DR) dos modelos ajustados as curvas de secagem da semente do melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹.

Modelo	T(°C)	Exp.	Parâmetros		χ^2	R^2	DR
			a				
Lewis	50	1	0,01463		0,0038	0,9856	T
		2	0,01485		0,0042	0,9851	T
		3	0,01068		0,0016	0,9948	A
	70	4	0,02079		0,0056	0,9809	T
		5	0,02218		0,0044	0,9918	A
		6	0,01674		0,0028	0,9903	A
Henderson e Pabis	50	1	A	b	χ^2	R^2	DR
		2	1,1057	0,0161	0,0027	0,9782	T
		3	1,1070	0,0165	0,0030	0,9780	T
	70	4	1,0613	0,0115	0,0011	0,9929	A
		5	1,1293	0,0232	0,0040	0,9721	T
		6	1,1116	0,0246	0,0031	0,9780	T
Wang e Singh	50	1	A	b	χ^2	R^2	DR
		2	-0,0105	0,000027	0,00013	0,9992	A
		3	-0,0111	0,000030	0,00047	0,9973	A
	70	4	-0,0740	0,000012	0,0021	0,9861	T
		5	-0,0149	0,000054	0,00066	0,9966	A
		6	-0,0161	0,000063	0,00073	0,9951	A
Peleg	50	1	A	b	χ^2	R^2	DR
		2	83,1523	0,4821	0,00072	0,9939	A
		3	75,5011	0,5384	0,0021	0,9835	T
	70	4	87,2896	0,6927	0,0024	0,9827	T
		5	57,8063	0,5074	0,0022	0,9832	T
		6	46,6613	0,6176	0,0037	0,9721	T
Peleg	50	1	A	b	χ^2	R^2	DR
		2	58,0460	0,6610	0,0031	0,9768	T
		3	83,1523	0,4821	0,00072	0,9939	A
	70	4	75,5011	0,5384	0,0021	0,9835	T
		5	87,2896	0,6927	0,0024	0,9827	T
		6	57,8063	0,5074	0,0022	0,9832	T

Experimentos – 1 (Intermitente in = 10 min out = 20 min), 2 (Intermitente in = 20 min out = 40 min) e 3 (contínua).

Tabela 5.1(continuação) - Parâmetros, coeficiente de determinação (R^2), qui-quadrado (χ^2) e distribuição de resíduo (DR) dos modelos ajustados as curvas de secagem da semente do melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹.

	T(°C)	Exp.	Parâmetros		χ^2	R^2	DR
			A	b			
Page	50	1	0,0023	1,41	0,00043	0,9963	A
		2	0,0021	1,46	0,00037	0,9971	A
		3	0,0035	1,25	0,00015	0,9989	A
	70	4	0,0022	1,56	0,00033	0,9976	A
		5	0,0030	1,51	0,00021	0,9984	A
		6	0,0037	1,37	0,00012	0,9991	A
Silva et al.	50	1	0,0216	-0,0589	0,0014	0,9882	T
		2	0,0227	-0,0629	0,0014	0,9890	T
		3	0,0143	-0,0314	0,0005	0,9965	A
	70	4	0,0333	-0,0903	0,0016	0,9873	T
		5	0,0350	-0,0860	0,0013	0,9908	A
		6	0,0246	-0,0571	0,00076	0,9946	A

Experimentos – 1 e 4 (Intermitente in = 10 min out = 20 min), 2 e 5 (Intermitente in = 20 min out = 40 min) e 3 e 6 (contínua).

Na Figura 5.1 encontra-se os dados experimentais e as curvas previstas do modelo matemático de Page, sendo esse o modelo considerado como o que melhor se ajustou aos dados experimentais dentre os testados. O modelo foi ajustado aos dados experimentais do tempo efetivo dos experimentos realizados, das cinéticas de secagem da semente de melão neve, na temperatura de 50 °C e velocidade do ar de secagem a 0,8 m s⁻¹.

Na Figura 5.2 observa-se os dados experimentais e as curvas previstas do modelo matemático de Page, ajustado aos dados experimentais do tempo efetivo dos experimentos realizados, das cinéticas de secagem da semente de melão neve, na temperatura de 70 °C e velocidade do ar de secagem a 0,8 m s⁻¹.

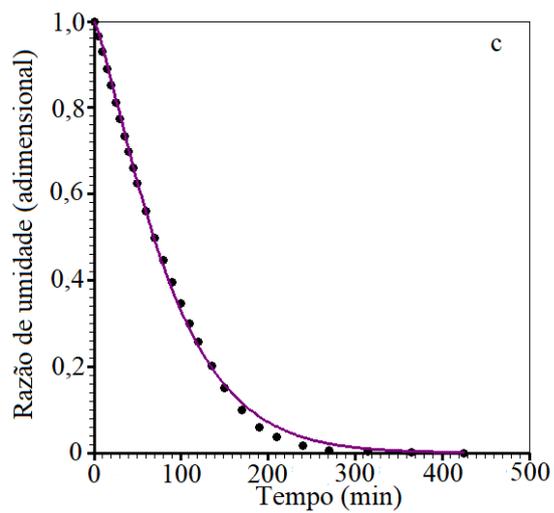
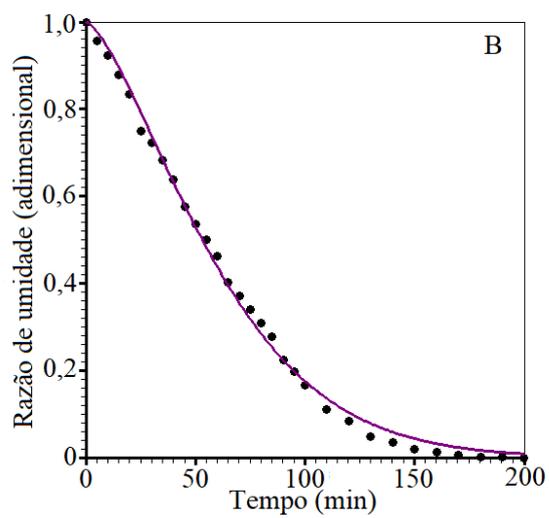
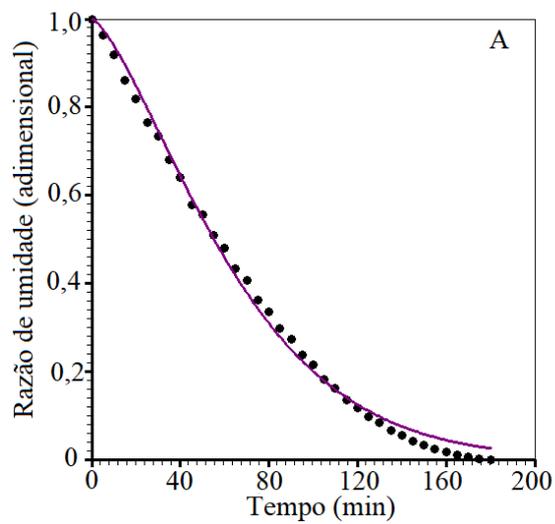


Figura 5.1 – Cinética de secagem das sementes de melão neve a 50 °C e velocidade do ar a $0,8 \text{ m s}^{-1}$, apresentando o tempo efetivo de operação: experimento 1 (a), experimento 2 (b), experimento 3 (c).

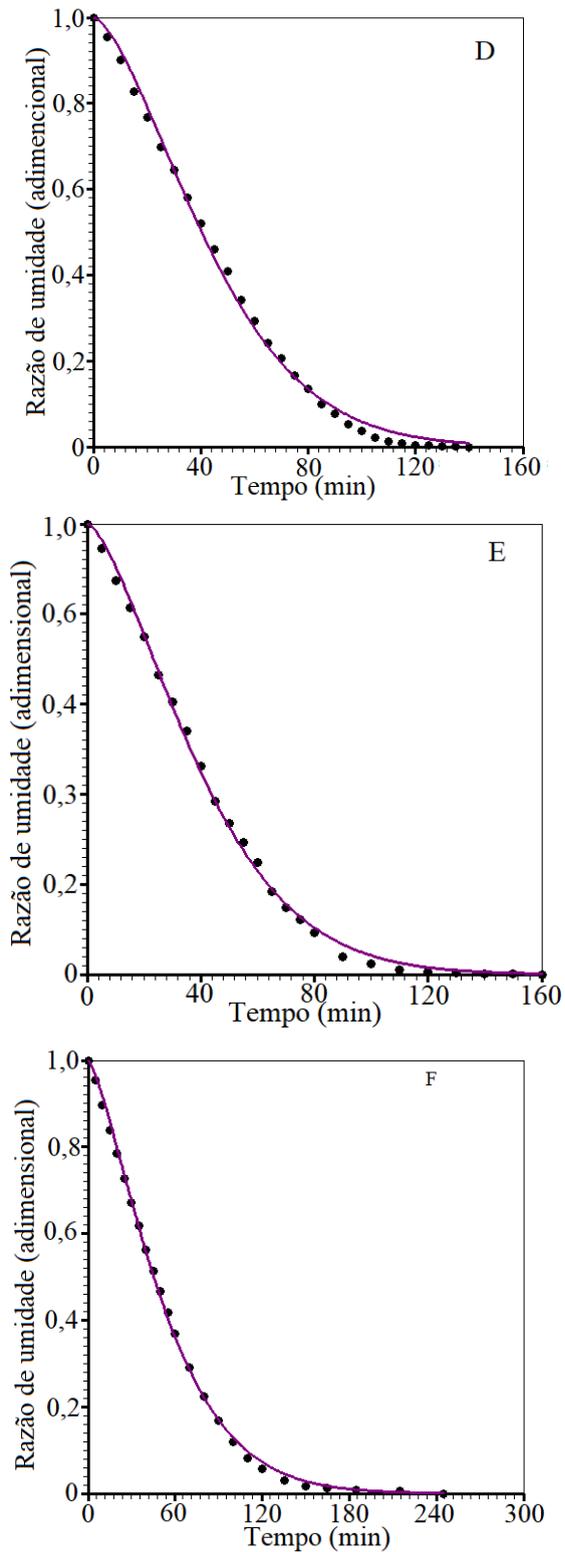


Figura 5.2 – Cinética de secagem das sementes de melão neve a 70 °C e velocidade do ar a $0,8 \text{ m s}^{-1}$, apresentando o tempo efetivo de operação: experimento 4 (d), experimento 5 (e), experimento 6 (f).

Os tempos de secagem nas temperaturas de 50 °C e seus respectivos experimentos para o tempo total de trabalho foram: 1 - 520 min, 2 - 560 min e 3 – 425 min, já para o tempo efetivo das cinéticas intermitentes foram: 1 – 180 min, 2 – 200 min, reforçando a ideia do tão quanto é energeticamente econômico o método intermitente de secagem. O mesmo fenômeno foi observado nos experimentos utilizando a temperatura de 70 °C, sendo o tempo de: 4 - 400 min, 5 - 440 min, 6 – 245 min, sendo o tempo efetivo do experimento 4 – 140 min e do 5 – 160 min, consideravelmente menores do que o do experimento 6.

Na Figura 5.3 está apresentada a superposição das curvas geradas pela predição do modelo de Page, permitindo observar a funcionalidade e melhor comparação dos experimentos.

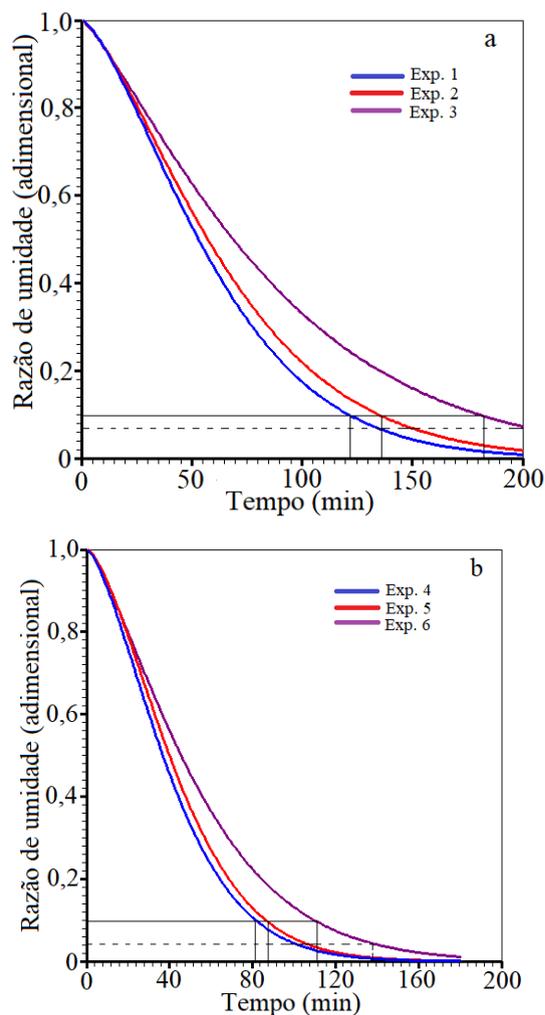


Figura 5.3 – Superposição das curvas preditas pelo modelo de Page para os experimentos de cinética de secagem das sementes de melão neve a 50 (a) e 70 °C (b) e velocidade do ar a $0,8 \text{ m s}^{-1}$.

Focando na Figura 5.3a, é possível observar que ao tempo de 200 min os experimentos 1 e 2 já apresentam dados de razão de umidade muito próximo a 0, contudo o experimento 3 ao mesmo tempo de secagem, apresenta valor de razão de aproximadamente 0,07. Na Figura 5.3b, na qual se encontram os valores preditos da cinética de secagem a 70 °C, ao tempo de 140 min os experimentos 4 e 5 já se encontram com suas curvas muito próximas ao eixo das abscissas, ou seja, apresenta valores muito perto do 0 em razão de umidade, em que, por semelhante, esse mesmo comportamento só ocorre no tempo aproximado de 175 min para o experimento 6.

Ainda, na Figura 5.3, após traçar determinados pontos nos gráficos, é possível calcular a economia energética das secagens intermitentes em relação às contínuas. Nas secagens de 50 °C (Figura 5.3a), para atingir 0,1 da razão de umidade, o experimento 1 levou cerca de 120 min e o 2 aproximadamente 135 min, já o experimento 3 para atingir o mesmo nível de razão de umidade levou 182 min. Mostrando que o experimento 1 consumiu 34,07% a menos de tempo para atingir 0,1 de razão de umidade, e o experimento 2 cerca de 25,82%. Observando o gráfico e suas curvas da Figura 5.3b, que representam as cinéticas preditas pelo modelo de Page a 70 °C, nota-se que para alcançar a medição de 0,1 de razão de umidade, o experimentos 4 e 5 levaram aproximadamente 80 e 88 min, respectivamente, gerando uma economia de 28,57% para o experimento 4 e 21,43% para o 5, em comparação ao experimento 6 que levou por volta de 112 min para atingir o 0,1 de razão de umidade.

Em outros termos, pode-se afirmar que as secagens intermitentes realizadas nesse trabalho obtiveram uma economia de energia considerável no processo da secagem em comparação as contínuas. Isso deve-se ao fenômeno da difusividade da água no interior do produto durante o processo intermitente, uma vez que durante o tratamento da temperatura, a água contida no interior do produto tende a migrar para as bordas, fazendo com que quando o produto volte a ter o contato com o ar de secagem, exija uma menor energia para a retirada da água.

Franco e Lima (2018) comentaram que o procedimento de secagem envolve um alto custo energético e consome cerca de 20 a 25% de energia empregada pela indústria de processamento de alimentos. Com essa ideia, temos que o método de secagem de forma intermitente é considerado promissor para melhorar a qualidade dos produtos secos e a eficiência energética do processo. Segundo Lima et al. (2015), a difusão da água no produto ocorre de dentro para fora de forma mais pacífica e equilibrada devido o estágio

de têmpera, mas por esse fenômeno de transporte de água também ocorrer durante esse período de descanso, conseqüentemente resulta em economia energética.

A redu o do tempo de secagem também foi relatada por outros pesquisadores, como Filippin et al. (2018) estudando a secagem intermitente de ma as e seus efeitos no consumo da energia, aplicando dez tratamentos sendo sete intermitentes e três contínuos, verificaram que todos os ensaios intermitentes apresentaram redu o de tempo de secagem em compara o aos contínuos, sendo a menor redu o de 11% e a maior 35%.; Zhu et al. (2016) analisando a secagem da soja verde utilizando o método intermitente e contínuo com o propósito de verificar a eficácia do tempo de têmpera na secagem, constataram a redu o de 23 a 28% no tempo de secagem em rela o a secagem contínuo; Takounadi et al. (2018) estudaram métodos de secar a cebola de forma intermitente em busca de desenvolver uma melhor metodologia que melhor preservasse suas propriedades físico-químicas e melhor eficiência energética, trabalhando na temperatura de 65  C obtiveram uma economia energetica de 12,7% do processo intermitente em compara o ao contínuo.

A taxa de secagem obtida através da deriva o do modelo de Page (Equa o 3.6) em que obteve-se como resultado a equa o 36, para tal foram utilizados os parâmetros da Tabela 5.1. Ahmed (2015) explicou que a taxa de secagem trata da fra o da massa de água retirada em unidade de tempo baseado em um deliberado produto seco por unidade da superfície de secagem, sendo a derivada do teor de umidade total (X) pelo tempo (t) de secagem, $-dX/dt$. Analisando a Figura 5.4, percebe-se que a taxa de secagem apresenta um período inicial crescente em todos os experimentos, esse período de indu o tem um tempo menor para as cinéticas contínuas (experimentos 3 e 6) mostrando que por volta de 25 min para ambas as quantidades de água livre retirada do produto por fra o de tempo para de aumentar e sofre uma redu o com decorrer do tempo. O mesmo fenômeno ocorre com os experimentos intermitentes, tendo esses um período maior de indu o. Comportamento também observado por Medeiros et al. (2020) realizando a cinética de secagem na semente de melão a 80  C, e utilizando a derivada do modelo de Page para obter a taxa de secagem, observaram o aumento (indua o de 11 min) e sua posterior diminu o com o tempo.

$$\frac{dX^*}{dt} = -a \cdot b \cdot t^b \cdot \exp(-a \cdot t^b) \quad (5.1)$$

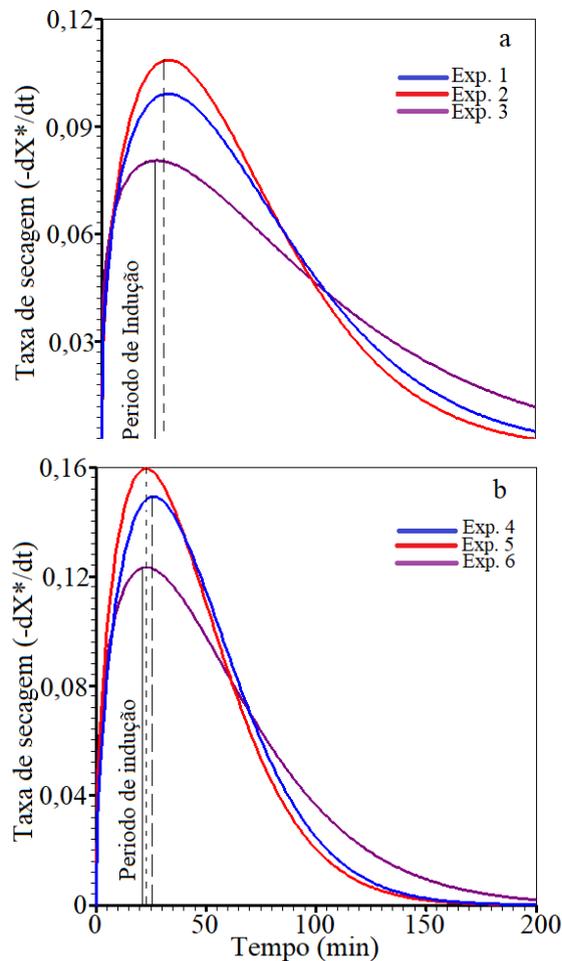


Figura 5.4 – Taxas de secagem para o modelo de Page dos experimentos, para a secagem das sementes de melão neve a 50 (a) e 70 °C (c) e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹.

5.1.1 Predição da cinética de secagem intermitente utilizando o modelo de Page modificado

Na Tabela 5.2 estão apresentados os parâmetros, coeficiente de determinação (R^2) e qui-quadrado (χ^2) resultantes do ajuste do modelo de Page na predição da cinética de secagem intermitente, para os experimentos 1 (50 °C com 10 min in e 20 min out) e 2 (50 °C com 20 min in e 40 min out). A análise da predição é exibida na tabela de três formas: a primeira presume-se que a retirada de água do produto ocorre apenas quando o mesmo

encontra-se dentro do secador, adotando valor 0 para a_3 e a_4 . A segunda foi supor que ocorre a perda de água no período de têmpera, mas de uma forma reduzida, adotando assim o valor 0 apenas para a_4 . Na terceira considera-se a perda de água tanto dentro do secador quanto na têmpera.

Entre as formas de estudo aplicadas nos experimentos 1 e 2 é possível observar que a utilização de apenas dois parâmetros, obteve-se os menores coeficientes de determinação e maiores qui-quadrados, demonstrando numericamente, quando comparando seus resultados com os testes de 3 e 4 parâmetros que durante a têmpera, ocorre a perda de água. Os valores do R^2 e χ^2 dos testes utilizando 3 e 4 parâmetros tiveram os mesmos valores. A explicação mais plausível para esse efeito é que o *Software LS Optimizer* calculado para o parâmetro a_4 out, valor 1 é o melhor para realizar a predição.

Tabela 5.2 - Resultados para a predição do modelo de Page para as curvas da cinética de secagem intermitente do experimento 1 (50 °C com 10 min in e 20 min out), e experimento 2 (50 °C com 20 min in e 40 min out).

Exp.	N° de Parâmetros	Parâmetros				R^2	χ^2	
		a1	a2	a3	a4			
1	2	P	7.11×10^{-3}	1.196	0	0	0.9926	5.09×10^{-3}
		U	4.19×10^{-3}	0.256	0	0		
	3	P	6.73×10^{-3}	1.102	1.60×10^{-3}	0	0.9965	1.89×10^{-3}
		U	3.03×10^{-3}	0.197	2.49×10^{-4}	0		
	4	P	6.73×10^{-3}	1.102	1.60×10^{-3}	1	0.9965	1.89×10^{-3}
		U	3.10×10^{-3}	0.201	2.55×10^{-4}	908		
2	2	P	6.78×10^{-3}	1.181	0	0	0.9866	1.08×10^{-2}
		U	3.56×10^{-3}	0.177	0	0		
	3	P	7.18×10^{-3}	1.094	1.54×10^{-3}	0	0.9938	4.29×10^{-3}
		U	2.74×10^{-3}	0.130	2.61×10^{-4}	0		
	4	P	7.17×10^{-3}	1.094	1.54×10^{-3}	0.8	0.9938	4.29×10^{-3}
		U	2.80×10^{-3}	0.133	2.67×10^{-4}	1429		

P – Parameter; U – Uncertainty.

Nas Figuras 5.5 e 5.6 é mostrado os pontos experimentais e a predição das curvas da cinética de secagem da semente de melão neve dos experimentos 1 (50 °C com 10 min in e 20 min out) e 2 (50 °C com 20 min in e 40 min out), utilizando 2, 3 e 4 parâmetros no modelo de Page adaptado por Silva et al. (2019a). Observando os resultados da Tabela 5.2 e reforçados pelas Figuras 5.5 e 5.6 para os experimentos 1 e 2, pode-se afirmar que a predição obteve bons resultados com R^2 em suma maioria maiores que 0,99 e χ^2 na razão de $\times 10^{-3}$, sendo a utilização de 3 e 4 parâmetros a que obteve maiores coeficientes de determinação e menores qui-quadrados.

Silva et al. (2022) ao estudarem a cinética de secagem intermitente e contínua da semente de melão neve na temperatura de 60 °C em um secador de sementes convectivo estacionário, realizaram a predição da curva intermitente completa utilizando o *software LS Optimizer* e o mesmo modelo de Page modificado, mas apenas 2 e 3 parâmetros, observando qui-quadrado de $1,93 \times 10^{-2}$ e $1,26 \times 10^{-2}$ para a razão de 10 min in e 20 min out, e $1,53 \times 10^{-2}$ e $7,01 \times 10^{-3}$ para 20 min in e 40 min out. Resultados satisfatórios também foram encontrados por Silva et al. (2017) que efetuaram o estudo da cinética de secagem intermitente da banana na temperatura de 70 °C e velocidade do ar de $0,55 \text{ m s}^{-1}$, para a predição da intermitência utilizaram um programa de otimização desenvolvido pelos mesmos, obtendo valores de R^2 maiores que 0,999 e χ^2 valores de $1,27 \times 10^{-3}$, $2,04 \times 10^{-3}$ e $2,71 \times 10^{-3}$ para os intervalos de têmpera de 30, 60 e 120 min, respectivamente.

Alguns estudos estimam que o coeficiente de transferência de massa convectiva durante a têmpera pode ser considerado como zero, o que implica que não ocorre o fenômeno da secagem durante esse estágio, permitindo que o processo intermitente seja totalmente modelado ou previsto. Sendo que, como é mostrado nas Figuras 5.5 e 5.6, nota-se que durante a têmpera ocorre uma pequena queda nessa parte da curva, marcando assim a perda de água. Por esse motivo a utilização do terceiro e quarto parâmetro neste trabalho se destacou na predição. Alguns estudos encontrados na literatura ajudam a confirmar esse fato, como é o caso de Zhu et al. (2016) estudando a eficácia da secagem intermitente da soja verde, também observaram que há perda de água do produto durante o período de têmpera.

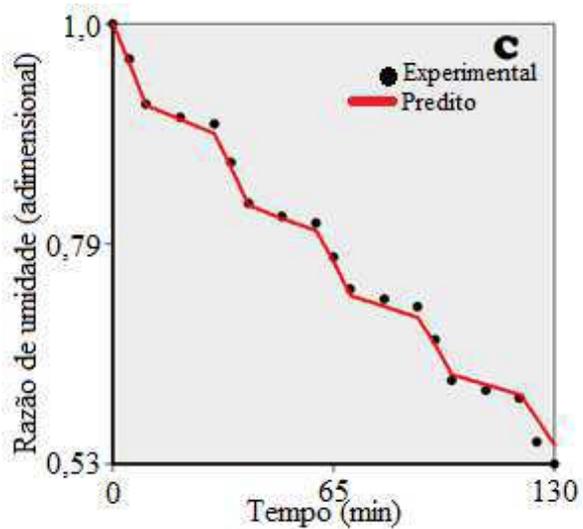
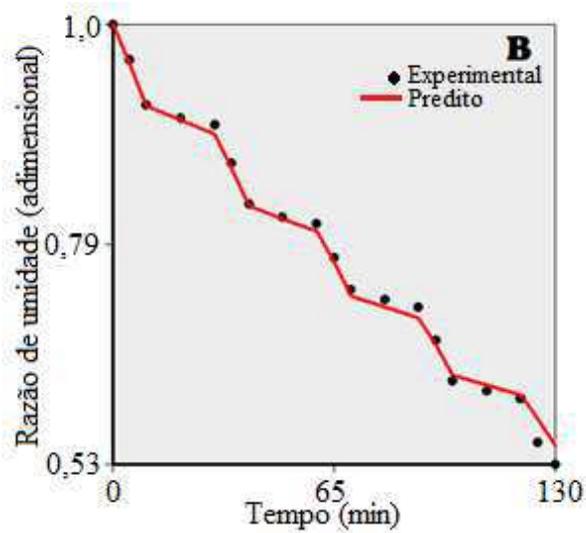
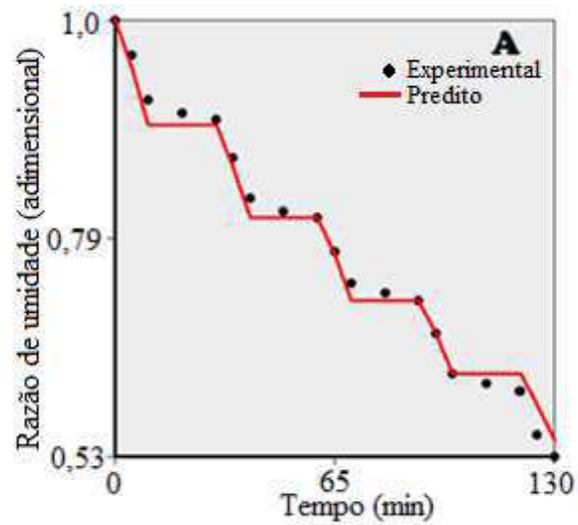


Figura 5.5 – Cinética de secagem intermitente das sementes de melão neve, experimento 1 (50 °C com 10 min in e 20 min out), previstas pelo modelo de Page, sendo com dois parâmetros (a), três parâmetros (b) e quatro parâmetros (c).

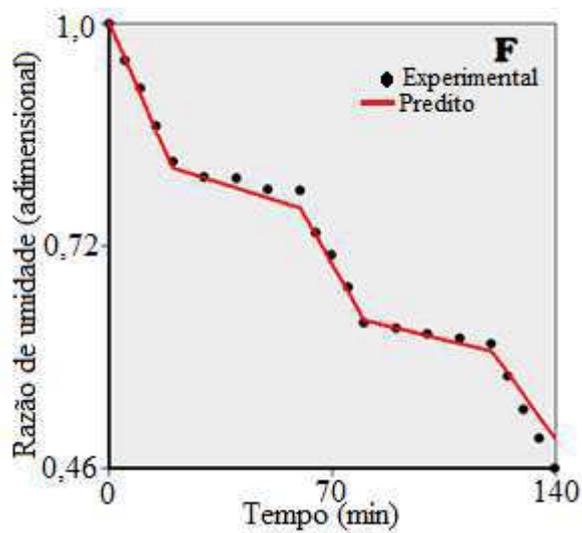
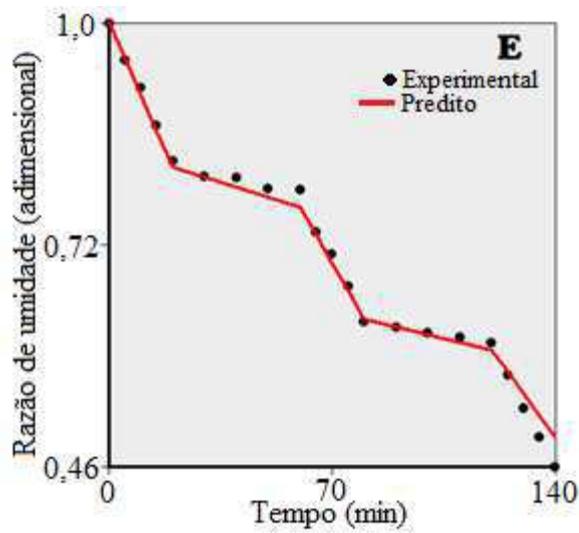
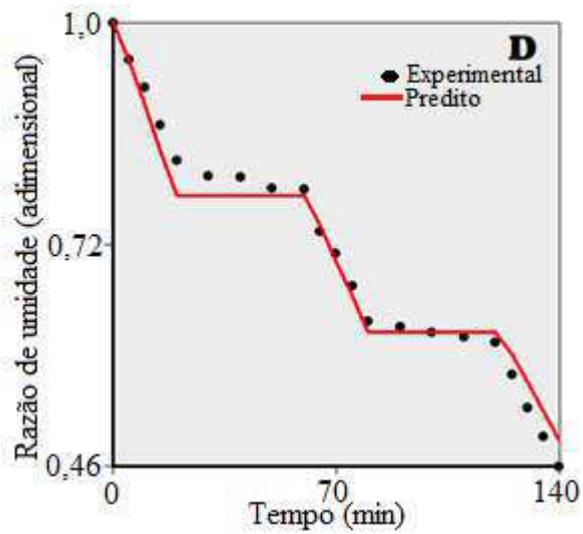


Figura 5.6 – Cinética de secagem intermitente das sementes de melão neve, experimento 2 (50 °C com 20 min in e 40 min out), previstas pelo modelo de Page, sendo com dois parâmetros (d), três parâmetros (e) e quatro parâmetros (f).

Na Tabela 5.3 estão apresentados os parâmetros, coeficiente de determinação (R^2) e qui-quadrado (χ^2) resultantes do ajuste do modelo de Page na predição da cinética de secagem intermitente, para os experimentos 4 (70 °C com 10 min in e 20 min out) e 5 (70 °C com 20 min in e 40 min out). Da mesma forma que foi realizado os estudos dos parâmetros na predição dos experimentos 1 e 2, também foram tratados estudos semelhantes nestes casos.

Fitando a Tabela 5.3, nota-se que os valores do R^2 foram em torno de 0,98, e os valores de χ^2 estenderam-se de $1,28 \times 10^{-2}$ a $1,38 \times 10^{-2}$ na intermitência 10 min in 20 min out e $2,68 \times 10^{-2}$ a $2,97 \times 10^{-2}$ na intermitência 20 min in e 40 min out, na utilização de 2, 3 e 4 parâmetros. Assim como na temperatura de 50 °C, para 70 °C foi observado o mesmo fenômeno: perda de água durante o período de têmpera, com isso a utilização de 3 e 4 parâmetros foi a que obteve melhores resultados.

Dai et al. (2019) ao realizarem o estudo da modelagem matemática da cinética de secagem intermitente de pequenas fatias de maçã com espessura de (3 e 5 mm), utilizando diferentes potências (2,2, 3,5, 4,8 e 6,1 W/g) e tempo de aquecimento em cada ciclo (4, 5, 6 e 7 s) nas ondas de micro-ondas, não conseguiram reproduzir a curva incluindo o tempo de têmpera, apenas o tempo efetivo utilizando o modelo de distribuição de Weibull; Silva, V. et al. (2014), realizando a cinética intermitente de secagem da pêra utilizando as temperaturas de 30 e 40 °C, empregaram as soluções das equações de difusão de Fick para modelar o procedimento intermitente, apesar de que no referido trabalho esses autores não evidenciem claramente os desvios estatísticos do seu estudo; Putranto et al. (2011) realizaram a modelagem matemática da secagem convectiva contínua e intermitente de arroz e café utilizando a Abordagem de Engenharia de Reação (REA), produzindo dois experimentos intermitentes, em que na predição da curva da cinética de secagem integral obtiveram valores de R^2 de 0,99 para ambos os produtos.

Nas Figuras 5.7 e 5.8 é apresentado os gráficos da cinética de secagem das sementes de melão neve na temperatura do ar de secagem a 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m/s, do experimentos 4 e 5, com previsão do modelo proposto com dois, três e quatro parâmetros. Gráficos esses fornecidos pelo *Software LS Optimizer*.

Pode-se verificar ainda que em ambos os experimentos ocorre a perda de água durante a têmpera quando são observados os pontos experimentais, sendo mais nítido no experimento 5 devido a seu maior tempo fora do secador. No caso da predição, é possível

notar que a curva consegue simular consideravelmente bem o comportamento da cinética de secagem da semente.

Bissaro et al. (2022) modelaram a cinética de secagem de soja sob operação intermitente em camada fina, realizando a predição da curva, para isso apresentaram um modelo matemático que descreve a cinética de secagem da soja em operação intermitente em camada fina, para isso consideraram a não perda de água durante a têmpera um método de primeira ordem de Runge-Kutta para resolver o modelo proposto; Cavalcanti-Mata et al. (2020) desconsideraram os fenômenos na têmpera ao estudar os modelos tradicionais para a cinética de secagem em camada fina do grão-de-bico. No entanto, os tratamentos mostram que ocorre uma pequena perda de água nesse período, o que pode ser observado, como no presente trabalho.

Tabela 5.3 - Resultados para a predição da curva da cinética de secagem intermitente do experimento 4 (70 °C com 10 min in e 20 min out), e experimento 5 (70 °C com 20 min in e 40 min out).

Exp.	N° de parâmetros.	Parâmetros				R ²	X ²	
		a1	a2	a3	a4			
4	2	P	5.90x10 ⁻³	1.3416		0.9813	1.37x10 ⁻²	
		U	5.87 x10 ⁻³	0.4326				
	3	P	5.47 x10 ⁻³	1.3169	2.59x10 ⁻³	0.9897	1.27x10 ⁻²	
		U	5.99 x10 ⁻³	0.4771	7.05x10 ⁻⁴			
	4	C	5.47 x10 ⁻³	1.3169	2.59x10 ⁻³	1	0.9897	1.27x10 ⁻²
		U	6.12 x10 ⁻³	0.4874	7.20x10 ⁻⁴	2356		
5	2	C	7.02 x10 ⁻³	1.2982		0.9831	2.98x10 ⁻²	
		U	5.20 x10 ⁻³	0.2504				
	3	C	7.32 x10 ⁻³	1.2492	2.80x10 ⁻³	0.9894	2.68x10 ⁻²	
		U	5.60x10 ⁻³	0.2610	7.90x10 ⁻⁴			
	4	C	7.32x10 ⁻³	1.2492	2.80x10 ⁻³	0.8	0.9894	2.68x10 ⁻²
		U	5.73x10 ⁻³	0.2671	8.09x10 ⁻⁴	3575		

P – Parâmetros; U – Incerteza.

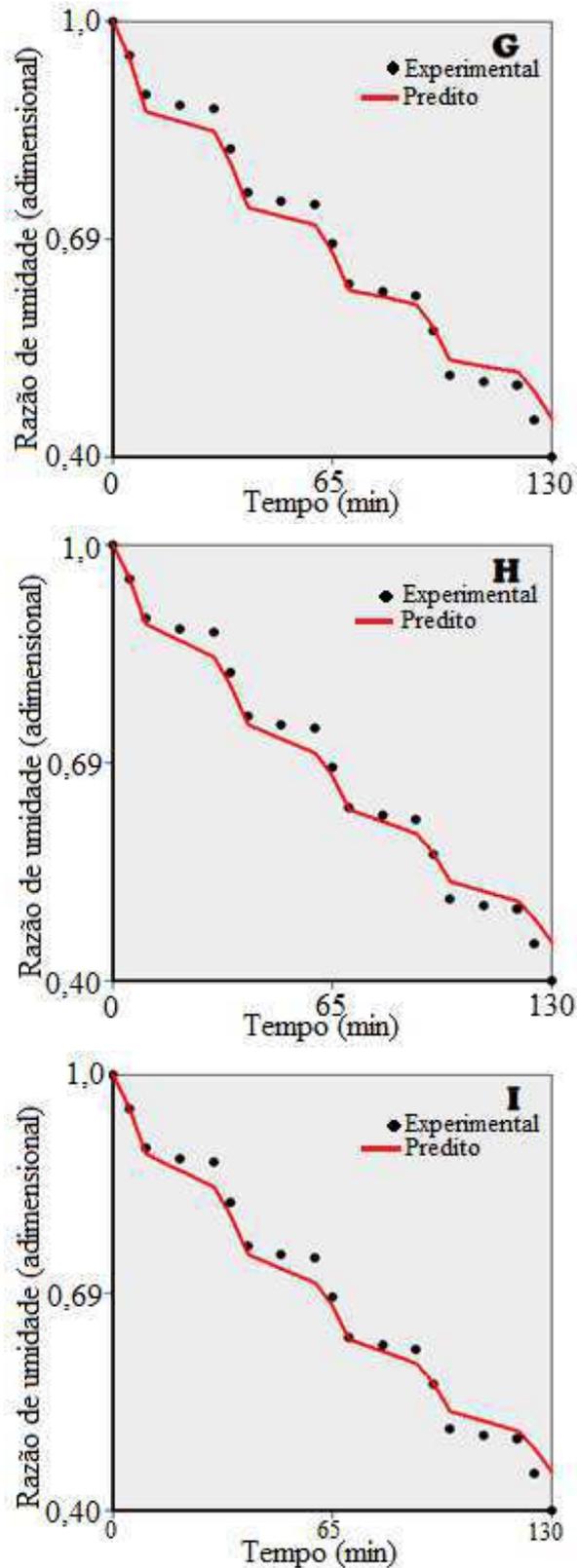


Figura 5.7 – Cinética de secagem intermitente das sementes de melão neve, experimento 4 (70 °C com 20 min in e 40 min out), preditas pelo modelo de Page, sendo com dois parâmetros (G), três parâmetros (H) e quatro parâmetros (I).

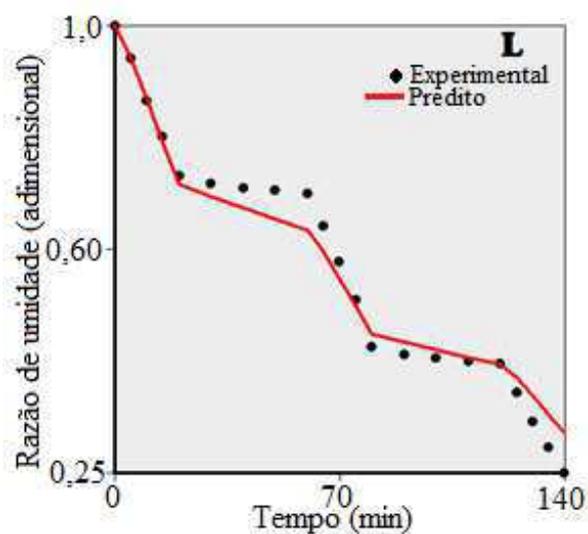
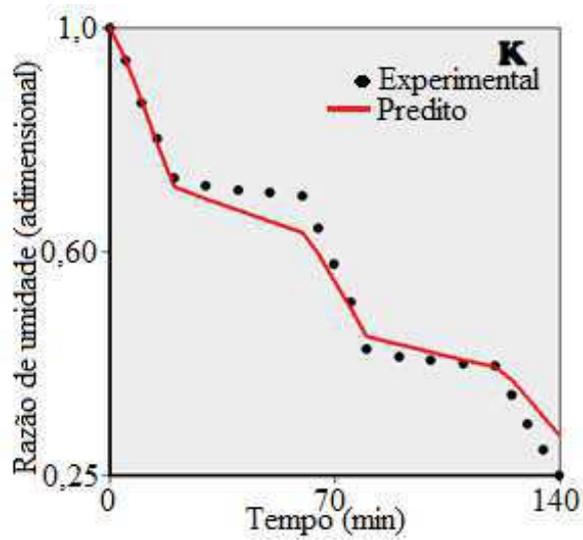
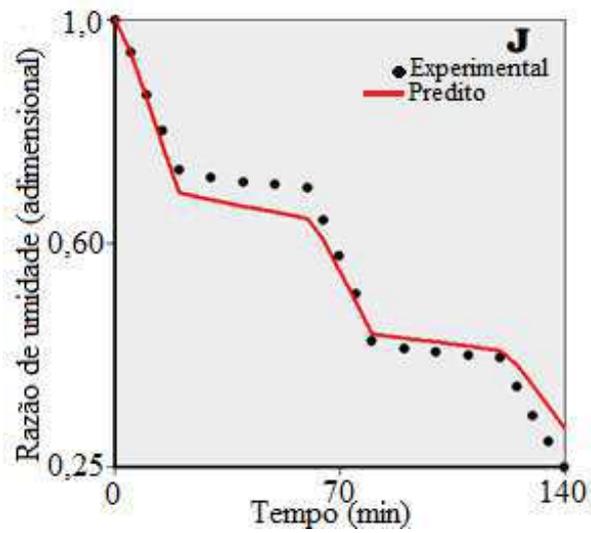


Figura 5.8 – Cinética de secagem intermitente das sementes de melão neve, experimento 5 (70 °C com 20 min in e 40 min out), preditas pelo modelo de Page, sendo com dois parâmetros (J), três parâmetros (K) e quatro parâmetros (L).

5.1.2 Solução analítica com condição de contorno do primeiro e terceiro tipo para difusividade efetiva da água

Na Tabela 5.4 estão apresentados os valores da difusividade efetiva da água durante a secagem da semente de melão neve, utilizando o tempo efetivo para as secagens intermitentes. Os dados foram obtidos após a utilização dos *softwares Prescribed e Convective* otimizando os processos difusivos com condição de contorno do primeiro e terceiro tipo.

Para o *Prescribed* foi considerado o número de Biot como infinito, o *software* não apresentou bons resultados determinando coeficientes de determinação (R^2) menores que 0,98 e qui-quadrado (χ^2) com valores superiores ao do *Convective*. Tendo em vista que a condição de contorno do primeiro tipo é apenas uma aproximação considerável que simplifica a descrição do processo, para a secagem da semente de melão neve em estufa com circulação de ar o *software Convective* é o mais recomendado para descrever a sua difusividade efetiva da água. Segundo Silva et al. (2009), a análise realizada pelo *Convective* utiliza algoritmos proposto para a determinação da Def e h (coeficiente de transferência de massa convectiva), podendo ser aplicado para obter resultados mais precisos e fisicamente consistentes para esses parâmetros.

Observando a Tabela 5.4 é possível constatar que com a elevação da temperatura ocorreu o aumento da difusividade da água na semente, resultado já esperado devido à resposta do comportamento da água de acordo com a quantidade de energia fornecida para realizar a secagem do produto. Também é possível verificar que os experimentos intermitentes assim como o verificado nas curvas da cinética de secagem, demonstraram valores de Def maiores que os experimentos realizados com secagem contínua, mostrando uma maior velocidade na retirada de água do produto. Outros autores compartilharam do mesmo fenômeno em relação ao aumento da difusividade de acordo com a temperatura em seus estudos: Lima et al. (2021) realizando a cinética de secagem e estudo da difusividade efetiva utilizando a equação de Arrhenius na semente do abiu (*Pouteria caimito*) nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, observaram difusividade de 7,83, 8,56 e $13,25 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para as respectivas temperaturas. Avila et al. (2019) avaliando modelos para previsão da difusividade efetiva da soja, utilizaram a correlação proposta por Dotto

et al. (2018) sendo a que apresentou menor erro médio (0,048%) para os dados médios e apresentando Def de $9 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para 63 °C, $8 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para 53 °C e $3,5 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para 33 °C.

Tabela 5.4 – Valores obtidos pelos *softwares Prescribed e Convective* a partir da cinética de secagem da semente do melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a $0,8 \text{ m s}^{-1}$.

	Exp	T (°C)	Def (m^2/s)	h (m/s)	Biot	R ²	χ^2
<i>Prescribed</i>	1		$5,15 \times 10^{-11}$	-	-	0,9686	0,3737
	2	50	$5,12 \times 10^{-11}$	-	-	0,9647	0,3500
	3		$3,51 \times 10^{-11}$	-	-	0,9779	0,2262
	4		$7,41 \times 10^{-11}$	-	-	0,9575	0,3604
	5	70	$7,78 \times 10^{-11}$	-	-	0,9589	0,2717
	6		$5,67 \times 10^{-11}$	-	-	0,9690	0,2314
<i>Convective</i>	1		$1,10 \times 10^{-07}$	$1,24 \times 10^{-05}$	$1,50 \times 10^{-03}$	0,9851	$9,25 \times 10^{-02}$
	2	50	$1,14 \times 10^{-07}$	$1,28 \times 10^{-05}$	$1,50 \times 10^{-03}$	0,9855	$9,90 \times 10^{-02}$
	3		$8,28 \times 10^{-08}$	$9,32 \times 10^{-06}$	$1,50 \times 10^{-03}$	0,9950	$2,74 \times 10^{-02}$
	4		$1,58 \times 10^{-07}$	$1,78 \times 10^{-05}$	$1,50 \times 10^{-03}$	0,9823	0,12630
	5	70	$1,70 \times 10^{-07}$	$1,91 \times 10^{-05}$	$1,50 \times 10^{-03}$	0,9855	$8,24 \times 10^{-02}$
	6		$1,29 \times 10^{-07}$	$1,45 \times 10^{-05}$	$1,50 \times 10^{-03}$	0,9915	$4,72 \times 10^{-02}$

Def – Difusividade efetiva; h - Coeficiente de transferência de massa convectiva; Biot – Número de Biot para transferência de massa; Experimentos – 1 e 4 (Intermitente in = 10 min out = 20 min), 2 e 5 (Intermitente in = 20 min out = 40 min) e 3 e 6 (contínua).

5.2 Caracterização físico-química e propriedades tecnológicas das farinhas, obtidas através das secagens das sementes de melão neve

Estão apresentados na Tabela 5.5 os valores médios obtidos através das análises físico-químicas realizadas nas farinhas de todos os experimentos realizados, sendo comparado diferentes métodos na mesma temperatura e o mesmo método com temperaturas diferentes.

Tabela 5.5 – Valores médios e desvio padrão da caracterização físico-química das farinhas obtidas através das secagens das sementes de melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹.

Parâmetros	Experimentos			
	50 °C		70 °C	
Teor de água(% b.s.)	1	6,01aA±0,63	4	3,82bA±0,35
	2	5,35aAB±0,23	5	2,75bB±0,45
	3	4,93aB±0,04	6	2,04bB±0,16
Atividade de água (-)	1	0,529 aA±0,25	4	0,282 bA±0,02
	2	0,389 aB±0,02	5	0,199 bA±0,03
	3	0,366 aB±0,003	6	0,181 bA±0,01
Cinzas (%)	1	1,19bB±0,008	4	1,31aA±0,02
	2	1,23bAB±0,01	5	1,32aA±0,04
	3	1,26bA±0,06	6	1,32aA±0,02
ATT(% , ácido cítrico)	1	0,63bA±0,02	4	0,69aA±0,01
	2	0,65bA±0,02	5	0,70aA±0,02
	3	0,66bA±0,02	6	0,70aA±0,02
pH	1	6,60aA±0,06	4	6,53aA±0,10
	2	6,56aA±0,11	5	6,55aA±0,03
	3	6,57aA±0,15	6	6,51aA±0,04
Proteínas (%)	1	49,41aA±0,46	4	38,33bA±0,30
	2	45,28aB±0,68	5	36,10bB±0,54
	3	43,37aC±0,31	6	35,25bB±1,04
Lipídeos (%)	1	34,10aA±2,34	4	31,73aB±1,73
	2	32,73aA±2,21	5	31,26aB±1,05
	3	33,28bA±1,26	6	36,97aA±1,01
Carboidratos (%)	1	7,95bB±6,23	4	24,81aB±1,82
	2	15,42bA±2,47	5	28,52aA±0,79
	3	17,16bA±1,44	6	24,37aB±1,0

Experimentos – 1 e 4 (Intermitente in = 10 min out = 20 min), 2 e 5 (Intermitente in = 20 min out = 40 min) e 3 e 6 (contínua). As médias seguidas pela mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si. Foi-se aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se que os valores da umidade demonstraram diferença estatística nos experimentos intermitentes com 10 min in 20 min out, ficando com valores levemente superiores as demais trabalhando na mesma faixa de temperatura, já entre as temperaturas, devido a diferença de 20 °C os experimentos de 4 a 6 retiraram a maior quantidade de água livre do produto, proporcionando menores valores para o teor de água. Embora as farinhas de 50 °C tenham apresentado teor de água mais elevado, a legislação brasileira determina que o teor máximo de água é de 15,00% (g/100 g) para farinhas, amido de cereais e farelos (Brasil, 2005b), indicando que as farinhas obtidas em todos os experimentos se apresentaram dentro da legislação. Leite et al. (2022) analisando a

modelagem matemática e propriedades termodinâmicas na secagem de sementes de melancia africana (*in natura*), apresentaram teor de água de 54,15%; ao realizar a secagem nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C obtiveram valores de teor de água na faixa de 4,37, 3,42, 1,58, 0,81%, respectivamente, demonstrando assim que quanto maior a energia fornecida ao produto, maior a quantidade de água retirada.

Seguindo o teor de água, a atividade de água (a_w) que representa a medida da água disponível no alimento que está sujeita as reações químicas e biológicas, obteve valores menores para os experimentos da temperatura de 70 °C, já que está ligada diretamente com a quantidade de água disponível no produto. O experimento 1 foi o único que demonstrou diferença estatística quando observado os valores na mesma temperatura. Já entre as temperaturas de 50 e 70 °C todos os experimentos diferenciaram-se entre si. Os resultados apresentados demonstram que apenas o experimento 1 obteve um valor de a_w considerado propício para ocorrência de atividade microbológica, pois segundo Liu et al. (2018), a partir de valores a cima de 0,5 de a_w é possível o metabolismo de leveduras.

Os valores obtidos para as cinzas mostraram diferença estatística em ter os experimentos 1 e 3 trabalhados na temperatura de 50 °C, já a uma temperatura de 70 °C, não foi observado diferenças entres os valores dos experimentos. Quando comparado o mesmo método com temperaturas diferentes, os valores para 50 °C foram menores, possivelmente devido às farinhas conterem uma proporção maior de água em sua massa. Cardoso et al. (2021) realizaram a produção de farinha da semente de melão amarelo por dois métodos, encontrando valores de cinzas 3,74 e 2,8% na secagem em estufa e forno, respectivamente.

Quanto a acidez total titulável, não houve diferença estatística entre os experimentos na mesma temperatura, apenas quando comparados aos resultados entre temperaturas diferentes. Com o parâmetro da acidez é possível obter informações do estado de conservação do produto, computar as substâncias ácidas existentes, significando um indicativo de qualidade, sendo que quanto menor o nível de acidez, melhor é a qualidade do produto Borém et al. (2014).

Quanto ao pH, não houve diferença estatística entre as farinhas produzidas nos experimentos, apresentando valores próximos ao neutro, sendo de 6,55 aproximadamente. Amorim et al. (2012) relataram que o nível de pH de 2,0 a 8,5 é o mais

propício para o desenvolvimento de mofos e leveduras, e observaram um percentual de 23% para a acidez e 6,22 para o pH para a farinha das sementes de abóbora; Reis et al. (2017) realizando um estudo sobre estabilidade de conservação de farinha de acerola com semente desidratada em diferentes temperaturas, encontraram valores iniciais de 3,6, 3,8 e 3,7 de ph e 6,01, 5,8 e 5,5% de acidez total titulável.

Ainda na tabela 5.5 estão apresentados os valores das proteínas, lipídios e carboidratos das farinhas de melão produzidas através de 4 experimentos intermitentes e 2 contínuos a 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹. As farinhas tiveram uma boa concentração de proteínas, variando de 49,41% para o experimento 1 a 35,25% para o experimento 6. Na temperatura de 50 °C todas as farinhas distinguiram-se estatisticamente, já a 70 °C apenas o experimento 4 obteve valor diferente estatisticamente. Em comparação às temperaturas, os valores de proteínas nas farinhas para os experimentos a 50 °C tiveram maior resultado, demonstrando que o contato com a maior temperatura, resultou na degradação da mesma. Olanipekun et al. (2015) produzindo farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris*) através de fervura e torragem e estudando a caracterização dos nutrientes, observaram valores de 24,04, 25,24 e 20,92% de proteínas para a farinha do feijão fervido, assado e cru, respectivamente.

Os lipídios das farinhas não demonstraram grande diferença em seus valores, sendo que na temperatura de 50 °C os valores foram próximos ao ponto de não variarem estatisticamente, e na temperatura de 70 °C apenas o experimento 6 variou das demais, apresentando valor de 36,97% sendo o maior entre as farinhas. Os lipídios das farinhas intermitentes não diferenciaram entre si, apenas as contínuas (experimento 3 e 6), devido aos valores observados para os lipídeos; nota-se que o nível da temperatura não influenciou na degradação desse parâmetro.

Em relação aos resultados dos carboidratos que de acordo com a metodologia adotada é obtida pela diferença entre 100 e a soma do teor de água, cinzas, proteínas e lipídios, verificou-se que as farinhas produzidas através da temperatura de 50 °C mostraram os menores valores, apresentando diferença estatística com os valores das farinhas produzidas a 70 °C. Vieira et al. (2021) produziram farinhas de semente de abóbora por dois métodos, micro-ondas e por estufa com o objetivo de comparar os resultados de caracterização, em que observaram resultados de 5,22 e 4,95% para proteínas, 36,96 e 36,32% para lipídios e 49,24 e 49,15% para os carboidratos, para o método de micro-

ondas e estufa, respectivamente. Fagundes et al. (2019) tiveram como objetivo avaliar a qualidade biológica da farinha da semente do pequi desengordurada e suplementada com lisina, na caracterização da farinha, observaram valores de 40,4% para proteínas, 7,2% para lipídeos e 27,1% para carboidratos.

Na Tabela 5.6 verifica-se os valores médios obtidos através das análises das propriedades tecnológicas executadas nas farinhas de todos os experimentos realizados, sendo comparados diferentes métodos na mesma temperatura e o mesmo método com temperaturas diferentes.

Com relação a densidade aparente, observa-se que na temperatura de 50 °C o experimento 1 não diferenciou estatisticamente dos experimentos 2 e 3; no entanto os experimentos 2 e 3 diferenciaram entre si; enquanto na temperatura de 70 °C não foi observado diferença entre os experimentos 4, 5 e 6. Em observância da diferença entre temperaturas apenas os experimentos 2 e 5 obtiveram valores próximos. A densidade compactada apresentou valores mais altos em relação à aparente devido a ter uma porosidade mínima, conseqüentemente cabendo mais produto no mesmo volume estudado. Não foi observado diferença estatística entre os experimentos na mesma temperatura, e apenas os experimentos 2 e 5 distinguiram-se. Já a densidade real que levou em consideração o preenchimento dos espaços vazios entre os grãos das farinhas, foi observado valores próximos aos da compactada, mostrando que a mesma quando compactada tem uma boa redução da porosidade. Silva et al. (2018) estudando a aplicabilidade da farinha da casca de banana, observaram o mesmo fenômeno no comportamento das densidades, encontrando valores de 0,38, 0,46 e 0,41 g cm⁻³ para aparente, compactada e real, respectivamente.

As farinhas mostraram uma alta coesividade, como verificado nos valores relacionado ao Fator de Hausner entre 1,32 a 1,36, pois de acordo com a classificação de Villanova et al. (2012), valores para Fator de Hausner menores que 1,25 determinaram que farinhas podem ser facilmente escoadas, o que contribui para o acondicionamento do produto. Aulton (2005) descreveu os padrões de referência para o Fator de Hausner como: menores que 1,25, indicando bom fluxo; valores maiores que 1,5 indicam fluxo ruim; valores entre 1,25 e 1,5 exigem a adição de lubrificantes para melhorar o escoamento.

A porosidade das farinhas dos experimentos não diferenciou estatisticamente entre si, tanto em relação à temperatura quanto aos métodos na mesma temperatura, demonstrando que a diferença de 4% de umidade entre o experimento 1 e 6 não foi o bastante para alterar essa propriedade. Drakos et al. (2018) relataram que a porosidade de um material está diretamente relacionada à sua capacidade de absorver água, pois com o aumento da porosidade haverá uma maior entrada da água nos espaços vazios.

Ao observar os valores da Tabela 5.6 em relação à molhabilidade, apenas o experimento 1 demonstrou resultados diferentes estatisticamente dos demais, apresentando o menor valor. Forny et al. (2011) afirmam que a molhabilidade é um ensaio que proporciona o tempo necessário para que o produto absorva o líquido. Santos et al. (2018) estudando a farinha da amêndoa da manga, encontraram valor de $0,216 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$, já Silva, T. et al. (2019) realizaram a análise de molhabilidade durante o armazenamento da farinha integral e parcialmente desengordurada de baru em embalagens de polipropileno biorientado, encontrando números para a farinha integral de 0,38, 0,5 e $0,62 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$, e para a farinha desengordurada 0,05, 0,2 e $0,35 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ para os tempos de armazenamento de 0, 45 e 90 dias.

Pode-se dizer que a solubilidade é uma das propriedades mais críticas a se analisar, por afetar outras propriedades como a emulsificação, formação de espuma e de gelificação (KINSELLA, 1976).

As solubilidades das farinhas não variaram ao ponto de diferenciarem estatisticamente entre os experimentos na mesma faixa de temperatura, mas comparando o parâmetro em relação as diferentes temperaturas, todos os experimentos realizados a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ diferenciaram-se dos de $70 \text{ }^\circ\text{C}$, variando em uma faixa de valores entre 11,41% a 17,64%, sendo os maiores valores apresentados para a maior temperatura. Segundo Ghavidel e Prakash (2006), a solubilidade é um parâmetro tecnológico diretamente ligado ao pH do produto, entre outros fatores. Ferreira C. et al. (2020) estudando o efeito da farinha mista de subprodutos vegetais em pães tipo forma, caracterizaram três tipos de farinhas encontrando valores de solubilidade de 8,78% para a farinha da semente de abóbora, 19,41% para farinha do talo de brócolis e 14,23% para farinha da casca da batata doce. Já Morais et al. (2019) realizaram a caracterização química, física e tecnológica da farinha obtida a partir da casca de Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.), determinaram o valor de 16,88% para a sua solubilidade em água.

Tabela 5.6 – Valores médios e desvio padrão das propriedades tecnológicas das farinhas obtidas através das secagens das sementes de melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹.

Parâmetros	Experimentos			
	50 °C		70 °C	
Densidade aparente (g cm ⁻³)	1	0,3715bAB±0,001	4	0,3907aA±0,004
	2	0,3819aA±0,006	5	0,3840aA±0,007
	3	0,3597bB±0,006	6	0,3892aA±0,005
Densidade compactada (g cm ⁻³)	1	0,4904bA±0,001	4	0,5209aA±0,005
	2	0,5041aA±0,007	5	0,5120aA±0,01
	3	0,4892bA±0,009	6	0,5190aA±0,007
Densidade real (g cm ⁻³)	1	0,4833bB±0,01	4	0,5067aA±0,01
	2	0,5167aA±0,01	5	0,5033aA±0,01
	3	0,4700bB±0,02	6	0,5133aA±0,01
Fator de Hausner (-)	1	1,32bB±0,002	4	1,34aA±0,005
	2	1,32aB±0,001	5	1,33aA±0,001
	3	1,36aA±0,002	6	1,33bA±0,001
Porosidade (%)	1	22,81aA±2,14	4	22,21aA±1,90
	2	25,75aA±0,68	5	23,18aA±2,36
	3	23,52aA±2,16	6	24,16aA±1,89
Taxa de molhabilidade (g s ⁻¹)	1	0,095bB±0,004	4	0,106aA±0,005
	2	0,103aAB±0,007	5	0,103aA±0,006
	3	0,107aA±0,007	6	0,110aA±0,007
Solubilidade (%)	1	11,41bA±1,14	4	15,67aA±1,15
	2	12,12bA±1,75	5	16,33aA±1,52
	3	12,00bA±1,01	6	17,67aA±1,52
CAA (g de água/100 g de amostra bs)	1	198,99bA±8,05	4	219,44aB±7,05
	2	186,87bA±10,67	5	238,30aA±9,96
	3	201,43bA±9,33	6	227,64aA±6,96
CAO (g de óleo/100 g de amostra bs)	1	98,86bA±9,39	4	129,75aA±10,20
	2	95,52bA±10,81	5	126,30aA±7,70
	3	93,61bA±9,60	6	123,13aA±9,55
Atividade de emulsão (%)	1	31,25aB±0,01	4	31,70 aA±1,06
	2	34,43aA±0,24	5	31,150bA±0,84
	3	33,75aA±0,01	6	31,71bA±1,86
Estabilidade de emulsão (%)	1	30,38aA±1,62	4	30,29aA±2,03
	2	30,58aA±0,63	5	31,57aA±2,08
	3	31,87aA±2,07	6	30,40aA±1,84
Rendimento (%)	1	26,98aA±4,01	4	20,53bA±5,22
	2	26,22aB±4,85	5	20,77bA±5,87
	3	25,62aB±2,54	6	20,57bA±2,30

Experimentos – 1 e 4 (Intermitente in = 10 min out = 20 min), 2 e 5 (Intermitente in = 20 min out = 40 min) e 3 e 6 (contínua). As médias seguidas pela mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si. Foi-se aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 5.6 também se encontram os valores da capacidade de absorção de água (CAA) das farinhas das sementes de melão neve obtidas através de secagens intermitentes e contínuas na temperatura de 50 e 70 °C. Observando os dados da CAA nota-se que não houve diferença entre os experimentos na mesma faixa de temperatura, embora o experimento 3 e 6 (contínuos) tenham apresentado um menor teor de água em comparação aos experimentos intermitentes.

Considerando a diferença entre os mesmos métodos nas diferentes temperaturas, como o esperado, as farinhas produzidas pela temperatura de 70 °C obtiveram valores maiores para CAA, sendo o experimento 6 o de maior valor 227,64 (g de água/100 g de amostra). Isso se deve pelo fato de apresentarem menor quantidade de água resultando em uma maior aderência das partículas de água ao produto. De acordo com Santana et al. (2020), o aumento da capacidade de absorção de água nas farinhas de sementes também pode ser atribuído à variação no teor de proteína e lipídios, bem como à mudança na qualidade dessas.

Santana et al. (2017) estudando as características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais, encontraram valor mínimo de 40 para aveia e máximo de 70 (g de água/100 g de amostra) para maracujá entre as farinhas estudadas; Cheng e Bhat (2016) obtiveram valores de 82,28 (g de água/100 g de amostra) na capacidade de absorção de água da farinha de trigo e 288,28 (g de água/100 g de amostra) para farinha de semente de jering (*Pithecellobium jiringa* Jack). A absorção e a retenção de água através das proteínas realizam um dever significativo nas características da textura de diversos alimentos, como em produtos derivados de carne e tipos de panificação, os quais promovem atributos adequadas de consistência, viscosidade e adesão (CHEFTEL 1986). Essa descrição induz que as farinhas das sementes de melão neve poderiam ser empregadas em elaborações de produtos cárneos, como salsichas e empanados, assim como produtos de panificação.

Seguido do CAA (Capacidade de Absorção de Água) está o CAO (Capacidade de Absorção de Óleo), sendo possível observar o mesmo comportamento, não tendo diferença estatística entre os experimentos na mesma temperatura, mas diferenciando quando comparado o mesmo método a diferentes temperaturas com valores superiores para a temperatura de 70 °C. Embora não tenha tido diferença expressiva, nota-se que os experimentos 1 e 4 (10 min in 20 min out) tenderam a apresentar valores maiores. Um produto que tem uma boa capacidade de absorção de óleo indica que a farinha pode ser

útil na formulação de alimentos, pois é observado que o óleo atua como conservador de sabor e aumenta a sensação na boca (LEITE et al. 2018).

Falade e Christopher (2015) estudando farinhas de diferentes cultivares de arroz da Nigéria, encontraram valores variando de 59,97 a 72,98 (g de óleo/100 g de amostra); Cheng e Bhat (2016) obtiveram 147,39 e 163,02 (g de óleo/100 g de amostra) de CAO para as farinhas de trigo e de semente de jering (*Pithecellobium jiringa* Jack), os quais descreveram que a farinha de semente de jering possui um grande potencial para ser aplicada em produtos alimentares diretamente para os tipos de pães e produtos cárneos. A capacidade de absorção de água e óleo são parâmetros importantes que afetam a textura, paladar e consistência de produtos alimentares e segundo Souza et al. (2020), conhecer essas propriedades é de grande importância, quando se tem por objetivo a produção de produtos alimentícios, sendo os altos valores de CAA e CAO os mais desejáveis.

Na Tabela 5.6 estão descritos os valores médios da atividade de emulsão (AE) das farinhas das sementes de melão neve obtidas através de experimentos de secagem intermitentes e contínuos a 50 e 70 °C com velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹. Dentre os experimentos adotados na mesma temperatura, apenas o experimento 1 demonstrou diferença estatística na faixa de 50 °C, já em comparação entre os métodos utilizados em diferindo as temperaturas, os experimentos que não demonstraram diferença entre si foram os experimentos 1 e 4 (10 min in 20 min out). De modo geral as farinhas não demonstraram um alto potencial emulsificante. Sohaimy et al. (2018) estudando as características funcionais, vitaminas, conteúdo fenólico e antioxidantes da farinha de quinoa, observaram valores de 14,33, 71,36, 66,66 e 61,16% para os tempos de batimento de 0, 0,5, 5 e 10 min.

Em relação à estabilidade de emulsão (EE) os valores obtidos para a farinha de melão neve, mostraram que a espuma formada pela mesma não obteve variação considerável com o tempo em todos os experimentos, conseqüentemente não houve diferença estatística entre os experimentos realizados. Sohaimy et al. (2018) observaram os valores de 35,56, 16 e 9,63% de estabilidade para os tempos de 20, 40 e 60 min; Xiao et al. (2018) obtiveram estabilidade de emulsão para a farinha de feijão vermelho de 5,43% para a farinha do feijão não fermentado e 53,82% fermentado. Deve-se levar em consideração a dificuldade de se realizar a comparação entre os dados encontrados na

literatura, devido aos vastos métodos possíveis e falta de padronização das metodologias e das condições para a avaliação das propriedades avaliadas.

Em relação ao rendimento das farinhas, observa-se que os resultados não mostram altos níveis de produção, fiando em torno de 26% para os experimentos realizados na temperatura de 50 °C e 20% para 70 °C. Isso se deve à alta quantidade inicial de água no produto in natura que chega a ser 60% da sua massa, e o método utilizado para a produção da farinha, que após ser triturada foi mantida a um beneficiamento através de uma peneira, com o intuito de retirar a maior parte de casca, reduzindo assim a massa do produto final. Dentre os experimentos na temperatura de 50 °C, o experimento 1 obteve diferença estatística dos demais, possivelmente devido à massa de água presente ser maior que dos outros experimentos, a mesma explicação pode ser adotada quando se compara os experimentos nas diferentes temperaturas, dando diferença estatística entre todos, uma vez que a retirada da água a 70 °C foi maior. Yoganandan et al. (2021) estudando diferentes tipos de tratamentos referente a moagem do sorgo para obtenção de farinha, obtiveram resultados que variaram de 59,5 a 62,9% de rendimento, já Montenegro et al (2021) estudando o efeito do processamento por micro-ondas nas propriedades físicas, físico-químicas e reológicas do grão de trigo e sua farinha, obtiveram para os diferentes tratamentos (diferentes potencias do micro-ondas) aproximadamente 69% rendimento, não observando diferença estatística.

5.3 Compostos bioativos: clorofilas totais, carotenoides totais, antocianinas e flavonoides

Estão apresentados na Tabela 5.7 os valores médios da obtidos através das análises para clorofilas totais, carotenoides, antocianinas e flavonoides realizados nas farinhas de todos os experimentos realizados, sendo comparado diferentes métodos na mesma temperatura e o mesmo método com temperaturas diferentes.

Tabela 5.7 – Valores médios e desvio padrão das clorofilas totais, carotenoides, antocianinas e flavonoides das farinhas obtidas através das secagens das sementes de melão neve na temperatura de 50 e 70 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹.

Parâmetros	Experimentos			
	50 °C		70 °C	
Clorofilas totais (mg/100 g)	1	0,1210±0,01 aA	4	0,0477±0,006 bA
	2	0,1301±0,02 aA	5	0,0422±0,008 bA
	3	0,1039±0,002 aA	6	0,0427±0,02 bA
Carotenoides totais (mg/100 g)	1	0,2374±0,007 aA	4	0,1116±0,03 aA
	2	0,2621±0,05 aA	5	0,0861±0,01 bA
	3	0,2100±0,04 aA	6	0,079±0,008 bA
Antocianinas (mg/100 g)	1	2,53±0,1 aA	4	1,84±0,38 bA
	2	2,38±0,19 aA	5	1,57±1,23 bA
	3	2,21±0,29 aA	6	1,56±0,71 bA
Flavonoides (mg/100 g)	1	8,19±0,13 aA	4	6,90±1,24 bA
	2	8,00±0,49 aA	5	6,22±1,23 bA
	3	7,86±0,87 aA	6	5,69±1,18 bB

As médias seguidas pela mesma letra minúsculas na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores obtidos para a clorofila total, considerando as temperaturas de secagem, variaram de 0,1301 a 0,0422 mg/100 g, apresentando diferença estatística entre as médias. As clorofilas totais estão presentes em ambas as farinhas produzidas, ressaltando que as farinhas não indicam ser ricas em clorofilas. Sendo que em maior quantidade, como esperado, para a farinha seca 50 °C. Para CAO et al. (2021), a redução dos valores para a clorofila é esperado, uma vez que o processamento com exposição térmica resulta na degradação da clorofila e formação da feofitina. Para Xavier et al. (2021) a clorofila apresenta maior sensibilidade ao aquecimento, porém apresenta maior ou menor retenção de acordo a temperatura e duração do tratamento térmico.

A clorofila e os carotenoides também mostraram uma tendência de redução com o aumento da temperatura de secagem, apresentando diferença estatística em quase todos

os experimentos, exceto entre o experimento 1 e o 4. Song et al. (2018) constataram que, com o aumento térmico o valor nutricional dos carotenoides pode ser afetado, relatando ainda perda gradual dos carotenoides para o suco de milho doce com o aumento da temperatura. As concentrações de carotenoides totais nas farinhas estudadas, foram próximas às encontradas em farinha de amora-preta (0,322 mg/100 g) (Casarin et al., 2016). Os pigmentos carotenoides tem propriedades antioxidantes, amplamente utilizados na indústria de alimentos como corante em alimentos, substituindo os sintéticos (Martins et al., 2020).

As amostras desidratadas em estufa á temperatura de 70 °C apresentaram teores significativamente inferiores de antocianinas e dos flavonoides. Em relação ao processo aplicado, não houve diferenças entre os processos, apenas o experimento 6 apresentou diferença estatística. Percebe-se ainda que os flavonoides são os compostos presentes em maior quantidade nas farinhas das sementes do melão.

Ferreira, C. et al. (2020) relataram valores superiores de farinhas de semente de abóbora de antocianinas de 13,57 mg/100 g e flavonoides totais de 18,59 mg/100 g, afirmando que mesmo havendo uma grande variação na quantidade dos compostos fenólicos, as farinhas dos resíduos vegetais são potenciais fontes desses compostos promotores da saúde. Valor inferior foi relatado por Silva, L. et al. (2014) ao caracterizarem o teor de antocianinas de subprodutos do sapoti 1,07 mg/100 g e goiaba 0,90 mg/100 g e valor aproximado para os subprodutos de manga que foi de 2,29 mg/100 g. Para os mesmos autores, os subprodutos de manga apresentaram teores de antocianinas totais mais elevados ($P < 0,05$) do que os obtidos em suas polpas, fornecendo aplicações potenciais para suplementos nutracêuticos, suplementos dietéticos aditivos e/ou produtos farmacêuticos. Silva, A. et al. (2014) constataram para as farinhas dos resíduos de tangerina, graviola, goiaba e maracujá, valores de 1,51 a 5,61 mg/100 g.

Valores superiores de flavonoides foram relatados por Ferreira, C. et al. (2020) para farinhas de semente de abóbora, um teor de flavonoides totais de 18,59 mg/100 g; Parafati et al. (2020) encontraram um teor de 16,9 mg/100g de flavonoides na farinha da casca de figo da Índia (*Opuntia ficus-indica*). Gomes e Primo (2021) ao estudarem a farinha obtida do tegumento da manga espada, constataram valor de 6,281 mg/100 g de flavonoides. Freitas et al. (2014) constataram teores dos flavonoides entre 4,55 e 7,29 mg de quercetina/100 g, em resíduos desidratados de polpas de cupuaçu; e consideraram as

farinhas como fontes de flavonoides, para a complementação alimentar, sugerindo seu uso na panificação em preparações como bolos, pães, cookies, dentre outros.

Menezes Filho et al. (2019) ao caracterizarem farinhas dos frutos do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne), constataram teores de antocianinas e flavonoides de 0,03; 0,08 e 0,01 mg 100 g⁻¹ para antocianinas e de 0,21; 0,23 e 0,27 mg/100 g para os flavonoides para as farinhas da casca, arilo e semente, respectivamente. Eles afirmaram que esses valores podem ser avaliados como resíduos devido à perda considerável destes compostos durante o processo de secagem farinácea, sustentando que altas temperaturas influenciam negativamente no produto decompondo estes grupos de agentes antioxidantes.

Percebe-se que as farinhas demonstram um potencial para as indústrias, podendo ser usadas como ingredientes enriquecedores nos produtos de panificação, além de reduzir o descarte de resíduo orgânico, amenizando o impacto ambiental.

5.4 – Produção dos biscoitos tipo cookies

O experimento 2 foi o que melhor apresentou parâmetros para a farinha produzida, por isso foi selecionada para a produção dos cookies, visto que apresentou boa concentração de proteínas, baixo teor de água e aw, e economia energética na produção de 25,82%. Embora o experimento 1 tenha a maior concentração de proteínas e maior economia energética na produção, sua farinha apresentou teor de água e aw não sendo indicados para um possível armazenamento e utilização do produto, consequentemente, não foi a selecionada.

5.4.1 - Análises microbiológicas

Na Tabela 5.8 estão apresentados os valores médios das análises microbiológicas realizados nos biscoitos cookies elaborados a partir da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de melão neve. As formulações de biscoito avaliadas apresentaram tubos negativos de coliformes totais e coliformes termotolerantes, sendo expressos em <3,5 e <3 NMP/g, respectivamente. Não houve crescimento nas placas de Petri de colônias típicas de fungos e *Staphylococcus* coagulase positiva, expressos em <20 e <40 UFC/g em devida ordem. As colônias típicas de *Salmonella* sp. estavam ausentes em 25g de biscoito. Dessa forma, tomando como referência os padrões microbiológicos

estabelecidos para o biscoito sem recheio (coliformes termotolerantes até 10 NMP/g, *Staphylococcus* coagulase positiva até 5×10^2 UFC/g e ausência de *Salmonella* sp em 25g de biscoito (Brasil, 2001). Os biscoitos que posteriormente seriam servidos aos provadores na análise sensorial estavam seguros do ponto de vista microbiológico.

Realizar análises microbiológicas, identificar os perigos que os alimentos podem apresentar a saúde além de quanto que esse produto pode apresentar de vida útil, é de grande importância para averiguar as condições higiênico-sanitárias do alimento, afirmam Goyat et al. (2018). Sabe-se que o alimento é considerado seguro quando não oferece risco à saúde dos consumidores, uma vez que os mesmos são sujeitos à contaminação por vários agentes, que podem provocar diversas doenças transmitidas por micro-organismos patogênicos ou das toxinas produzidas por eles.

Tabela 5.8 - Resultados obtidos das análises microbiológicas dos biscoitos tipo cookies da farinha de melão neve obtida pelo experimento 2 (50 °C, 20 in min; 40 out min).

Formulação	Parâmetros				
	Colif. Totais 35 °C (NMP/mL)	Colif. Term. 45 °C (NMP/mL)	Staphy. c. positivo (UFC/g)	Fungos (UFC/g)	<i>Salmonella</i> sp
F0	<3,5	<3	<40	<20	Ausente
F1	<3,5	<3	<40	<20	Ausente
F2	<3,5	<3	<40	<20	Ausente
F3	<3,5	<3	<40	<20	Ausente

Onde: F0 – 0%, F1 – 15%, F2 – 30% e F3 – 45%

5.4.2 - Análise sensorial

Na Tabela 5.9 estão dispostas algumas informações sobre o perfil dos voluntários.

Tabela 5.9 – Perfil dos provadores das formulações dos biscoitos elaborados.

Variáveis	Número de provadores
Gênero	
Feminino	31
Masculino	29
Idade	
18 - 20	21
21 - 30	11
31 - 40	21
41 - 50	7
Hábito de Consumir biscoito	
Todos os dias	4
2 a 3 vezes por semana	28
1 vez por semana	22
1 vez por mês	6

Na Figura 5.9 verifica-se o resultado dos valores médios obtidos para a aparência, cor e sabor, após a análise sensorial dos biscoitos tipo cookies, elaborados parcialmente com a farinha de melão neve do experimento 2 (50 °C com 20 min in e 40 min out). A aparência dos biscoitos obteve valor médio de 6,66, 7,87, 7,33 e 7,72 para as formulações F0, F1, F2 e F3, respectivamente, sendo a elaboração F0 quem demonstrou diferença estatística de F1 e F3 apresentando o menor valor. Possivelmente os provadores tenderam a dar menor nota devido a mesma não conter a farinha de melão neve, tendo assim sua aparência diferente das outras, embora não tenha diferenciado a 5% de probabilidade com a F2. Akusu et al. (2019) estudaram diferentes métodos na produção de biscoitos produzidos a partir de mistura de farinha de trigo e gergelim, não apresentando diferença estática para as formulações em relação ao atributo aparência. A não diferenciação nesse atributo pode ser devido ao melhor controle de processamento que inclui regulação de

temperatura e tempo e eficiente transferência de calor no forno, o que ajuda a evitar diferentes reações a cada porção produzida (MOHAMMADI et al. 2022).

Os resultados atingidos para a cor de F1, F2 e F3 são reforçados diante dos números atingidos pelas médias em relação a cor, podendo ser visto na imagem 5.9B os maiores valores para as mesmas, sendo 7,65, 7,55 e 7,75, mutuamente, uma vez que os biscoitos produzidos com o acréscimo da farinha de melão neve apresentaram uma coloração mais clara, enquanto que a F0 teve sua cor influenciada apenas pelo açúcar mascavo, apresentando ser menos chamativo.

De acordo com os resultados relacionados ao sabor, observa-se na Figura 5.9C, que o biscoito da formulação F3 (45% de substituição de farinha de trigo por farinha de melão neve) foi a que obteve maiores notas, sendo sua média de 7,63, mas em relação a estatística, não foi calculado diferença entre os biscoitos F1 (7,31) e F2 (7,10). A substituição da farinha de trigo pela de melão neve proporcionou, como o esperado, um sabor diferenciado positivo para os provadores. Caso oposto ocorreu com Bello et al. (2020) ao estudarem a aceitabilidade de biscoitos produzidos com farinha de trigo, banana verde e sementes de abóbora germinada Jonathan e Abiodun (2020), analisando biscoitos de trigo e milho enriquecidos com isolado proteico da semente de noz africana (*Tetracarpidium conophorum*); Akusu et al. (2019) citado anteriormente, constataram que o sabor do biscoito produzido pelos mesmos receberam nota média inferior à formulação em comparação à testemunha, elaborada com 100% de farinha de trigo.

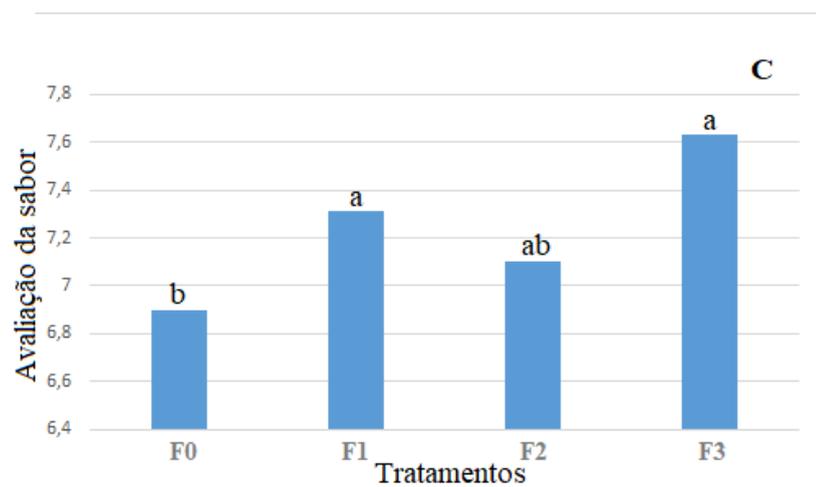
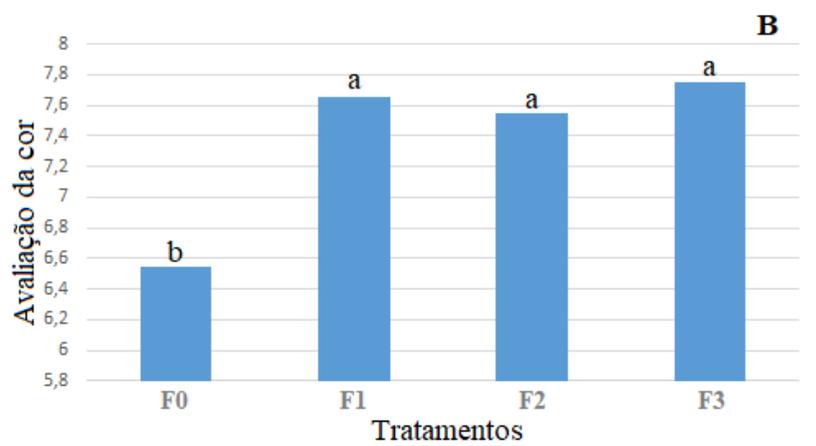
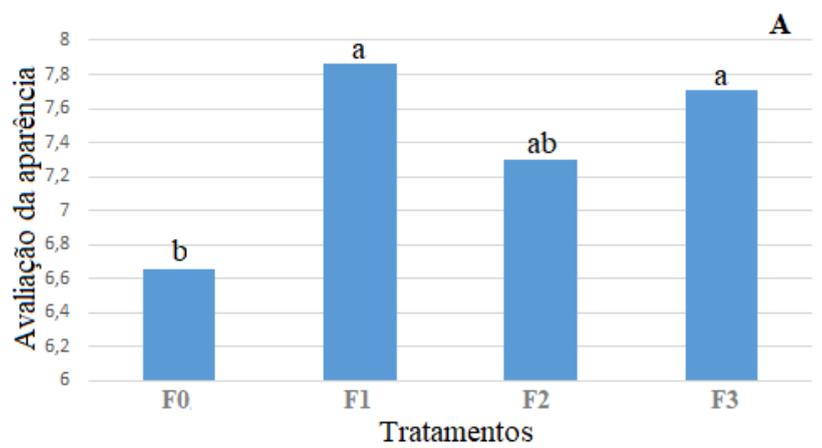


Figura 5.9 - Valores médios obtidos para a aparência (A), cor (B), e sabor (C), após a análise sensorial dos biscoitos tipo cookies, elaborados parcialmente com a farinha de melão neve.

Na Figura 5.10 está apresentado o resultado dos valores médios obtidos para a textura, impressão global e intenção de compra, após a análise sensorial dos biscoitos tipo cookies, elaborados parcialmente com a farinha de melão neve do experimento 2 (50 °C com 20 min in e 40 min out). Os valores médios obtidos para a textura foram de 6,91, 7,28, 6,98, e 7,35 para F0, F1, F2 e F3, respectivamente. Embora F3 tenha obtido a maior média segundo o teste de Tukey as médias não apresentaram diferença a 5% de probabilidade, indicando que a adição da farinha de melão neve não alterou a grandes níveis a textura em relação a receita original. Segundo Mohammadi et al. (2022) a dissemelhança entre algumas características, como a textura, é um grande desafio para a pesquisa e a produção de alimentos sem glúten, devido às propriedades inerentes que podem mudar com a retirada desse produto.

Em relação á impressão global que os voluntários tiveram dos biscoitos (Figura 5.10E), a formulação F3 foi a que obteve maior nota, sendo de 7,75, as formulações F1 e F2 obtiveram valores muito próximos, 7,49 e 7,51, respectivamente, em que segundo o resultado da estatística não diferenciaram entre si, nem do F0 e F3. Kausar et al. (2020) ao estudarem a utilização da farinha de semente de melancia como suplemento proteico na formulação de biscoitos utilizando 0, 10, 20, 30 e 40% de substituição da farinha de trigo, obtiveram como resultado a formulação T₄ (40% de farinha de semente de melancia e 60% de farinha de trigo), sendo esta a que obteve maior pontuação na opinião dos provadores.

Reforçando o resultado da impressão global, a formulação F3 foi a que obteve maior média quando se diz respeito a intenção de compra do produto, obtendo nota média de 4,18 em uma escala variando de 1 a 5, que se situam no termo hedônico provavelmente compraria, mostrando que o biscoito elaborado com a substituição de 45% da farinha de trigo por farinha de melão neve foi a mais apreciada pelos degustadores, indicando que o produto contendo a farinha da semente de melão neve teria boa aceitação no mercado. Necessitando agora de processos que possam aprimorar sua produção, fazendo com que seu grau de aceitação se torne mais elevado. Para F0, F1 e F2 os resultados foram 3,2, 3,75, e 3,73, respectivamente. Não foi observado diferença estatística entre F1 e F2, em que as duas também não demonstraram diferença com as demais. Silva J. et al. (2020) obtiveram nota média de 4,3 na escala de 1 a 5, para os cookies adicionado de farinha da semente de jaca e doce de leite vegano.

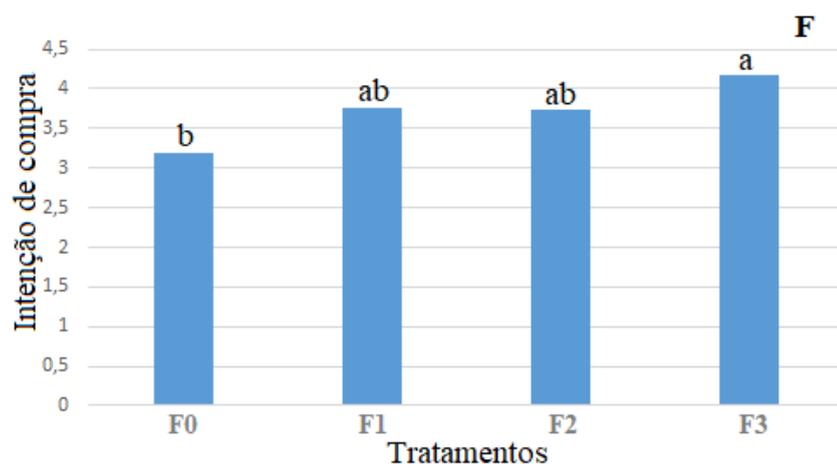
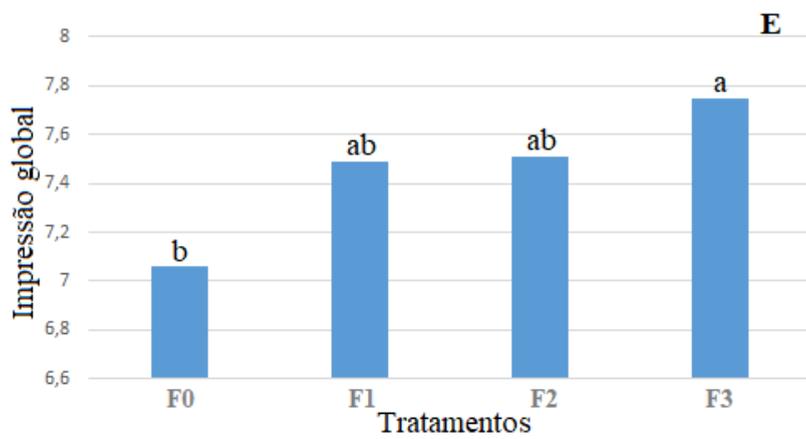
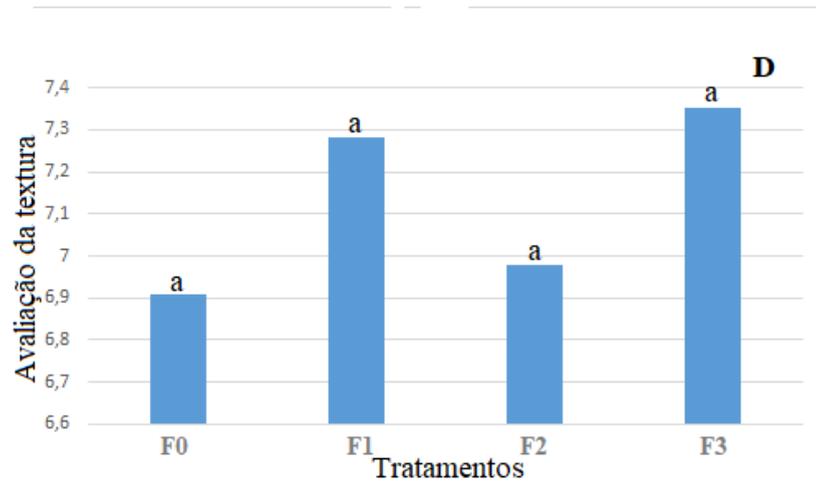


Figura 5.10 - Valores médios obtidos para a textura (D), impressão global (E), e intenção de compra (F), após a análise sensorial dos biscoitos tipo cookies, elaborados parcialmente com a farinha de melão neve

Sabe-se que após o desenvolvimento de um novo produto, é importante avaliar sua aceitação para verificar seu comportamento no mercado consumidor. Desta maneira, na Tabela 5.10 estão dispostos os resultados para o IA (Índice de Aceitabilidade) dos biscoitos elaborados neste estudo.

Tabela 5.10 – Índice de aceitabilidade dos biscoitos tipo cookies, elaborados parcialmente com a farinha de melão neve.

Atributos	F0 (%)	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)
Aparência	74,0	87,3	81,1	85,7
Cor	72,8	85,0	83,9	86,1
Sabor	76,7	81,2	78,9	84,8
Textura	76,8	80,9	77,6	81,7
Impressão global	78,4	83,2	83,4	86,1
Intenção de compra	64,0	75,0	74,6	83,6

Os biscoitos cookies elaborados com farinha de melão neve apresentaram índice de aceitabilidade acima de 72% para todos os atributos apreciados, conforme a Tabela 5.10. O biscoito controle obteve nota a baixo de 70% apenas no atributo intenção de compra. De acordo com Dutcosky (2013), a repercussão de um produto é favorável quando o índice de aceitabilidade for $\geq 70\%$. Portanto, pode-se afirmar que o biscoito com adição da farinha de semente de melão neve obteve boa aceitação pelos provadores, sendo a maior para F3, possuindo potencial para ser introduzido no mercado comercial.

5.5 - Isotermas de adsorção de umidade

Na Tabela 5.11 está contido os resultados para as isotermas nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C apresentando os valores dos coeficientes de determinação (R^2), desvios médios relativos (DRM) e os parâmetros dos modelos de GAB, Peleg, Oswin, Smith, Henderson, Sabbah, Halsey, Copace, Chung-Pfost, Sigma Copace e Page ajustados aos dados experimentais das isotermas de adsorção de umidade dos cookies elaborados a partir da farinha da semente do melão neve obtida a através do experimento 2 (intermitente 50 °C com 20 min in e 40 min out) e 3 (contínua) seca com velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹. Para ALVES et al. (2021) a seleção de diferentes modelos mostra que a diferença entre os constituintes químicos promove diferentes ajustes. Tal situação foi encontrada por Bo et al. (2017) no estudo da farinha de pistache, em que para a gordura integral, o modelo de Smith foi mais bem ajustado; entretanto, para a farinha parcial e totalmente desengordurada foi selecionado o modelo Halsey.

Observa-se que todas as equações se ajustaram aos dados experimentais das amostras, com coeficiente de determinação ($R^2 > 0,86$) e desvios relativos médios (DRM < 25%), porém para configurar como ajuste satisfatório e adequado aos dados experimentais, foram considerados os modelos com os maiores R^2 e os menores DRM. Constata-se então que o modelo de Peleg foi o que melhor se adequou aos dados experimentais das isotermas de adsorção dos cookies da farinha intermitente e contínua.

Nos ajustes com esse modelo, as constantes k_1 , n_1 , k_2 , e n_2 apresentaram comportamento indefinido, entre os cookies. Para os cookies elaborados a partir da farinha obtida por secagem contínua onde se verificou que os parâmetros k_2 , n_2 foram maiores quando comparados com os mesmos parâmetros dos cookies produzidos a partir da farinha intermitente.

Como os valores do R^2 apresentaram valores acima 0,98 para todas as temperaturas e uma boa predição para o DRM, variação menor que 10%, pode-se dizer que o modelo matemático de GAB é, também, satisfatório para ajuste dos dados experimentais.

Observa-se que o aumento da temperatura das isotermas implicou, nas amostras, comportamentos distintos de acordo com o tipo de secagem aplicada. Constata-se que para os cookies da secagem intermitente a umidade da monocamada (X_m) tendeu a diminuir com o aumento da temperatura, enquanto os cookies obtido a partir da farinha da secagem contínua não apresentou uma tendência definida. Na secagem contínua, os

cookies a 30 °C, apresentaram o maior valor para o parâmetro X_m , quando comparado a todos os experimentos. Sendo que a temperatura de 40 °C apresentou o menor valor dessa umidade (4,46%) para os cookies elaborados a partir da secagem intermitente, e para a secagem contínua (5,02%), indicando que os cookies a dada temperatura (40 °C) podem proporcionar maior estabilidade e perdas mínimas de qualidade do alimento. Padinjarakoot et al. (2020) também registraram o mesmo comportamento para os valores da umidade da monocamada (X_m), uma relação inversamente proporcional em relação à temperatura, ou seja, em temperaturas maiores os valores da monocamada sofrem redução, com variação máxima de 15% em relação as médias dos valores que se encontram na faixa de umidade de 5,5 a 4,8% (b.s.), ao avaliarem biscoitos multigrãos de alto teor calórico e em fibras. Para Wang et al. (2021) valores de umidade da camada monomolecular (X_m) entre 5,82% e 8,45%, obtidos para biscoito de trigo integral, é indicativo da estabilidade do alimento frente à maioria das transformações físicas e químicas indesejáveis. A umidade na monocamada molecular é uma água de adsorção de camada mais profunda, porém os resultados das isotermas de sorção são únicos, pois variam de acordo com a formulação, interação da água e demais componentes e as condições de processo (ALVES et al. 2021).

As isotermas dos cookies obtidos a partir da farinha intermitente e contínua foram classificados como do tipo III por apresentar os parâmetros de K e C entre $0 < K \leq 1$, $0 \leq C \leq 2$, de acordo com a classificação de Blahovec (2004). Segundo Sing et al. (1985) e Alves et al. (2021) as isotermas do Tipo III são de característica convexa, não apresentando uma inflexão, comum em isotermas sigmóides, denominada ponto B; a ausência do ponto B, são os baixos valores da constante C (<2). Tal comportamento indica que os principais constituintes do produto (solutos) apresentam pouca afinidade pelas moléculas de água, o que é perfeitamente explicável por ser o produto constituído prioritariamente por lipídios e carboidratos (PENA et al., 2010). Li et al. (2019) encontraram isotermas de adsorção de umidade do tipo III para a uva-passa Sultana. Bastioğlu et al. (2017) encontraram para isotermas de sorção de pó de azeite extra virgem microencapsulado curva tipo III, ajustadas ao modelo GAB.

Apenas a isoterma de adsorção de umidade a 40 °C dos cookies produzido pelo experimento 2, ficou enquadrado nos valores do TIPO II, $0 < K \leq 1$ e $C > 2$, de acordo com a classificação de Blahovec (2004). As isotermas do tipo II representam a curva sigmóidal que descreve a maioria dos alimentos processados, pois são típicas de materiais

de umidade intermediária (GALDEANO et al., 2018). É típica de alimentos, inclusive de produtos amiláceos (PADINJARAKOOT et al. 2020). Esse comportamento pode ser justificado pelo aumento da pressão de vapor da água no ar em equilíbrio com os cookies.

O parâmetro C do modelo de GAB é a constante relacionada com o calor de adsorção do produto (GUERRA et al., 2005). Para o estudo em questão nota-se que ao ajustar o modelo de GAB as isotermas dos cookies em diferentes temperaturas (20, 30 e 40 °C), observa-se que o parâmetro C dos cookies, das secagens intermitente e contínua, apresentaram tendência de aumento com o aumento da temperatura, indicando haver um aumento da energia livre parcial molar. Verificou-se também um aumento dos valores do parâmetro K para os cookies elaborados a partir da farinha da secagem contínua. Para Padinjarakoot et al. (2020) o parâmetro K, imita o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido. Observa-se que o parâmetro K do modelo de GAB apresentou valores variando entre 0,88 e 0,96. Rangabhashiyam et al. (2014) relataram que os valores de K geralmente variam entre 0,7 e 1 para materiais alimentícios.

O parâmetro c do modelo GAB diminui com o aumento da temperatura, indicando haver diminuição da energia livre parcial molar. O modelo de Oswin apresentou um bom ajuste com valor de R^2 maior que 97% e DRM com valor abaixo de 10, para os dados experimentais dos cookies. O parâmetro a dos cookies obtido com a farinha da secagem intermitente, apresentou redução do valor quando comparado ao outro método de secagem, podendo indicar um aumento da temperatura usada na elaboração da farinha. E o parâmetro b do referido modelo apresentou comportamento inverso.

Tabela 5.11 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios relativos médios (DRM) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água a 20, 30 e 40 °C, dos cookies elaborado a partir da farinha obtida das secagens (intermitente e contínua) das sementes de melão neve na temperatura de 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹.

Modelo	Exp.	T (°C)	Parâmetros			R ²	DRM (%)	
			Xm	C	Ka			
GAB	2	20	9,5668	0,5022	0,8811	0,9953	3,47	
		30	5,6306	1,0408	0,9614	0,9862	6,60	
		40	4,4596	2,1335	0,9895	0,9973	3,04	
	3	20	6,7081	0,8192	0,9200	0,9933	4,58	
		30	13,964	0,1931	0,9084	0,9805	8,82	
		40	5,0201	1,8277	0,9671	0,9967	3,92	
Peleg	2		k1	n1	k2	n2		
		20	46,12	5,709	5,292	0,2497	0,9962	1,77
		30	7,323	0,227	66,521	7,711	0,995	2,75
	3	40	76,730	10,654	15,982	1,366	0,9970	3,39
		20	50,779	6,700	6,4383	4,398	0,9988	1,44
		30	3,955	-0,579	72,5974	7,857	0,9966	3,02
	40	12,927	0,9975	64,654	9,043	0,9979	2,79	
Oswin	2		a		b			
		20	6,1098		0,7311	0,9875	7,10	
		30	5,8824		0,8312	0,9836	5,99	
	3	40	5,8112		0,8603	0,9971	3,74	
		20	6,3638		0,7193	0,9848	6,09	
		30	4,8587		0,9016	0,9750	9,21	
	40	6,4255		0,7783	0,9956	4,53		
Henderson	2		a		b			
		20	8,4831		1,5295	0,9948	4,41	
		30	8,4408		1,7388	0,9811	9,18	
	3	40	8,6806		1,7651	0,9873	11,67	
		20	8,4806		1,5530	0,9909	5,39	
		30	6,7901		1,9770	0,9763	9,69	
	40	9,0982		1,6434	0,9911	8,84		

Experimentos – 2 (Intermitente in = 20 min out = 40 min) e 3 (Contínua).

Tabela 5.11 (continuação) – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios relativos médios (DRM) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água a 20, 30 e 40 °C, dos cookies elaborado a partir da farinha obtida das secagens (intermitente e contínua) das sementes de melão neve na temperatura de 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹.

Modelo	Exp.	T (°C)	Parâmetros			R ²	DRM (%)
			a	b	c		
Sabbah	2	20	4,9572	3,9441	-0,7382	0,9813	10,25
		30	6,4252	4,4931	-0,6340	0,9455	17,49
		40	3,4653	4,4368	-0,7634	0,9429	24,47
	3	20	4,3463	4,2016	-0,7033	0,9665	10,82
		30	11,4964	5,5990	-0,5008	0,9554	15,43
		40	7,7631	4,3085	-0,5356	0,9488	22,21
Halsey	2	20	a	b			
		30	4,9163	-0,8107	0,9822	9,87	
		40	5,2428	1,0844	0,9815	6,28	
	3	20	4,7044	1,0393	0,9968	3,52	
		30	8,0765	1,2649	0,9797	6,51	
		40	3,8984	1,0138	0,9735	9,41	
Copace	2	20	a	b	c		
		30	-48,4461	-2,3670	-5,0142	0,9922	4,48
		40	-80,7237	-2,6386	-5,6956	0,9695	12,93
	3	20	-68,9148	-3,3695	-5,7061	0,9689	17,35
		30	-27,4709	-1,3089	-5,2450	0,9842	7,05
		40	-45,2276	-2,1331	-6,8077	0,9705	12,08
Chung-Pfost	2	20	a	b	c		
		30	-129,146	-3,1950	-5,4745	0,9738	15,30
		40	69,8609	13,8017	2,8443	0,9652	13,94
	3	20	83,8187	15,3218	4,8202	0,9041	19,16
		30	88,8788	15,4879	2,0882	0,9091	23,80
		40	75,3865	13,8272	13,4180	0,9424	14,13

Experimentos – 2 (Intermitente in = 20 min out = 40 min) e 3 (Contínua).

Tabela 5.11 (continuação) – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios relativos médios (DRM) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água a 20, 30 e 40 °C, dos cookies elaborado a partir da farinha obtida das secagens (intermitente e contínua) das sementes de melão neve na temperatura de 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹.

Modelo	Exp.	T (°C)	Parâmetros				R ²	DRM (%)
			a	b	c			
Sigma Copace	2	20	-27,2467	-1,2541	-2,2678	0,9957	2,20	
		30	-50,1663	-1,5811	-2,5643	0,9821	9,48	
		40	-53,5174	-2,5358	-2,6134	0,9832	12,26	
	3	20	-53,6581	-2,5665	-2,3430	0,9928	4,58	
		30	-11,5976	-0,3908	-2,9878	0,9794	9,71	
		40	-85,8290	-2,0832	-2,4754	0,9871	10,24	
Page	2		k1	n1	k2	n2		
		20	3,8789	2,3635	32,3464	4,4822	0,9920	4,35
		30	7,3233	0,2275	66,5217	7,7118	0,9954	2,75
	3	40	67,7809	11,6546	14,7823	1,1164	0,9950	4,39
		20	50,7791	6,7008	6,4383	0,1628	0,9989	1,44
		30	4,2554	-0,2992	73,7174	7,9874	0,9966	3,62
	40	11,257	0,9815	61,6159	9,0477	0,9949	3,73	

Experimentos – 2 (Intermitente in = 20 min out = 40 min) e 3 (Contínua).

A Figura 5.11 são apresentadas as isotermas de adsorção de umidade dos cookies elaborados a partir das farinhas das sementes do melão neve, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com o modelo de Peleg ajustado aos dados experimentais. As temperaturas utilizadas para avaliar as isotermas foram selecionadas a fim de avaliar o comportamento dos cookies em diferentes ambientes que incluem mudança de umidade relativa e temperatura, de forma a proporcionar ao experimento condições mais próximas à comercialização, em que os produtos são expostos. Nota-se que não existe faixa de diferença entre as curvas para cada temperatura. Em todas as temperaturas, verifica-se que com o aumento do teor de umidade de equilíbrio houve aumento da atividade de água, demonstrando a influência do ambiente sobre a umidade das amostras.

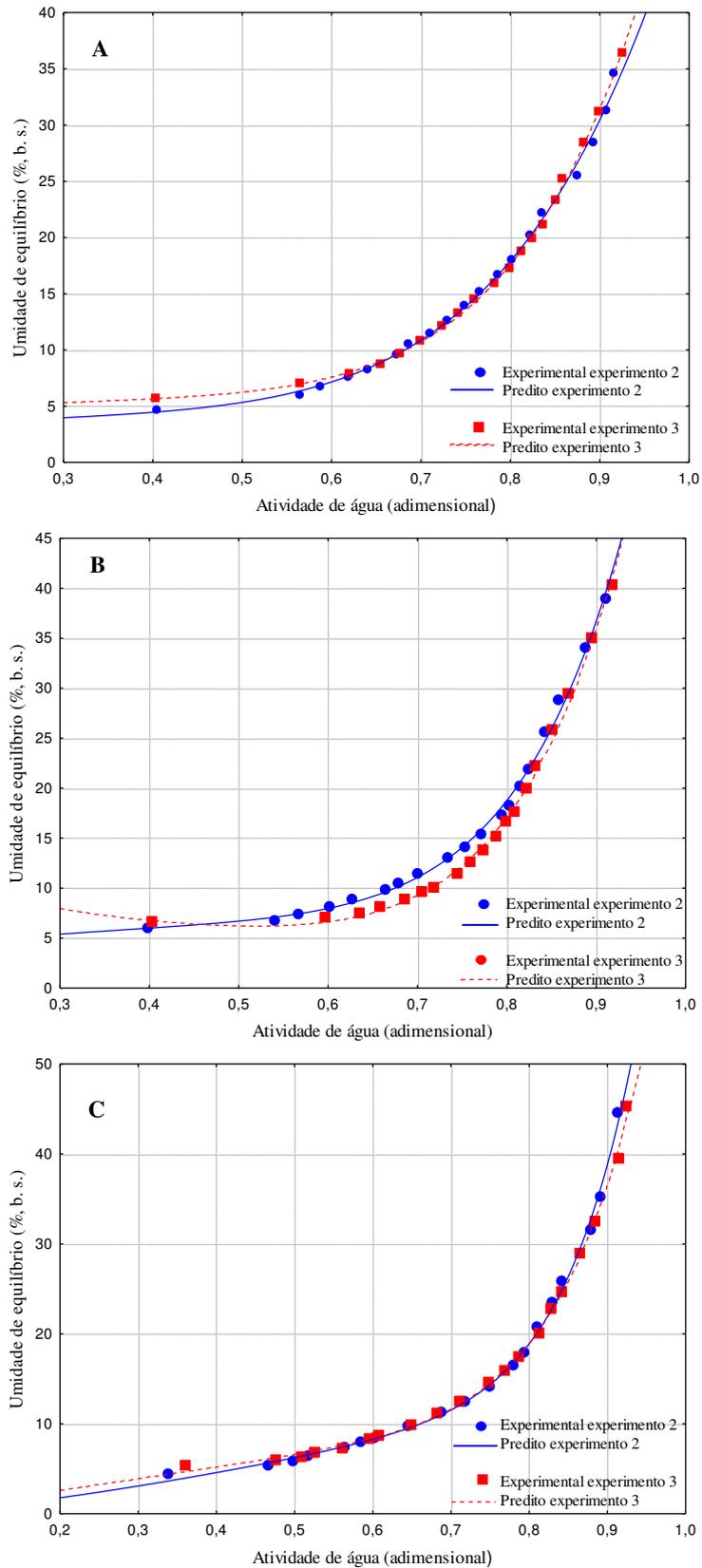


Figura 5.11 – Isotermas de adsorção de água dos biscoitos tipo cookies produzidos através da substituição parcial (45%) da farinha de trigo por farinha de semente de melão neve, secas de forma intermitente e contínua, e com ajustes pelo modelo de Peleg.

Constata-se que a cada temperatura aplicada para as isotermas, os cookies, obtidos a partir das farinhas obtidas em diferentes métodos de secagem, apresentaram comportamento muito semelhante. As isotermas apresentam-se sobrepostas na temperatura de 20 e 40 °C (Figura 5.11), indicando que o tipo de secagem praticamente não influenciou sobre o comportamento da absorção de água nas amostras. Ambas apresentam condições de atividade de água e teor de água de equilíbrio muito próximas para as temperaturas estudadas.

Na Figura 5.11B verifica-se que na faixa de atividade de água entre 0,2 a 0,6 a curva a 30 °C, da secagem intermitente, apresentou maior absorção de água, e conseqüentemente as maiores umidades de equilíbrio. Constatando superioridade nos valores de umidade dos cookies obtidos a partir da farinha seca através da secagem intermitente. Porém é importante ressaltar que analisando os gráficos pelas linhas tracejadas é possível observar em todas as Figuras, que os cookies obtidos da farinha do experimento 3 (contínua) atinge 0,9 de atividade de água apresentando os maiores teores de umidade absorvido.

A atividade de água dos cookies obtidos a partir das farinhas secas por secagem intermitente e contínua apresentaram atividade de água inicial de 0,400 e 0,403, respectivamente. Guiné et al. (2014) constataram variação de 0,129 a 0,428 em sete amostras de biscoitos maria, relatando que as amostras brancas apresentaram menores valores de atividades de água. No entanto, de acordo com informações presente nos rótulos de 8 marcas diferentes, os teores de umidade desses biscoitos variam entre 0,9% e 4,7%, explicando assim os baixos valores de atividade de água obtidos.

A determinação das isotermas de adsorção é extremamente importante, pois as curvas geram informações para a seleção adequada de embalagem, referente ao armazenamento e manutenção das propriedades sensoriais (ALVES et al., 2021), e medidas preventivas para a manutenção da qualidade do produto. O que influencia o mecanismo de sorção é a constituição química e a estrutura do alimento, como o teor de óleo (Xu et al., 2019)

5.5.1 – Calor isostérico de sorção

A partir dos dados de atividade de água (a_w) e umidade de equilíbrio (U_e) coletados durante o estudo das isotermas de sorção, foi possível realizar o cálculo do calor isostérico

dos cookies, indicando a possível quantidade de energia para a retirada de determinada quantidade de água do produto.

Os valores de $\ln(a_w)$ estão representadas na Figura 5.12, mostrando as retas do logaritmo neperiano da atividade de água dos cookies dos experimentos 1 e 3 em função do inverso da temperatura absoluta ($1/T$, $1/K$) para diferentes teores de umidade de equilíbrio (% b.s.). Fornecendo assim, a equação de cada reta e respectivos coeficientes angulares. (Ver apêndice).

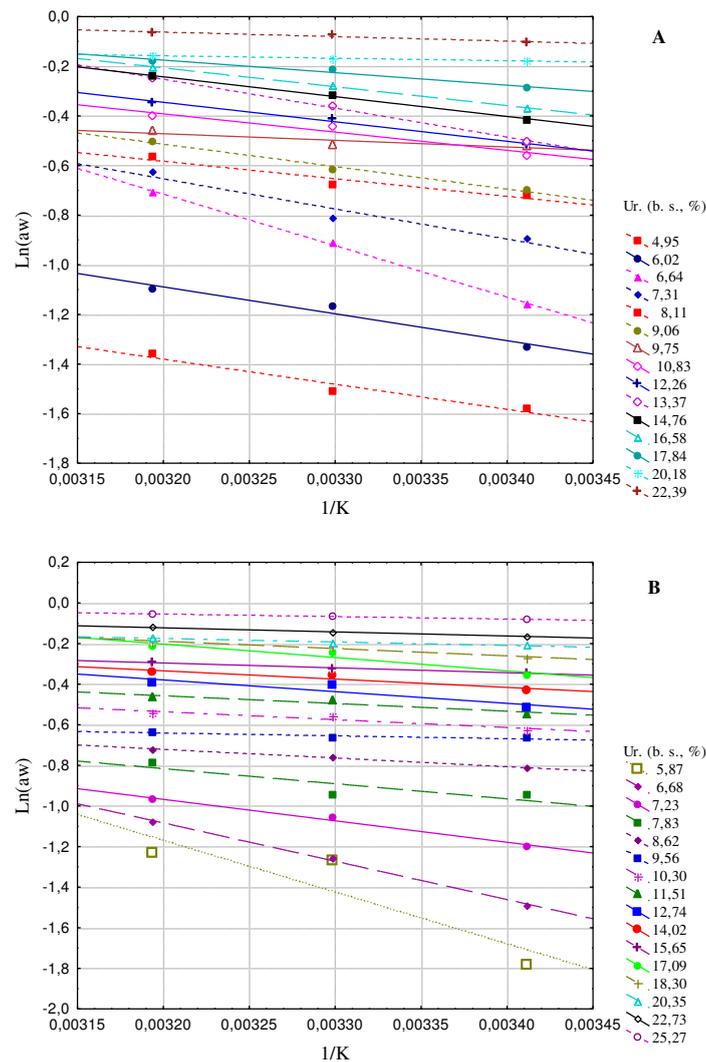


Figura 5.12 - Valores de $\ln(a_w)$ para diferentes teores de umidade de equilíbrio (b.s., %), sendo: experimento 2 (a) e experimento 3 (b).

A partir da obtenção desses dados, e utilizando-se do programa Statistica 7 chegou-se à equação que fornece o calor isostérico integral de sorção para os cookies elaborados a partir das farinhas do experimento 2 e 3 (Equações 44. e 45), em função do teor de água de equilíbrio (b.s., %) e da temperatura média de 30 °C, (Figura 5.13).

$$Q_{st} = 438,80 \times \exp(-0,1247 \times U_e) + 2430,5 \quad (37)$$

$$Q_{st} = 933,37 \times \exp(-0,1542 \times U_e) + 2430,5 \quad (38)$$

Em que:

Q_{st} - Calor isostérico integral de sorção, kJ kg⁻¹; e

U_e – Umidade de equilíbrio (b. s., %).

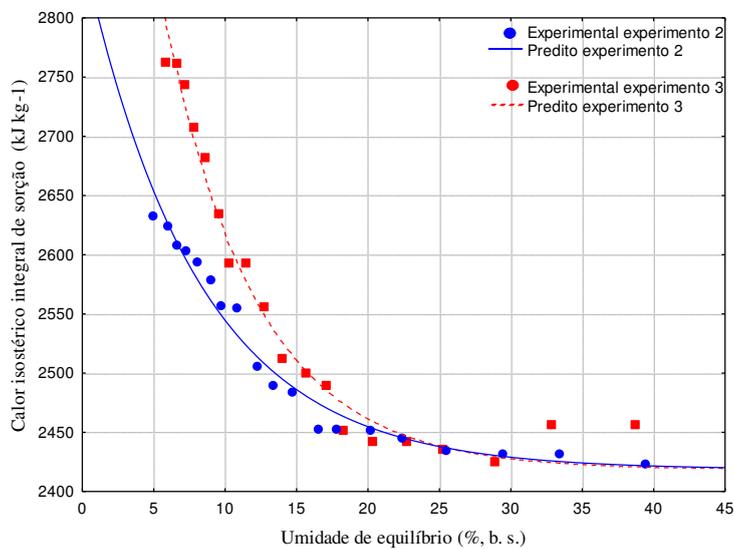


Figura 5.13 - Valores calculados a partir dos coeficientes angulares e valores preditos do calor isostérico integral de sorção em função do teor de água de equilíbrio dos cookies elaborados a partir das farinhas de melão neve secas (experimento 2 e 3) a 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹.

Observando a Figura 5.13, que apresenta os valores do calor isostérico líquido de sorção (q_{st}), em kJ kg⁻¹, em função do teor de água de equilíbrio (% b.s.), estimados de acordo com as Equações 37 e 38. Nota-se que com a diminuição do teor de água do produto, ocorre aumento da energia necessária para a remoção de água, representada pelos valores do calor isostérico integral de dessorção (Q_{st}). Os valores de calor isostérico para os cookies calculados na faixa de teor de água de 4,95 a 5,87 (% b.s.) variaram de 2400 a 2650 kJ kg⁻¹ para o experimento 2 e de 2400 a 2800 kJ kg⁻¹ para o experimento 3. As possíveis diferenças encontradas entre os valores observados de calor isostérico

integral de dessorção para os diferentes produtos, podem ser justificadas pelos fatores inerentes aos próprios produtos (PADINJARAKOOT et al. 2020). Para retirar água de produtos úmidos requer uma quantidade de energia necessária para produtos alimentícios, à medida que as moléculas de água vão se ligando quimicamente aos sítios de sorção ativos, a sorção passa a ocorrer em sítios menos ativo, com elevado teor de água, menor energia de interação e, conseqüentemente, menor calor isostérico de sorção (COSTA et al., 2015).

Em alguns valores de umidade o calor isostérico de sorção correspondente aos cookies do experimento 3 (secagem contínua), foi o maior. Isto sugere que os cookies obtidos da farinha seca pelo processo contínuo, tem mais sítios polares na superfície do que os cookies obtidos através do experimento 2. Mostrando também que para retirar a água dos cookies do experimento 3 (contínua) é exigido uma maior quantidade de energia em comparação aos cookies obtido a partir da farinha produzida de forma intermitente. Para Catelam et al. (2011), os elevados valores de calor de sorção de água sob baixos teores de umidade são uma indicação de fortes interações componentes água-alimento no produto.

5.6 – Armazenamento dos cookies

Na Tabela 5.12, encontram-se os comportamentos das variáveis teor de água, atividade de água, acidez total titulável, pH, proteínas e lipídeos dos cookies formulados com a substituição de 45% da farinha de trigo por farinha de farinha de melão neve, durante o armazenamento de 90 dias.

A Tabela 5.12 mostra a alteração no teor de água e atividade de água nos diferentes tempos de armazenamento dos cookies enriquecidos com a farinha de melão neve (experimento 2, intermitente 50 °C com 20 min in e 40 min out), mantidos em embalagem laminada. O teor de água e a atividade de água inicial foram de 4,3% e 0,331, respectivamente. Após 90 dias, os cookies embalados e em condição de armazenamento ambiente apresentaram teor máximo de umidade de 8,15% e atividade de água de 0,612, respectivamente. Indicando que esses parâmetros estudados aumentaram significativamente com o tempo de armazenamento. O aumento do teor de água e da atividade de água é definido pela natureza higroscópica do produto, pelas condições ambientais (temperatura e umidade relativa) e pela permeabilidade do material de

embalagem (VARGHESE et al., 2022). Uma tendência semelhante foi relatada por FERREIRA, T. et al. (2020) em cookies elaborados com polpa de baru. Esses constataram um aumento no teor de umidade e atividade de água ao longo do tempo, afirmando que, possivelmente, devido à permeabilidade da embalagem ocorreu maior absorção de umidade do microambiente, onde os cookies foram armazenados. Almeida et al. (2020) constataram aumento da atividade de água ao avaliar no decorrer de 60 dias, biscoito tipo cookies com adição da farinha do resíduo do arroz vermelho. Jan et al. (2017) relataram aumento do teor de água em biscoitos elaborados com farinha de chenopodium germinado (*Chenopodium album*) armazenados por quatro meses. O teor de água dos cookies durante o armazenamento permaneceu dentro do padrão estabelecido pela legislação que determina um teor máximo de 15% para produtos à base de cereais (BRASIL, 2005). Teor de água na mesma faixa dos cookies enriquecidos com a farinha de melão, foram relatados por Gusmão et al. (2018) para cookies produzidos com farinha de algaroba, variando de 4,12 a 4,42 g/100 g.

Tabela 5.12 – Comportamento das variáveis teor de água, atividade de água, acidez, pH, proteínas e lípidos durante 90 dias de armazenamento dos cookies obtidos através da secagem intermitente das sementes de melão neve na temperatura de 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m/s, acondicionadas em embalagem laminada.

Dias	Teor de água (%)	Aw	Acidez	pH	Proteínas (%)	Lipídeos (%)
0	4,3 ± 0,12c	0,331 ± 0,01c	1,34 ± 0,2a	7,68 ± 0,02a	13,4 ± 1,04a	37,11 ± 1,87a
15	4,8 ± 0,0c	0,379 ± 0,02c	1,34 ± 0,1a	7,70 ± 0,01a	13,3 ± 1,40a	36,87 ± 2,01a
30	5,66 ± 0,23bc	0,467 ± 0,02b	1,30 ± 0,25a	7,66 ± 0,04a	13,2 ± 1,74a	36,80 ± 1,74a
45	6,11 ± 0,29b	0,522 ± 0,01ab	1,30 ± 0,07a	7,65 ± 0,03a	13,2 ± 0,81a	36,81 ± 2,51a
60	6,93 ± 0,16b	0,588 ± 0,02ab	1,30 ± 0,18a	7,69 ± 0,03a	13 ± 0,7 ^a	35,72 ± 1,41ab
75	7,31 ± 0,13ab	0,601 ± 0,05a	1,25 ± 0,20a	7,65 ± 0,02a	13,2 ± 1,56a	35,21 ± 1,55ab
90	8,15 ± 0,08a	0,612 ± 0,06a	1,25 ± 0,21a	7,65 ± 0,03a	13 ± 0,89a	34,41 ± 2,06b

As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi-se aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ATT (% , ácido cítrico).

Em relação a atividade de água, os cookies armazenados até 60 dias estão dentro do limite seguro nas condições atmosféricas e ambientais. A estabilidade de prateleira do

produto é aceitável dentro de uma faixa de atividade de água $<0,6$, a qual impede o crescimento microbiano (VADUKAPURAM et al., 2014). O aumento de atividade de água pode ser justificado pela absorção de água do ambiente, devido à permeabilidade ao vapor de água da embalagem (GUSMÃO et al., 2018). O teor de umidade e a_w desempenham um papel essencial na determinação da vida de prateleira de um produto alimentício. A atividade de água afeta diretamente a vida útil do produto, uma vez que a maioria dos micróbios e enzimas de deterioração requer atividade de água específica (VARGHESE et al., 2022).

Ao armazenar os cookies enriquecidos com farinha de melão neve, observa-se que não houve diferença significativa para os parâmetros de acidez e pH, ou seja, mantiveram-se estáveis durante os 90 dias de armazenamento. Bezerra et al. (2020) ao estudarem o comportamento dos parâmetros da acidez e do pH dos cookies de arroz vermelho adicionado de amendoim, embalados em embalagem laminada, notaram diferença estatística para a acidez entre os tempos de armazenamento, porém constataram que os tempos 0 e 60 obtiveram valores próximos e sem diferença estatística; e em relação ao pH, observaram que o parâmetro se manteve estável durante os 60 dias de armazenamento. A legislação brasileira determina os valores máximos como $2,0 \text{ g} \times 100^{-1}$ de acidez para biscoitos (BRASIL, 2005). Nos cookies as análises de pH foram de uma média de 7,6, o que defini um produto neutro, sendo um fator determinante, especialmente no sabor.

Ainda na Tabela 5.12, constata-se que as proteínas se mantiveram estáveis durante o armazenamento. Comportamento inverso foi observado por Jemziya e Mahendran (2017) ao armazenar vários cookies elaborados com batata doce e farinha de trigo; notaram uma taxa muito lenta de tendência decrescente. Isso pode ocorrer devido à interação entre açúcares redutores e aminoácidos (reação de Maillard), sendo uma das principais causas de mudança de qualidade e degradação do conteúdo nutricional em muitos alimentos. Nos teores de proteínas foi notado valores consideráveis, sendo classificado fonte proteica, segundo a legislação brasileira RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012 (BRASIL, 2012).

Observa-se que, ainda na Tabela 5.12, que os lipídeos se mantiveram estáveis até 75 dias de armazenamento, mesmo apresentando uma breve oxidação aos 45 dias, porém a redução significativa é contemplada aos 90 dias de armazenamento. Os lipídios são mais estáveis à oxidação dentro da faixa de atividade de água de 0,3 a 0,6 (JENSEN E RISBO, 2007). Validando mais uma vez, através da atividade de água, que os cookies apenas

iniciaram o processo de oxidação em torno de 75 dias de armazenamento. As condições atmosféricas e os materiais de embalagem têm um efeito significativo na oxidação lipídica com o tempo; a permeabilidade da embalagem permite menor migração de umidade, e também, o menor contato dos biscoitos com a atmosfera reduzindo o efeito da oxidação lipídica (VARGHESE et al., 2022). Jemziya e Mahendran (2017) ao acompanharem o armazenamento de vários cookies elaborados com batata doce e farinha de trigo, observaram que o tratamento T3 (40g de farinha de batata doce/60 g de farinha de trigo) apresentou uma taxa muito lenta de diminuição; relataram também que não houve diferenças significativas em todos os tratamentos da 4ª semana até o final do período de estudo. Para os mesmos autores a oxidação lipídica é uma das principais causas de deterioração dos cookies.

5.6.1 - Cinética de degradação

Têm-se nas Tabelas 5.13 os parâmetros cinéticos da degradação dos lipídeos, dos cookies obtidos através das secagens das sementes de melão neve na temperatura de 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹, acondicionadas em embalagem laminada.

Tabela 5.13 – Parâmetros cinéticos da degradação dos lipídios durante o armazenamento dos biscoitos obtidas através das secagens das sementes de melão neve na temperatura de 50 °C e velocidade do ar a 0,8 m s⁻¹, acondicionadas em embalagem laminada.

Modelo	k (dia ⁻¹)	a_0	R^2	$\theta_{1/2}$ (dia)
Zero ordem	0,229762	20,47214	0,9530	44,55078
Primeira ordem	0,009713	-	0,9241	71,34704
Segunda ordem	0,931482	37,51825	0,9669	40,27804

Constata-se na Tabela 5.13, que o parâmetro K manteve os valores abaixo de 1, em todos os modelos aplicados. De acordo com Loypimai et al. (2016), a constante da velocidade da reação (k) permite indicar uma previsão da degradação térmica da característica estudada, em que quanto menor o valor dessa constante, melhor a estabilidade do produto. Para SINELA et al. (2017) esses valores, da constata da velocidade da reação, podem estar relacionados com a composição físico-química do

produto. Além disso, essa constante interfere diretamente no tempo de meia-vida da reação (ARAÚJO et al., 2019).

O tempo de meia-vida ($\Theta_{1/2}$), é o tempo necessário para ocorrer 50% da reação de degradação (TAKIKAWA, 2014). Verifica-se que o tempo de meia-vida para os lipídeos apresenta-se em um tempo 40 dias, segundo o modelo de segunda ordem. Porém, ainda é possível observar na Tabela 5.13, que essa constante coincide com o tempo de degradação iniciada nos cookies armazenados em embalagem laminada e temperatura ambiente. Por fim, conclui-se que, quanto menor o tempo de meia-vida, maior a velocidade de degradação, sendo essa constante influenciada pela variação da temperatura. A compreensão sobre a cinética de degradação, ordem de reação, constante de velocidade e tempo de meia-vida, são relevantes pois permite a predição da perda de qualidade dos alimentos durante o armazenamento (PATRAS et al., 2010).

O coeficiente de determinação varia entre 0 e 1, sendo os valores próximos a 1 os que, expressam uma melhor adequação do modelo cinético à amostra. A partir do exposto anteriormente, os lipídeos apresentaram valores para a variável $R^2 \geq 0,92$. Logo, o modelo cinético de segunda ordem é o que melhor se adequa às amostras, apresentando maior uniformidade.

6. CONCLUSÕES PRELIMINARES

- Dentre os modelos empregados para a predição dos dados experimentais das cinéticas de secagem dos experimentos, o modelo de Page foi que obteve maiores coeficientes de determinação, qui-quadrados e distribuição de resíduos aleatórios;
- O programa *LS Optimizer* foi capaz de adaptar o modelo de Page para realizar a predição da cinética de secagem intermitente incluindo o tempo de têmpera;
- Dos *softwares* utilizados para a solução analítica o *Convective*, condição de contorno de terceiro tipo, foi o que obteve melhores resultados de coeficiente de determinação e qui-quadrado;
- Os experimentos 2 e 5 (intermitentes 20 min in 40 min out) foram os que demonstraram maiores valores de difusividade efetiva, sendo $1,14 \times 10^{-07} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para 50 °C e $1,70 \times 10^{-07} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para 70 °C;
- Se tratando de eficiência energética os experimentos intermitentes obtiveram um bom desempenho quando comparados aos experimentos contínuos, obtendo o experimento 1 o maior valor econômico, cerca de 34,07%;
- Através das análises físico-químicas foi possível observar que todos os experimentos demonstraram valores de teor de água abaixo do exigido pela legislação, e apenas o experimento 1 demonstrou atividade de água acima de 0,5;
- Ocorreu a concentração das proteínas nas farinhas, sendo as maiores observadas nos experimentos intermitentes com menor temperatura de trabalho. A concentração ocorrida nos lipídios não demonstrou uma grande diferença entre as farinhas produzidas;
- De acordo com os resultados das análises realizadas nas farinhas das sementes de melão neve, é possível afirmar que elas podem ser empregadas em elaborações de produtos voltados a alimentação;
- A farinha produzida através do experimento 2 foi a selecionada para a produção dos cookies, uma vez que apresentou boa concentração de proteínas, baixo teor de água e a_w , e economia energética na produção de 25,82%;

- Os testes das análises microbiológicas que as quatro formulações foram submetidas, apresentaram que as mesmas estão dentro dos padrões exigidos pela a legislação vigente;
- A formulação F3 (substituição de 45% da farinha de trigo pela de farinha de melão neve) foi a que obteve maior aprovação na avaliação sensorial, mostrando a boa aceitabilidade do público e a farinha como ingrediente na formulação de biscoitos cookies;
- O modelo de Peleg foi o que mostrou melhor ajuste na predição das isotermas de adsorção do biscoito cookies. Apesar de apresentarem condições de a_w e teor de água de equilíbrio muito próximas para as temperaturas estudadas, o experimento 3 (contínua) atinge 0,9 de atividade de água apresentando os maiores teores de umidade absorvido. A isoterma do experimento 2 a 40 °C apresentou ser do tipo II, todas as outras foram do tipo III;
- Durante os 90 dias de armazenamento os cookies apresentaram aumento no teor de água e a_w , e diminuição nos lipídios. O pH, acidez e proteínas não apresentaram variação a 5% de probabilidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUN, S. GÜL, H. Effects of grape pomace and grape seed flours on cookies quality. **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods**. v. 6, n. 1, p. 81 – 88, 2013.

AHMED, M. S. H. Effect of storage temperature and periods on some characteristics of wheat flour quality, **Food and Nutrition Sciences**, v. 6, p.1148-1159, 2015.

AHMAD, Z.; RAFAY, M.; SHAHEEN, M. R.; JAVED, M. S.; TARAR, O. S.; TARIQ, M. R.; NASIR, M. A. A comparative study on extraction and characterization of melon (cucumis melo) seed oil and its application in baking. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 29, n. 3, p. 848-853, 2019.

АНТИПОВ, С. Т.; ТОРОПЦЕВ, В. В.; МАРТЕХА, А. Н.; БЕРЕСТОВОЙ, А. А.; ЮРОВА, И. С. Кинетика процесса сушки ферментированного пшеничного сырья в виброкипящем слое. **Processes and Devices for Food Production**, v. 81. n. 4. p. 17–21, 2019.

AKUSU, O. M.; KIIN-KABARI, D. B.; ISAH, E. M. Effects of processing methods on the nutrient composition and sensory attributes of cookies produced from wheat and sesame seed flour blends. **International Journal of Nutritional Science and Food Technology**, v. 5, n. 5, p. 34-40, 2019.

ALLAF, K.; MOUNIR, S.; NEGM, M.; ALLAF, T.; FERRASSE, H.; MUJUMDAR, A. S. **Intermittent drying**. In: MUJUMDAR, A. S., Handbook of industrial drying, Cap 22, p. 491-501, 4ª Edição, CRC Press – Taylor & Francis Group, Boca Raton-EUA, 2015.

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 81-87, 2009.

ALVES, N. M. C.; SILVAL, T. A. A.; GALLE, N. B. C.; SAIKHONEM, I. D. Moisture adsorption isotherms of baru almond flours. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v. 16, n. 3, e8719, 2021.

ALEXANDRE, H. V. **Secagem da polpa de pitanga e armazenamento em pó**. 2005. 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005.

ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; PEREIRA, T. S.; SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; SILVA, L. N.; SANTIAGO, Â. M.; RAMOS LUÍZ, M.; MOREIRA, F. I. N.; LIMA, S. E. R. Perfil de textura e atividade de água de cookies elaborados com arroz

vermelho durante o armazenamento. **Research, Society and Development**, v. 9, n.1, e170911830, 2020.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, USA, 18a ed, 3ª Revisão, 1094f, 2010.

ARAÚJO, A. H.; FONTENELE, A. M. M.; MOTA, A. P. M.; DANTAS, F. F.; VERRUMA-BERNADI, M. R. Análise sensorial de água de coco in natura em comparação à pasteurizada. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 17., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBCTA, 2000.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 335f, 1995.

ARAÚJO, M. S.; SILVA, F. S.; OLIVEIRA, G. M.; JÚNIOR, N. F.; RODRIGUES, V. H.; SOUZA, A. R. M. de. Cinética de degradação da cor da salsicha. Desafios, **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 6, n. Especial, p. 86–90, 2019.

ARRUDA, M. C. **Processamento mínimo de melão rendilhado: tipo de corte, temperatura de armazenamento e atmosfera modificada**. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

AULTON, M. E. **Delineamento de formas farmacêuticas**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 443p.

AVILA, F. D.; URNAU, R. M.; ZANELLA, A. M.; MOREIRA, M. F. P. Análise de correlações da difusividade efetiva de grãos de soja submetidos a secagem em camada fina. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica **Anais...**, Urbelândia – MG, 2019.

BALA, A.; GUL, K.; RIAR, C. Functional and sensory properties of cookies prepared from wheat flour supplemented with cassava and water chestnut flours. **Cogent Food Agric.**, v.1, p. 1-7, 2015.

BALBAY, A.; SAHIN, O.; ULKER, H. Modeling of convective drying kinetics of pistachio kernels in a fixed bed drying system. **Thermal Science**, v. 17, n. 3, p. 839-846, 2013.

BARREIRA, J. C. M.; NUNES, M. A.; SILVA, B. V. PIMENTEL, F. B.; COSTA, A. S. G.; ALVAREZ-ORTÍC, M.; PARDO, J. E.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Almond cold-pressed oil by-product as ingredient for cookies with potential health benefits:

Chemical and sensory evaluation. **Food Science and Human Wellness**, v. 8, n.3, p. 292-298, 2019.

BARROS, J. C. S. M.; GOES, A.; MINANI, K. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annum* L.), **Scientia Agricola**, v. 51, n. 2, p. 363-368, 1994.

BARROSO, M. K. D.A.; GOMES, W. K. D. S.; SOUSA, T.T.D.; BRAZ, A.R.A.; ZAMBELLI, R.A.; FERREIRA, D. S. Elaboração de biscoitos tipo cookies de chocolate enriquecido com farinha de coco. In: Congresso de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Alimentação: A Árvore que Sustenta a Vida, **Anais...** FAURGS, Gramado – RS, outubro de 2016. 6p

BASTIOĞLU, A. Z.; TOMRUK, D.; KOÇ, M.; ERTEKIN, F. K. Spray dried melon seed milk powder: physical, rheological and sensory properties, **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 5, p. 2396-2404, 2017.

BASTOS, M. S. R. B.; SOARES, N. F. F.; MINIM, V. P. R.; ARRUDA, A. C.; TEIXEIRA, J. M. A.; MELO, N. R. Aceitabilidade sensorial de melão vantalupe “Hy-Mark” minimamente processado. In: Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de frutos Tropicais, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, 2005.

BASHIR, A. A.; SINHA, J. P.; JHA, G. K.; CHOPRA, S. Drying kinetics for vegetable seeds with Zeolite beads, **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 86, n. 12, p. 1630-1634, 2016.

BADOLATO, G. G. Tratamento térmico mínimo do suco de laranja natural: cinética da inativação da pectinesterase. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

BEHERA, A. M.; SRIVASTAV, P. P. Effect of different drying methods on physico-chemical and functional properties of flour produced from sprouted whole wheat grain. **Food Science Research Journal**, v. 10, n. 2. p. 135-143, 2019.

BELLO, F. A.; AKPAN, M. E.; SODIPO, M. A. Physicochemical and sensory properties of cookies produced from wheat, unripe plantain and germinated fluted pumpkin seed composite flour. **Food Science and Quality Management**, v. 96, p. 36-46, 2020.

BENAMOUN, L.; FRAIKIN, L.; LÉONARD, A. Modeling and Simulation of Heat and Mass Transfer During Convective Drying of Wastewater Sludge with Introduction of Shrinkage Phenomena. **Drying Technology**, v. 32, n. 1, p. 13–22, 2014.

BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristic of succinylated peanut flour proteins. **Journal Agriculture Chemistry**, v. 25, n. 2, p. 258-260, 1997.

BEZERRA, N. M.; COSMO, W. M. V.; PESSOA, L. O.; MOREIRA, J. N.; OLIVEIRA, D. M. Avaliação do shelflife de cookies de arroz vermelho adicionado de oleaginosas. **Revista Tecnológica**, v. 29, n. 2, p. 584-594, 2020.

BISSARO, C. A.; MATIAS, G. S.; DEFENDI, R. O.; JORGE, L. M. M. Modeling the drying kinetics of soybeans under intermittent operation in thin layer. **Food and Bioproducts Processing**, v. 136, p. 226-235, 2022.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p.489-495, 2004.

BO, L.; RUI, L.; HAIYAN, G.; WANG, S. Moisture sorption characteristics of full fat and defatted pistachio kernel flour. **International Journal of Agricultural and biological Engineering**, v.10, n.3, p.283-295, 2017.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos. Campinas: Fundação Cargil**, 306f, 1992.

BONFIETTI, N. F. Desenvolvimento e análise sensorial de cookies de quinoa enriquecidos com pigmentos naturais. **Revista Saúde Uni Toledo**, v. 1, n. 1, p. 31-46, 2017.

BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; OLIVEIRA, P. D.; RIBEIRO, F. C.; SIQUEIRA, V. C.; TAVEIRA, J. H. S. Effect of intermittent drying and storage on parchment coffee quality. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 609-616, 2014.

BHATT, V. M.; DABHI, M.; RATHOD, P. J. Changes in the Moisture Content, Free FFA and Malondialdehyde of Bajra Flour during Storage, **Advances in Food Science and Engineering**, v. 1, n. 2, p. 67-72, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, **Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**, Diário Oficial da União, Brasília, Seção I, n. 7-E, p.45-53. 2001.

BRASIL. Ministério da saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 54, de 12 de setembro de 2012. **Aprova Regulamento Técnico MERCOSUL sobre informação nutricional complementar** (Declarações de Propriedades Nutricionais). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**, Brasília: Ministério da Saúde, 1017f, 2005a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução nº 263 de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.

CAO, J.; LI, Y.; CHEN, H.; LIAO, X.; ZHANG, Y. Hydrophobic interaction driving the binding of soybean protein isolate and chlorophyll: improvement to the thermal stability of chlorophyll. **Food Hydrocolloids**, v. 113, e106465, p. 1-8, 2021.

CABRAL, A. C. D.; ALVIM, D. D. Alimentos desidratados conceitos básicos para sua embalagem e conservação. **Boletim do Instituto de tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 1, p. 1-65, 1981.

CAMARGO, A. C.; VIDAL, C. M. M.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SHAHIDI F. Fortification of cookies with peanut skins: effects on the composition, polyphenols, antioxidant properties, and sensory quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 11228-11235, 2014.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, C. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CASTRO, F. A. F.; AZEVEDO, R. M. C.; SILVEIRA, I. L. **Estudo experimental dos alimentos**. Viçosa: UFV, 1998.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 5, p. 1501-1507, 1982.

CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; LIRA, V. V.; OLIVEIRA, R. F.; COSTA, N. L.; OLIVEIRA, H. M. L. A new approach to the traditional drying models for the thin-layer drying kinetics of chickpeas. **Journal of Food Process Engineering**, v. 43, n. 12, e13569, 2020.

CARVALHO, D. C. O.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; OLIVEIRA, J. E.; VARGAS JÚNIOR, J. G.; TOLEDO, R. S.; COSTA, C. H. R.; PINHEIRO, S. R. F.; SOUZA, R. M. Composição química e energética de amostras de milho submetidas a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 358-364, 2004.

CARDOSO, F. T.; BARBOSA, K. V. R. S.; TOSTE, F. P., SOUZA, D. A.; SILVA, E. B. Processo de obtenção de farinha a base de semente do melão amarelo. **Anuário patentes**. v. 1, n. 1, p. 1-31, 2021.

CASARIN, F.; MENDES, C. E.; LOPES, J.; MOURA, N. F. Planejamento experimental do processo de secagem da amora-preta (*Rubus* sp.) para a produção de farinha enriquecida com compostos bioativos. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 19, p. 1-9, 2016.

CATELAM, K. T.; TRINDADE, C. S. F.; ROMERO, J. T. Water adsorption isotherms and isosteric sorption heat of spray-dried and freeze-dried dehydrated passion fruit pulp with additives and skimmed milk. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1196-1203, 2011.

CAVALCANTE, T. A.; AGOSTINI, J. S. Avaliação da qualidade micológica de grãos de milho armazenados na região de Dourados MS. In: Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, 6., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2005.

CUNHA, S. **Lipídios**. In: CASTRO, A. G. A química e a reologia no processamento dos alimentos. Lisboa: Instituto Piaget, cap. 3, p.65-90, 2003.

CHÁVEZ-SANTOSCOY, R. A.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A.; SERNA-SALDIVAR, S. O.; PEREZ-CARRILLO, E. Production of maize tortillas and cookies from nixtamalized flour enriched with anthocyanins, flavonoids and saponins extracted from black bean (*Phaseolus vulgaris*) seed coats, **Food Chemistry**, v. 192, p. 90-97, 2016.

CHAVES, J. B. P. **Análise sensorial: histórico e desenvolvimento**. Viçosa: UFV, 31f. 1998.

CHAVES, J. B. P. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: UFV, 81f, 1999.

CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 20, n. 4, p. 263-283, 1986.

CHENG, Y. F.; BHAT, R.; Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing underutilized jering (*Pithecellobium jiringa* Jack.) legume flour, **Food Bioscience**, v. 14, n. 1, p. 54-61, 2016.

CHINENYE, N. M.; OGUNLOWO, A. S.; OLUKUNLE O. J. Cocoa bean (*Theobroma cacao* L.) drying kinetics, **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 70, n. 4, p. 633–639, 2010.

CLERICI, M. T. P. S.; OLIVEIRA, M. E.; NABESHIMA, E. H. Qualidade física, química e sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim, **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2, p. 139-146, 2013.

COSTA, L. M.; RESENDE, O; OLIVEIRA, D. E. C. Determinação das isotermas de equilíbrio higroscópico de frutos de crambe pelo método dinâmico. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 382-391, 2015.

DAI, J. W.; XIAO, H. W.; ZHANG, L. H.; CHU, M. Y.; QIN, W.; WU, Z. J.; HAN, D. D.; LI, Y. L; LIU, Y. W; YIN, P. F. Drying characteristics and modeling of apple slices during microwave intermittent drying. **Journal of Food Process Engineering**. v. 42, n. 6, e13212, 2019.

DANTAS, M. I. S.; DELIZA, R.; MINIM, V. P. R.; HEDDERLEY, D. Avaliação da intenção de compra de couve minimamente processada. **Ciencia e Tecnologia de Alimento**, v. 25, n. 4, p. 762 -767, 2005.

DEEPA. N; KRISHNAPRABHA. V. Development And Analysis of Nutrients, Antioxidant In Muskmelon Seed Powder Incorporated Value Added Products, **International Journal of Scientific Reseach**, v. 5, n. 4, p. 498-500, 2016.

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2000.

DOTTO, G. L.; MEILI, L.; TANABE, E. H.; CHIELE, D. P.; MOREIRA, M. F. P. Evaluation of the mass transfer process on thin layer drying of papaya seeds from the perspective of diffusive models, **Heat Mass Transfer**, v. 54, n. 2, p. 463-471, 2018.

DOYMAZ, I. Hot-air drying and rehydration characteristics of red kidney bean seeds. **Chemical Engineering Communications**, v. 203, n. 5, p.599–608, 2015.

DRAKOS, A.; PETROPOULOU, L. A.; EVAGELIO, V.; MANDALA, I. Physical and textural properties of biscuits containing jet milled rye and barley flour. **Journal of Food Science and Technology**. v. 56, p. 367-375, 2018.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: DA Champagnat, 2013. 531 p

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; SCHIAVON, R. A. **Qualidade de arroz na pós-colheita: Ciência**, tecnologia e normas, 543f, 2010.

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. Cold water-soluble granular starch for gelled food composition. **U.S. Patent** 4465702, 1984.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 572 p, 1998.

EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; VIEIRA, R. H. S. F.; TÔRRES, R. C. O.; CARVALHO, F. C. T.; MENEZES, F. G. R. Manipuladores de alimentos portadores de *Staphylococcus aureus* resistentes à vancomicina. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: CBCTA, 2002.

FAGUNDES, M. M. A.; VIANA, A. M. F.; CARVALHO, M. M. F.; SILVA, M. E. Evaluation of the biological quality of defatted pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess) seed flour protein supplemented with lysine to rats (*Rattus norvegicus*). **Revista Nutrição**. v. 32, e180129, 2019.

FALADE, K. O.; CHRISTOPHER, A. S. Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars. **Food Hydrocolloids**, v. 44, n. 3, p. 478-490, 2015.

FARIA, R. Q.; TEIXEIRA, I. R.; CUNHA, D. A.; HONORATO, J. M.; DEVILLA, I. A. Qualidade fisiológica de sementes de crambe submetidas à secagem, **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 3, p. 453-460, 2014.

FARFÁN, J. A. **Química de proteínas aplicada à ciência e tecnologia dos alimentos**. 2º ed. Campinas: UNICAMP, 134f, 1994.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.524-529, 2007.

FASOYIRO, S.; HOVINGH, R.; GOURAMA, H.; CUTTE, C. Change in Water Activity and Fungal Counts of Maize-pigeon Pea Flour During Storage Utilizing Various Packaging Materials, **Procedia Engineering**, v. 159, n. -, p. 72-76, 2016.

FEDDERN, V.; DURANTE, V. V. O.; MIRANDA, M. Z.; MELLADO, M. L. M. S. Physical and sensory evaluation of wheat and rice bran cookies, **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 4, p. 267-274, 2011.

FERREIRA, C.D.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.2, p.251-255, 2003.

FERREIRA, T. H. B.; FLORIZO, G. K. M.; ARGONDOÑA, E. J. S. Shelf life of cookies made from baru (*Dipteryx alata* Vog.) pulp under different storage conditions. **Journal Food Process Preserv.**; v. 05, e14702, p. 1- 7, 2020.

FERREIRA, C. M.; LIMA, S. B.; ZAMBELLI, R. A.; AFONSO, M. R. A. Effect of mixed flour from vegetable by-products on breads. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 8710-8724, 2020.

FIGUEIREDO NETO, A.; DANTAS, B. F.; ALMEIDA, F. A. C.; LIMA, M. S.; SILVA, F. F. S. Influência da embalagem e do local de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de abóbora 'jacarezinho' (*Curcubita moschata* Duch), **Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 4, p. 1-8, 2014.

FILIPPIN, A. P.; MOLINA FILHO, L.; FADEL, V.; MAURO, M. A. Thermal intermittent drying of apples and its effects on energy consumption. **Drying Technology**. V. 36, n. 14, p. 1662-1677, 2018.

FORNY, L.; MARABI, A.; PALZER, S. Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powders. **Powder Technology**, v. 206, n. 1-2, p. 72-78, 2011.

FORTEYNE, M.; GILDEMYN, D.; PEETERS, E.; MORTIER, S. T. F. C.; VERCRUYSSSE, J.; GERNAEY, K. V.; VERVAET, V.; REMON, J. P.; NOPENS, I.; BEER, T. D. Moisture and drug solid-state monitoring during a continuous drying process using empirical and mass balance models, **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 87, n. 3, p. 616-628, 2014.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed). **Anthocyanins as food colours**. New York: Academic Press, p. 181-187, 1982.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 182f, 1996.

FRANCO, C. M. R.; LIMA, A. G. B. Modelagem matemática e simulação computacional da secagem contínua e intermitente de sólidos elipsoidais. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**. v. 6, n. 2, p. 1-7, 2018.

FRANCO, C. M. R.; LIMA, A. G. B.; FARIAS, V. S. O.; MACHADO, E. A. Intermittent Drying of Rice Grains with Husk: Modelling and Experimentation. **Diffusion Foundations**, v. 25, n. 1, p. 9-36, 2020.

FREITAS, E. C.; SANTANA, R. O.; SOBRINHO, I. S. B.; NUNES, A. L. S.; SILVA, A. C. M.; SILVA, M. V. Resíduos desidratados do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) 54 Congresso de química- 03 a 07 de novembro de 2014, Natal - Rio Grande do Norte. Química e sociedade: motores da sustentabilidade.

GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A.; TELIS-ROMERO, J. Effect of maltodextrin and Arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**, v. 82, n. 2, p. 246–252, 2007.

GALDEANO, M. C.; TONON, R.V.; CARVALHO, C. W. P.; MENEZES, N. S.; NOGUEIRA, R. I.; LEAL JUNIOR, W. F.; MINGUITA, A. P. S. Moisture sorption isotherms of raw and extruded wholemeal sorghum flours studied by the dynamic and salt slurry methods. **Brazilian Journal of Food technology**, v. 21, e2017207, 2018.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: Princípios e aplicações**. 511f, 2008.

GHAVIDEL, R. A.; PRAKASH J. Effect of germination and dehulling on functional properties of legume flours. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 3, p. 1189-1195, 2006.

GOMES, P. M. A.; PRIMO, D. M. B. Determinação dos compostos bioativos nas farinhas dos tegumentos e das amêndoas de manga ‘espada’. In: ENOTND, 2, **Anais...** 24/06/2021.

GOYAT, J.; PASSI, S.; SURI, S.; DUTTA, H. Development of chia (*Salvia hispanica*, L.) and quinoa (*Chenopodium quinoa*, L.) seed flour substituted cookies- physicochemical, nutritional and storage studies. **Current Research in Nutrition and Food Science**, v. 6, n. 3, p. 757-769, 2018.

GUINÉ, R. P .F.; BARROCA, M. J.; PEREIRA, D.; CORREIA, P. M. R. Adsorption isotherms of maria biscuits from different brands. **Journal of Food Process Engineering**, v. 37, n. 3, p. 329-337, 2014.

GUERRA, R. B.; NEVES, E. C. A.; PENA, R. S. Caracterização e processamento de leite bubalino em pó em secador por nebulização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 443- 447, 2005.

GUSMÃO, R. P.; GUSMÃO. T. A. S.; MOURA, H. V.; DUARTE, M. E. M.; M. CAVALCANTI-MATA E. R. M.; Caracterização tecnológica de cookies produzidos com diferentes concentrações de farinha de algaroba durante armazenamento por 120 dias. **Journal of Food Technology**, v. 21, e2017116, 2018.

GUSTAFSON, J.R.; HALL, G.E. Density and porosity changes of shelled corn during drying, **Transaction of the ASAE**, v. 15, n. 3, p. 523-525, 1972.

GUTKOSKI, L. C.; PAGNUSSATT, F. A.; SPIER, F.; PEDÓ, I. Efeito do teor de amido danificado na produção de biscoitos tipo semi-duros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 119-124, 2007.

HACIHAFIZOGLU, O.; CIHAN, A.; KAHVECI, K. Mathematical modelling of drying of thin layer rough rice. **Food and Bioproducts Processing**, v. 86, n. 4, p. 268-275, 2008.

HAUSNER, H. H. Friction conditions in a mass of metal powder. **Powder Metall**, v.3, p.7-13, 1967.

HOFFMANN, F. L. Fatores limitantes à proliferação de microorganismos em alimentos. **Brasil Alimentos**. n. 9, 2001.

JAIME, S. B. M.; ALVES, R. M. V.; SEGANTINI, E.; ANJOS, V. D. A.; MORI, E. E. E. Estabilidade do molho do tomate em diferentes embalagens de consumo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 193-199, 1998.

JAN, R.; SAXENA, D.C.; SINGH, S. Effect of storage conditions and packaging materials on the quality attributes of gluten-free extrudates and cookies made from germinated chenopodium (*Chenopodium album*) flour. **Journal Food Meas Character** v. 11, p. 34-49, 2017.

JENSEN, P.N.; RISBO, J.; Oxidative stability of snack and cereal products in relation to moisture sorption. **Food Chemistry**, v. 14, p. 27–32. 2007.

JEMZIYA, M. B. F. E MAHENDRAN, T. Storage evaluation of cookies produced from composite blends of wheat and sweet potato flour. **Faculty of Science**, v. 8, n. 2, p 1-11, 2017.

JONATHAN, A. O. F.; ABIODUN, O. A. Nutritional and sensory evaluation of wheat-maize cookies enriched with african walnut (*tetracarpidium conophorum*) seed protein isolate. **Croatian Journal of Food Technology**, v. 15. p. 54-64, 2020.

KAUSAR, T.; HASSAN, M. T.; DIN, G. M. Utilization of watermelon seed flour as protein supplement in cookies. **Pure and Applied Biology**. v. 9, n. 1, p. 202-206, 2020.

KINSELLA, J. E. Functional properties of protein in foods, a survey. **Critical Review Food Science and Nutrition**, v. 7, n. 2, p. 219-280, 1976.

KIRCHHOF, S. C.; CRIZEL, G. R.; MENDONÇA, C. R. B. A Influência da água na conservação dos alimentos. In: Congresso de Iniciação Científica e Encontro de Pós-Graduação, 17., 10., 2008, Pelotas, **Anais... Pelotas: CIC, ENPOS**, 2008.

KORNIETS, T. E.; SMARKALOVA, A. K. Practice of providing independent inspection services in process of organisation of sunflower seed meal transportations in containers. **Herald of the Odessa National Maritime University**, v. 52, n. 2, p. 155-165, 2019.

KOYANDE, A. K.; CHEW, K. W.; RAMBABU, K.; TAO, Y.; CHU, D.; SHOW, P-L. Microalgae: a potential alternative to health supplementation for humans. **Food Science and Human Wellness**. v. 8, n. 1, p. 16-24, 2019.

KUMAR, C.; KARIM, M. A.; JOARDDER, M. U. H. Intermittent drying of food products: A critical review. **Journal of Food Engineering**, v. 121, p. 48-57, 2014.

LEITE, N. D.; OLIVEIRA, D. S.; SANTOS, D. A.; EGEA, M. B. Farinha de arroz e berinjela em massa alimentícia: propriedades químicas e físicas. **Segurança Alimentar e Nutricional**. v. 25, n. 1, p. 65-75, 2018.

LEITE, D. D. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F.; SANTOS, F. S.; SILVA, S. N.; SANTOS, D. C. Mathematical modeling and thermodynamic properties in the drying of citron watermelon seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.26, n.1, p. 67-74, 2022.

LEWIS, W. K. The drying of solid materials. **Journal Industrial Engineering**, v. 13, p. 427-33, 1921.

LICHTENTHALER, H. K. **Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes**. In: PACKER, L., DUCE, R. (Eds.). *Methods in Enzymology*. London, v. 148, p. 350-382, 1987.

LIMA, W. A.; CONSTANT, P. B. L.; SANTOS, J. A. B.; CARNLELOSSI, M. A. G. Caracterização e armazenamento de farinhas obtidas a partir do resíduo de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Revista GEINTEC**, v. 3, n. 4, p. 109-120, 2013.

LIMA, A. G. B.; DELGADO, J. M. P. Q.; FARIAS NETO, S. R.; FRANCO, C. M. R. Intermittent Drying: Fundamentals, Modeling and Applications. **Drying and Energy Technologies**, v. 63, p. 19-41, 2015.

LIMA, A. R. N.; CÂMARA, G. B.; OLIVEIRA, T. K. B.; ALENCAR, W. D.; VASCONCELOS, S. H.; SOARES, T. C.; CAVALCANTI, M. S. Caracterização Físico-Química e Microbiológica de Biscoitos Confeccionados com Farinha de Resíduos de Frutas. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 11, 2019.

LIMA, M. C. R.; SANTOS JUNIOR, J. M. GUIMARÃES FILHO, E. E. X.; COSTA, R. M. M.; SANTANA, A. A. Abiu (*Pouteria caimito*) drying and effective diffusivity Kinesy. **Brazilian Applied Science Review**, n. 1, p. 2-10, 2021.

LISBÔA, C. G. C. **Armazenamento de figo-da-índia em pó sob atmosfera controlada**. 2010, 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

LIU, S.; ROJAS, R. V.; GRAY, P.; ZHU, M.; TANG, J. Enterococcus faecium as a *Salmonella* surrogate in the thermal processing of wheat flour: Influence of water activity at high temperatures. **Food Microbiology**. v. 77, p. 92-99, 2018.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 2, p. 219-226, 2003.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I. Fruit, vegetable and meat products. **LWT - Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie**, v. 18, n. -, p. 111-117, 1985.

LOYPIMAI, P.; MOONGNGARM, A.; CHOTTANOM, P. Thermal and pH degradation kinetics of anthocyanins in natural food colorant prepared from black rice bran. **Journal Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 461–470, 2016.

MAGALHÃES, C. N. A.; FERREIRA, I. A.; GOMES, M. G.; BORGES, S. S. Estudo de novas fontes minerais em produtos naturais, **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 85, n. 2, p. 61-63, 2004.

MALACRIDA, C. R.; ANGELO, P. M.; ANDREO, D.; JORGE, N. Composição química e potencial antioxidante de extratos de sementes de melão amarelo em óleo de soja, **Revista Ciência Agrônômica**, v.38, n.4, p.372-376, 2007.

MANSOURI, A.; MIRZABE, A. H.; RÁUFI, A. Physical properties and mathematical modeling of melon (*Cucumis melo* L.) seeds and kernels. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. v. 16, n. 3, 218-226, 2017.

MARCOS, S. K.; HONÓRIO, S. L.; JORGE, J. T.; AVELAR, J. A. A. Influência do resfriamento do ambiente de armazenamento e da embalagem sobre o comportamento pós-colheita do milho verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 41-49. 1999.

MARTINS, N. J.; SILVA, S. M.; RIGUEIRA, J. P. S.; BALIZA, P. X.; COSTA, S. P. N.; RIGUEIRA, L. M. B. Determinação de ácido ascórbico e carotenoides totais em amostras de polpa de pitaiá branca (*Hylocereus undatus*) e vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) submetidas a procedimentos térmicos. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 8, p. 62998-63011, 2020.

MEDEIROS, R. A.; FARIAS, V. S. O.; OLIVEIRA, T. M. Q.; SILVA JUNIOR, A. F.; LIMA, A. R. N.; PEREIRA, M. T. R. FRANCO, C. M. R.; ATAIDE, J. S. P. Behavior of the thin layer drying of melon seeds (*Cucumis melo* L.) using empirical models. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 8, p. 64001-64009, 2020.

MEDINO, I. C.; TONINI, I. G.; AMARAL, O. L. A.; LOUBET FILHO, P. S.; SANTOS, E. F.; NOVELLO, D. Cookies adicionado de farinha de resíduos de guavira: composição físico-química e análise sensorial. **Evidência**, v. 19, n. 1, p. 7-22, 2019.

MOHAMMADI, M.; KHORSHIDIAN, N.; YOUSEF, M.; KHANEGHAH, A. M. Physicochemical, rheological, and sensory properties of gluten-free cookies produced by flour of chestnut, date seed, and modified starch. **Journal of Food Quality**, Article ID 5159084, 2022.

MELO, W. S.; PENA, R. S.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Comportamento higroscópico do buriti (*Mauritia flexuosa*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 4, p. 935-940, 2011.

MENEGHETTI, V. L.; AOSANI, E.; ROCHA, J. C.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C.; POHNDORF1, R. S. Modelos matemáticos para a secagem intermitente de arroz em casca, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1115–1120, 2012.

MENEZES FILHO, A. C. P.; SILVA1, M. A.; PEREIRA, A. V.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; CASTRO, C. F. S. Parâmetros físico-químicos, tecnológicos, atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais e carotenoides das farinhas dos frutos do jatobá-do-cerrado

(*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne). **Multi-Science Journal**, v. 2, n. 1, p. 93-100, 2019.

MINIM, V. P. R.; DANTAS, M. I. S. Avaliação sensorial de produtos minimamente processados. In: Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 3., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p. 33-37, 2004.

MONDAL, I. H.; RANGAN L.; UPPALURI, R. V. S. Effect of oven and intermittent airflow assisted tray drying methods on nutritional parameters of few leafy and non-leafy vegetables of North-East India. *Heliyon*, v. 5, n. 11, p. 02934, 2019.

MONTE, A. L. S.; FAÇANHA, S. H. F.; FERREIRA, N. D. L.; LOPES, J. C.; SOUSA, M. A. F.; SOUZA, M. A. Qualidade sanitária de polpa de frutas congeladas e comercializadas na cidade de Sobral, Ceará. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18., 2002, **Anais...** Porto Alegre. 2002.

MONTENEGRO, F. V.; HEFFERNAN, R. B.; MARSAIOLI JUNIOR, A.; BERTELI, M. N.; CAMPELO, P. H.; CLERICI, M. T. P. S. Efeito do processamento por micro-ondas nas propriedades físicas, físico-químicas e reológicas do grão de trigo e sua farinha. **Research, Society and Development**, v. 10, n.8, e12610817033, 2021

MONTROSS, J. E.; MONTROSS, M. D.; BAKKER-ARKEMA, F. W. Grain storage. In: BAKKER-ARKEMA, F. W. (ed.). **CIGR handbook of agricultural engineering**. St. Joseph: ASAE, v. 4, n. -, p. 46-59,1999.

MOURA, F. A.; SPIER, F.; ZAVAREZE, E. r. Biscoitos tipo “cookies” elaborados com diferentes frações de semente de abóbora. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 4, p. 579-585, 2010.

MOURA, C. C.; PETER, N.; SCHUMACKER, B. O.; BORGES, L. R.; HELBIG, E. Biscoitos enriquecidos com farelo de linhaça marrom (*Linum usitatissimum* L.): valor nutritivo e aceitabilidade, **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 9, n. 1, p. 71-81, 2014.

MORAIS, R. M.; MELO, K. K. S.; OLIVEIRA, T. T. B.; TALES, J. S.; PELUZIO, J. M.; MARTINS, G. A. S. Chemical, physical and technological characterization of fish meal from Buriti shell (*Mauritia flexuosa* L. f.). **Brazilian Journal of Development**. v. 5, n. 11, p. 23307-23322, 2019.

NASIR, M.; SIDDIU, M.; RAVI, R.; HARTE, J. B.; DOLAN, K. D.; BUTT, M. S. Physical quality characteristics and sensory evaluation of cookies made with added defatted maize germ flour. **Journal of Food Quality**, 33, p. 72-84, 2010.

NICOLIN, D. J.; DEFENID, R. O.; ROSSINI, D. F. JORGE, L. M. M. Mathematical modeling of soybean drying by a fractional-order kinetic model. **Journal of Food Process Engineering**, v. 41, n. 2, p. 1-8, 2017.

NYAKUMA, B. B.; ROOZBAHANI, F.; OLADOKUNA, O.; DODO, Y. A.; ELNAFATY, A. S.; IVASE, T. J. P. Kinetic Analysis of Melon Seed Husk Using Non-Isothermal Thermogravimetric Analysis, **Materialstoday Proceedings**, v. 5, n. 11, p. 23249-23257, 2018.

OLANIPEKUN, O. T.; OMENNA E. C.; OLAPADE O. A.; SULEIMAN, P.; OMODARA O. G. Effect of boiling and roasting on the nutrient composition of kidney beans seed flour. **Sky Journal of Food Science**, v, 4, n. 2, p. 024 - 029, 2015.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T. A. S.; SOUSA, K. A.; CAMPOS, R. C. Propriedades termodinâmicas de grãos de milho para diferentes teores de água de equilíbrio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.1, p.50-56, 2013.

OLIVEIRA, R. C.; ROSSI, R. M.; GIMENES, M. L.; BARROS, T. D. Evaluation of semi-empirical and non-linear drying models by Bayesian inference. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 36, n. 4, p. 635–641, 2014.

OLIVER, M. J.; FARRANT, J. M.; HILHORST, H. W. M.; MUNDREE, S.; WILLIAMS, B.; BEWLEY, J. D. Desiccation Tolerance: Avoiding Cellular Damage During Drying and Rehydration. **Annual Review of Plant Biology**, v. 71, n. 1, 2020.

PADINJARAKOOT, N.; SABIKHI, L.; LATHA, N. R.; KUMAR, CT M. Adsorption isotherm and thermodynamic properties of high fiber reduced calorie multigrain biscuit. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 4, n. 10, p. 1-10, 2020.

PAGE, C. **Factors influencing the maximum rates of air drying of shelled corn in thin layers**, 1949. Thesis (Ph.D.) - Purdue University, Lafayette, 1949.

PARAFATI L, RESTUCCIA C, PALMERI R, FALLICO B, ARENA E. Characterization of prickly pear peel flour as a bioactive and functional ingredient in the preparation of breads. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1-17, 2020.

PARVINDER, K.; SHARMA, P.; KUMAR, V.; PANGHAL, A.; KAUR, J.; GAT Y. Effect of addition of flaxseed flour on phytochemical, physicochemical, nutritional, and

textural properties of cookies. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. v. 18, n. 4, p. 372-377, 2019.

PENA, R.; RIBEIRO, C.; GRANDI, J. G. Calor de adsorção de umidade do pó de guaraná (*Paullinia cupana*) obtido em “spray dryer”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 16, n. 2, p. 111-115, 1996.

PENA, R. S.; MENDONÇA, N. B.; ALMEIDA, M. D. C. Comportamento higroscópico do açaí em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 2, p. 153-161, 2010.

PELCZAR JR., J. M.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Makron Books, v. 2, 517f, 1996.

PATRAS, A.; BRUTON, N. P.; O'DONNELL, C.; TIWARI, B.K. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 1, p. 3-11, jan. 2010.

PUTRANTO, A.; CHEN, X. D.; XIAO, Z.; WEBLEY, P. A. Mathematical modeling of intermittent and convective drying of rice and coffee using the reaction engineering approach (REA). *Journal of Food Engineering*, v. 105, n. 4, p.638–646, 2011.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 603 p, 1986.

RANGABHASHIYAM, S.; ANU, N.; GIRI NANDAGOPAL, M. S.; SELVARAJU, N. Relevance of isotherm models in biosorption of pollutants by agricultural byproducts. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 2, n. 1; p. 398-414, 2014.

REIS, D. S.; FIGUEREDO NETO, A.; FERRAZ, A. V.; FREITAS, S. T. Production and storage stability of acerola flour dehydrated at different temperatures. **Brazilian Journal of Food Technol.** v. 20, e2015083, 2017.

RODRIGUES, I. **A água**. In: CASTRO, A. G. A química e a reologia no processamento dos alimentos. Lisboa: Instituto Piaget, cap. 1, p. 15-36, 2003.

SABLANI, S. S.; KASAPIS, S.; RAHMAN, M. S. Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 1, p. 266-271, 2007.

SANTANA, E. B. **Análise experimental do comportamento fluidodinâmico e da secagem de sementes de linhaça (*Linum usitatissimum* L.) em leito de jorro**, 143 f.

2011, Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pará, PR, 2011.

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

SANTANA, R. C. S.; RIBEIRO, G. O.; CAMILLOTO, G. P.; CRUZ, R. S. Physical and textural characterization of green banana flour biscuits. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 10, p.81311-81319, 2020.

SANTOS, A. A. O.; SANTOS, A. J. A. O.; SILVA, I. C. V.; LEITE, M. L. C.; SOARES, S. M.; MARCELLINI, P. S. Desenvolvimento de biscoitos de chocolate a partir da incorporação de fécula de mandioca e albedo de laranja, **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 469-480, 2010.

SANTOS, A. A. O.; SILVA, I. V. C.; SANTOS, J. P. A.; SANTANA, D. G.; ALMEIDA, M. L.; MARCELLINI, P. S. Elaboração de biscoitos de chocolate com substituição parcial da farinha de trigo por polvilho azedo e farinha de albedo de laranja, **Ciência Rural**, v. 41, n. 3, p. 531-536, 2011.

SANTOS, A. K.; RODRIGUES, E.; HERNANDES, T.; OLIVEIRA, A. P. Caracterização física e química de biscoito salgado enriquecido com farinha de resíduos do processamento da cenoura e especiarias. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 11, n. 2, p. 2368-2381, 2017.

SANTOS, F. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; LIMA, T. L. B.; LIMA, A. R. C.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização física de farinha de amêndoas de manga. **Anais... Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2018**, Maceió – AL, 21 a 24 de agosto de 2018.

SARRIA, D. S. Resfriamento rápido e armazenamento refrigerado do figo (*Ficus carica* L.) roxo de valinhos e seus efeitos na qualidade da fruta. 2003. 150f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SILVA, A. M. M.; AMARAL, A. E. G.; ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, M. M. A., SOUSA P. H. M. Quantificação de antocianinas em farinhas de resíduos industriais de frutas tropicais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 20, 2014. **Anais...** Florianópolis, SC.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, C. E. F.; GAMA, B. M. V.; OLIVEIRA, L. M. T. M.; ARAUJO, L. T.; ARAUJO, M. L.; OLIVEIRA JUNIOR A. M.; ABUD, A. K. S. Uso da laranja lima e seus resíduos no desenvolvimento de novos produtos, **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10, n. 1, p. 69-96, 2016.

SILVA, C. M. D. P. S. **Difusão de massa em corpos cilíndricos: modelagem, soluções analíticas e numéricas e aplicação na secagem de bananas**. 2010, 129 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, PB, 2010.

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

SILVA, J. C. C.; MATIAS, R. S. L.; OLIVEIRA, M. J. S.; ARAUJO, J. M.; VIEIRA, V. B. Elaboración y evaluación sensorial de galletas agregadas de semillas de jaca y dulce de leche vegano. **Research, Society and Development**, v. 9, n.8, e585985757, 2020.

SILVA, I. G.; ANDRADE, A. P. C.; SILVA, L. M. R.; GOMES, D. S. Elaboração e análise sensorial de biscoito tipo cookies feito a partir da farinha do caroço de abacate. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 22, n. 01, 2019b.

SILVA, L. M. R.; FIGUEIREDO, E. A. T.; RICARDO; N. M. P. S.; VIEIRA, I. G. P.; FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M.; GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, n. 15, p.398-404, 2014.

SILVA, M. O.; BAPTISTA, A. T. A.; CAMACHO, F. P.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, A. M. S.; AMBROSIO-UGRI, M. C. B. Elaboração de barra de cereal utilizando resíduo de extrato de soja com adição de pó de casca de noz-pecã. **Revista Tecnológica**, p. 247-255, 2015.

SILVA, S. N.; SILVA, R. M.; SILVA, L. P. F. R.; SILVA, P. B.; GOMES, J. P. Atributos físicos de farinha obtida de cascas de banana. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, **Anais...CONTECC**, Maceió – AL, 2018.

SILVA N, ET al. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. 4.ed. São Paulo: Varela; 625p. 2010.

SILVA, R. C.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; LIMA, A. G. B.; ROCHA, A. P. T.; SILVA, L. D.; FERREIRA, J. P. L.; SANTOS, D. C.; ANDRADE, R. O. A. A new empirical model for predicting intermittent and

continuous drying of “neve” melon (*Cucumis melo* sp.) seeds. **Agriculture**, v. 12, n. 3, p. 328, 2022.

SILVA, T. A. A.; ALVES, N. M. C.; GALE, N. B. C.; SILVA, M. I. P. Study of the storage of wholemeal and partially defatted baru flour in bioriented polypropylene packing. **Revista Agrarian**, v. 12, n. 46, p. 487-497, 2019.

SILVA, V.; FIGUEIREDO, A. R.; COSTA, J. J.; GUINÉ, R. P. F. Experimental and mathematical study of the discontinuous drying kinetics of pears. **Journal of Food Engineering**, v. 134, p. 30–36, 2014.

SILVA, V. V.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M. Efeito da embalagem e temperatura de estocagem na conservação de mandioca minimamente processada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2. p. 197-202, 2003.

SILVA, W. P. **Transporte difusivo em sólidos com forma arbitrária usando coordenadas generalizadas**. 2007. 263 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, PB, 2007.

SILVA, W. P.; PRECKER, W. J.; SILVA, C. M. D. P. S.; GOMES, J. P. Determination of effective diffusivity and convective mass transfer coefficient for cylindrical solids via analytical solution and inverse method: Application to the drying of rough rice. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 302-308, 2009.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S., **Prescribed Adsorption – Desorption**, Version 2.2 (2008 - 2009), online, available from world wide web: <<http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/Prescribed.htm>>, data do acesso: 14/01/2020.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S., **Convective Adsorption – Desorption**, Version 2.2 (2008 - 2009), online, available from world wide web: <<http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/Convective.htm>>, data do acesso: 14/01/2020.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S., **LS Optimizer**, Version 2.1 (2016), online, available from world wide web: <<http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/LS.htm>>, data do acesso: 14/06/2022.

SILVA, W.P.; RODRIGUES, A.F.; SILVA CM DP, S.; GOMES, J.P. Numerical approach to describe continuous and intermittent drying including the tempering period: Kinetics and spatial distribution of moisture. **Drying Technology**, v. 35, n. 3, p. 272–280, 2017.

SILVA, W. P.; GALVÃO, I. B.; SILVA, C. M. D. P. S.; AIRES, J. E. F., FIGUEIRÊDO, R. M. F. Empirical model for describing continuous and intermittent drying kinetics of apple pieces. **Heat and Mass Transfer**, 2019a.

SILVEIRA, M. L. R.; SANTOS, C. O.; PENNA, N. G.; SAUTTER, C. K.; ROSA, C. S.; BERTAGNOLLI, S. M. M. Aproveitamento tecnológico das sementes de goiaba (*Psidium Guajava* L.) como farinha na elaboração de biscoitos. **Boletim do CEPPA**, v. 34, n. 1, 2016.

SINELA, A.; RAWAT, N.; MERTZ, C.; ACHIR, N.; FULCRAND, H.; DORNIER, M. Anthocyanins degradation during storage of Hibiscus sabdariffa extract and evolution of its degradation products. **Food Chemistry**, v. 214, n. 1, p. 234-241, 2017.

SING, K. S. W.; EVERETT, D. H.; HAUL, R. A. W.; MOSCOU, L.; PIEROTTI, R. A.; ROUQUÉROL, J.; SIEMIENIEWSKA, T. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity (Recommendations 1984). **Pure & Applied Chemistry**, v.57, n.4, p.603-619, 1985.

SOARES, M. S.; SOUSA, C. L.; RIBEIRO, J. S.; BRASIL, L. S. N. S.; TAVARES, V. S. Incidência de coliformes em pastéis consumidos na cidade de Belém – Pará. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: CBCTA, 2002.

SOHAIMY, S. A.; MOHAMED, S. E.; SHEHATA, M. G.; MEHANY, T.; ZAITOUN, M. A. Compositional analysis and functional characteristics of quinoa flour. **Annual Research & Review in Biology**, v. 22, n. 1, p. 1-11, 2018.

SONG, J.; CHEN, J.; LI, D.; XIAO, Y.; LIU, C. Thermal isomerization and degradation behaviours of Carotenoids in Simulated Sweet Corn Juice. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 4, p. 836–844, 2018.

SOPADE, P. A.; AJISEGIRI, E. S. Moisture sorption study on nigerian foods: maize and sorghum. **Journal of Food Engineering**, v. 17, n. 1, p. 33-56, 1994.

SOUZA, G. G. Análise da semente de melão como farinha na elaboração de produtos, **Cadernos Unisuam**, v. 3, n. 1, p. 5, 2013.

SOUZA, D. G.; RESENDE, O.; PILON, L.; CABRAL, J. C. O.; RESENDE, L. F. L. Physical-chemical and technological characterization of dried biofortified sweet potato flour in different temperatures. **Research, Society and Development**. v. 9, n. 11, e63391110386, 2020.

SOZZI, G.; RAMOS, D. S. Avaliação do ágio no preço da energia convencional no mercado brasileiro de contratos de curto prazo: metodologia e aplicação. **Revista Espaço Ciência**, v.22, p.24, 2015.

SHARIF, M. K.; BUTT, M. S.; ANJUM, F. M.; NAWAZ, H. Preparation of fiber and mineral enriched defatted rice bran supplemented cookies. **Pakistan Journal of Nutrition**. 8, p. 571-577, 2009.

ŠKRBIĆ, B.; CVEJANOV, J. The enrichment of wheat cookies with high-oleic sunflower seed and hull-less barley flour: Impact on nutritional composition, content of heavy elements and physical properties. **Food Chemistry**. v. 124, n. 4, p. 1416-1422, 2011.

STATSOFT. **Statistica for Windows computer program manual**. Tulsa: StatSoft, 1995.

STORCK, C. R.; NUNESI, G. L.; OLIVEIRA, B. B.; BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações, **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, 2013.

TAKIKAWA, A. Y. **Cinética de degradação térmica de antocianinas e seu impacto na cor e na capacidade antioxidante in vitro em frutas vermelhas**. 2014. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

TAKOUGNADI, E.; BOROZE, T. E. T.; AZOUMA, O. Y. Development of an intermittent drying process of onion. **Cogent Food & Agriculture**. v. 4, n. 1, p. 1-15, 2018.

TEIXEIRA, L. P.; ANDRADE, E. T.; SILVA, P. G. L. Determinação do equilíbrio higroscópico e do calor isostérico da polpa e da casca do abacaxi (*Ananas comosus*). **Engevista**, v. 14, p. 172-184, 2012.

TONELI, J. T. C. L. **Processos de separação física e secagem de inulina obtida a partir de raízes de chicória (*Cichorium intybus* L.)**. 2006, 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

THOMPSON, T. L.; PEARTT, R. M.; FOSTER, G. H. Mathematical simulation of corn drying: a new model. **Transactions of the ASAE**, v. 11, n. 4, p. 582-589, 1968.

TZE, N. L.; HAN, C. P.; YUSOF, Y. A.; LING, C. N.; TALIB, R. A.; TAIP, F. S.; AZIZ, M. G. Physicochemical and Nutritional Properties of Spray-dried Pitaya Fruit Powder as Natural Colorant. **Food Science and Biotechnology**, v. 21, n. 3, p. 675-682, 2012.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; SALES, J.F.; CHAVES, T.H. Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem artificial. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 442-447, 2010.

VADUKAPURAM, N.; HALL, C.; TULBEK, M.; NIEHAUS, M. Physicochemical properties of flaxseed fortified extruded bean snack. **Journal Food Science**. v. 6, p. 45–57, 2014.

VALADARES, R. N.; FERREIRA, I. V. S.; SILVA, A. F. A.; ROCHA, F. A. T.; SANTOS, P. R.; NASCIMENTO, F. B.; MELO, R. A. Correlação entre caracteres morfológicos de melão caxi. In: Jornada de ensino, pesquisa e extensão – JEPEX 2013, 13, **Anais...UFRPE**: Recife, 09 a 13 de dezembro, 2013.

VARGHESE, C.; SRIVASTAV, P. P.; ROOPESH, M. S. High-energy cookies for undernourished adolescents: In vivo rat assay of protein quality and evaluation of storage conditions on cookies shelf-life. **Future Foods**. v. 6, 100154, 2022.

VERMA, L. R.; BUCKLIN, R. A.; ENDAN, J. B.; WRATTEN, F. T. Effects of drying air parameters on rice drying models. **Transactions of the ASAE**, v. 28, n. 1, p. 296-301, 1985.

VIEIRA, G.; SILVA, J. N.; VILELA, E. R.; SILVA, J. S. Avaliação da qualidade de café beneficiado armazenado em silo sem e com aeração e em sacos de juta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 75-90, 2001.

VIEIRA, K. H.; LIMA, F. R.; MELO, R.; PEREIRA, K. C.; OLIVEIRA, C. D.; MENDES, C. F. Characterization of pumpkin seed flour obtained by drying in microwaves and oven. **Brazilian Journal of Development**. v.7, n.3, p.22267-22283, 2021.

VILLANOVA, J. C. O.; LIMA, T. H.; PATRÍCIO, P. S.; PEREIRA, F. V.; AYRES, E. Síntese e caracterização de beads acrílicos preparados por polimerização em suspensão visando aplicação como excipiente farmacêutico para compressão direta. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 124-131, 2012.

WANG, N.; BRENNAN, J. G. Moisture sorption isotherm characteristics of potatoes at four temperatures. **Journal of Food Engineering**, New York, v.14, n.1, p.269-287, 1991.

WANG, Z.; CHOCKCHASAWASDEE, S.; ASHTON, J.; FANG, Z.; STATHOPOULOS, C. E. Study on glass transition of whole-grain wheat biscuit using Dynamic Vapor Sorption, Differential Scanning Calorimetry, and texture and color analysis. **LTW – Food Science and Technology**, v. 150, 111969, p. 1-10, 2021.

XAVIER, I. R.; FREITAS, L. L.; SOUZA, A. S.; SOUZA, C. C. E.; ZANUTO, M. E. Stability study of palm flour (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.11, p. 104692-104717, 2021.

XIAO, YU; SUN, M.; ZHANG, Q.; CHEN, Y.; MIAO, J.; RUI, X.; DONG, M. Effects of *Cordyceps militaris* (L.) Fr. Fermentation on the nutritional, physicochemical, functional properties and angiotensin I converting enzyme inhibitory activity of red bean (*Phaseolus angularis* [Willd.] W.F. Wight.) flour. **Journal of Food Science and Technology**. v. 55, p. 1244-1255, 2018.

XU, M.; JIN, Z.; SIMSEK, S.; HALL, C.; RAO, J.; CHEN, B. Effect of germination on the chemical composition, thermal, pasting, and moisture sorption properties of flours from chickpea, lentil, and yellow pea. **Food Chemistry**, v.295, p.579-587, 2019.

YANTY, N.A.M.; LAI, O.M.; OSMAN, A.; LONG, K.; GHAZALI, H.M. Physicochemical properties of *Cucumis melo* var. inodorus (honeydew melon) seed and seed oil. **Journal Food Lipids**, v. 15, n. 1, p. 42-55, 2008.

YASUMATSU, K.; SAWADA, K.; MORITAKA, S.; MISAKI, M.; TODA, J.; WADA, T. Whipping and emulsifying properties of soy bean products. **Journal of Agriculture and Biological Chemistry**, v. 36, n. 5, p. 719-725, 1972.

YOGANANDAN, M.; MILLER-REGAN, R.; DOGAN, H.; PULIVARTHI, M. K.; SILIVERU, K. Effect of Tempering Conditions on White Sorghum Milling, Flour, and Bread Properties. **FOODS**. v. 10, n. 8, 10.3390/foods10081947, 2021.

ZHU, Z.; YANG, Z.; WANG, F. Experimental research on intermittent heat pump drying with constant and time-variant intermittency ratio. **Drying Technology**, v. 34, n. 13, p. 1630-1640, 2016.

Anexo

**BISCOITO TIPO COOKIES COM ADIÇÃO DE DIFERNTES
CONCENTRAÇÕES DA FARINHA DE MELÃO NEVE**

Idade _____ **Data:** ____/____/____

Gênero: () Feminino () Masculino

Grau de Escolaridade: () Ensino Fundamental () médio () Técnico () Ensino Superior () Pós- Graduação

Você consome biscoito cookies? : () Sim () Não

Como vai sua família? () bem () Na batalha () mal

Com que frequência você consome biscoito? () Todos os dias () 2 a 3 vezes por semana () 1 vez por semana () 1 a 2 vezes por mês () 1 a 2 vezes ao ano

1. Você está recebendo 4 (quatro) amostras codificadas. Avalie da esquerda para a direita de acordo com as características citadas, usando a escala abaixo:

- 9 – Gostei muitíssimo
- 8 – Gostei muito
- 7 – Gostei moderadamente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 5 – Nem gostei/nem desgostei
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 3 – Desgostei moderadamente
- 2 – Desgostei muito
- 1 – Desgostei muitíssimo

Amostra	Aparência	Cor	Sabor	Textura	Impressão Global

2. Marque sua intenção de compra utilizando a tabela abaixo:

- 5 – Certamente compraria
- 4 – Provavelmente compraria
- 3 – Tenho dúvidas se compraria
- 2 – Provavelmente não compraria
- 1 – Certamente não compraria

Amostras	Intenção de Compra

Comentários: _____

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Biscoito cookies enriquecido com farinha de melão neve

Pesquisador: RENATO COSTA DA SILVA

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 52415621.6.0000.5182

Instituição Proponente: Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.306.883

Apresentação do Projeto:

Projeto de tese: FARINHA DE SEMENTES DE MELÃO NEVE (*Cucumis melo* sp.) PRODUZIDA POR SECAGEM INTERMITENTE E CONTÍNUA E APLICADA A BISCOITOS TIPO COOKIES

Resumo conforme autor:

Nos últimos tempos está crescendo a demanda por parte dos consumidores por uma alimentação cada vez mais saudável e com o aproveitamento sustentável e integral dos alimentos, se destacando o valor nutricional e o reaproveitamento de produtos que outrora eram descartados como resíduos. Neste sentido, produzir produtos para alimentação com finalidade de estimular o consumo humano e ao mesmo tempo reduzir o desperdício de alimentos e consumo de energia, é uma atividade nobre a ser realizada. A farinha é um dos produtos que pode ser produzido a partir de subprodutos como cascas, folhas, sementes e talos, a mesma pode incrementar propriedades nutritivas, além de apresentarem características exclusivas quando adicionadas na elaboração de pães, biscoitos e bolos provocando alterações nas características físicoquímicas e mudanças sensoriais. Diante disto, essa pesquisa terá como objetivo a obtenção da farinha das sementes de melão neve secas de modo intermitente e contínuo.; a secagem das mesmas será em secador de leito fixo na temperatura de 50 e 70 °C sob influência da velocidade do ar a 1 m s⁻¹; onde será estudado a cinética de secagem e a difusão de massa; obtidas as farinhas, foram submetidas a avaliações quanto a parâmetros físicos, químicos e físicoquímicos; a melhor farinha produzida será adicionada em proporções diferentes como

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.

Bairro: São José

CEP: 58.107-670

UF: PB

Município: CAMPINA GRANDE

Telefone: (83)2101-5545

Fax: (83)2101-5523

E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 5.306.883

ingrediente de biscoitos cookies para posterior avaliação sensorial. Nos biscoitos cookies será realizada a higroscopicidade através de isoterma de adsorção e calor isostérico, análise microbiológica, e o armazenamento dos mesmos em temperatura ambiente, durante 90 dias **Objetivo da Pesquisa:** Comparar farinhas de melão neve produzidas pelos métodos de secagem intermitente e contínuo e verificar sua aplicabilidade em biscoito cookies

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos segundo o autor:

Intoxicação alimentar.

Alergia a algum componente da formulação do biscoito. Constrangimento do julgador caso tenha alguma dúvida no preenchimento da ficha e tenha receio de perguntar.

Benefícios segundo o autor:

Os participantes terão a oportunidade de participar do desenvolvimento de um novo produto que futuramente poderá ser lançado no mercado

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A farinha da semente de melão neve por sua vez é uma fonte alternativa para a substituição em alimentos como bolos, pães e biscoitos devido o enriquecimento nutricional conforme os valores presentes de proteína, fibras, carboidratos e minerais. Aliado a esses aspectos, a utilização como ingrediente de novos produtos por ser um alimento que está disponível na região Nordeste. O desenvolvimento do biscoito adicionado de farinha de semente e melão neve irá melhorar os atributos sensoriais desejados neste tipo de biscoito além de promover a difusão dessa forma de produção

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto atende os requisitos da resolução 466/12, logo sou de parecer favorável a execução do projeto.

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.

Bairro: São José

CEP: 58.107-670

UF: PB

Município: CAMPINA GRANDE

Telefone: (83)2101-5545

Fax: (83)2101-5523

E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 5.306.883

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1829722.pdf	24/01/2022 16:14:50		Aceito
Outros	6_Teste_de_aceitação_biscoito_cookies_corrigido.pdf	24/01/2022 16:14:10	RENATO COSTA DA SILVA	Aceito
Cronograma	4_CRONOGRAMA_DE_EXECUÇÃO_DO_PROJETO_corrigido.pdf	24/01/2022 16:13:37	RENATO COSTA DA SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	2_Projeto_comite_de_etica_corrigido.pdf	24/01/2022 16:13:14	RENATO COSTA DA SILVA	Aceito
Outros	Term_Assenti_Menor_novo.pdf	06/12/2021 23:23:22	RENATO COSTA DA SILVA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_nova.pdf	06/12/2021 23:19:54	RENATO COSTA DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	5_TERMO_DE_CONSENTIMENTO_TC LE.pdf	06/10/2021 17:25:23	RENATO COSTA DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	8_TERMO_DE_CONSENTIMENTO_TC LE_responsaveis.pdf	06/10/2021 17:24:16	RENATO COSTA DA SILVA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	3_TERMO_DE_COMPROMISSO_DO_PESQUISADOR.pdf	06/10/2021 17:22:47	RENATO COSTA DA SILVA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	1_Documento_Anuencia.pdf	06/10/2021 17:20:22	RENATO COSTA DA SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.
Bairro: São José **CEP:** 58.107-670
UF: PB **Município:** CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)2101-5545 **Fax:** (83)2101-5523 **E-mail:** cep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 5.306.883

Página 03 de

CAMPINA GRANDE, 23 de Março de 2022

Assinado por:
Andréia Oliveira Barros Sousa
(Coordenador(a))

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.

Bairro: São José

CEP: 58.107-670

UF: PB **Município:** CAMPINA GRANDE

Telefone: (83)2101-5545

Fax: (83)2101-5523

E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



Página 04

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.

Bairro: São José

CEP: 58.107-670

UF: PB **Município:** CAMPINA GRANDE

Telefone: (83)2101-5545

Fax: (83)2101-5523

E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br