



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE
PRODUTOS AGRÍCOLAS**

POTENCIAL NUTRICIONAL E TECNOLÓGICO DE AMÊNDOA DE JUÁ

HANNDSOON ARAUJO SILVA

Campina Grande – PB

MARÇO, 2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

HANNDSON ARAUJO SILVA

POTENCIAL NUTRICIONAL E TECNOLÓGICO DE AMÊNDOA DE JUÁ

Hanndson Araújo Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento as exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas.

ORIENTADORES:

Prof^ª. Dr^ª. Josivanda Palmeira Gomes

Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

Campina Grande - PB

MARÇO, 2019

S586p

Silva, Hanndson Araujo.

Potencial nutricional e tecnológico de amêndoa de juá / Hanndson Araujo Silva. – Campina Grande, 2019.

77 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

"Orientação: Profa. Dra. Josivanda Palmeira Gomes, Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz".

Referências.

1. Juá (*Ziziphus joazeiro Mart.*). 2. Juá – Secagem. 3. Compostos Bioativos. 4. Aproveitamento Tecnológico. 5. Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas. I. Gomes, Josivanda Palmeira. II. Queiroz, Alexandre José de Melo. III. Título.

CDU 634.662(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

HANNDSON ARAUJO SILVA


“POTENCIAL NUTRICIONAL E TECNOLÓGICO DA AMÊNDOA DA
SEMENTE DO JUÁ”

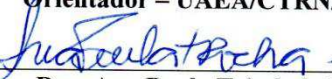
APROVADO (A): 22 de fevereiro de 2019

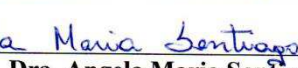
BANCA EXAMINADORA



Dra. Josivanda Palmeira Gomes
Orientadora – UAEA/CTRN/UFPG


Dr. Alexandre José de Melo Queiroz
Orientador – UAEA/CTRN/UFPG


Dra. Ana Paula Trindade Rocha
Examinadora – UAEA/CTRN/UFPG


Dra. Angela Maria Santiago
Examinadora - UEPB

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado condições para a realização deste ideal e coragem para enfrentar todos os obstáculos surgidos ao longo do meu caminho.

Aos meus familiares, especialmente a minha mãe Paula e meu pai Rostand, minha irmã Hellen, minha avó Maria, minha namorada Yalorisa e a professora Mabel Calina de Franca Paz, pelo incentivo e apoio a mim dedicados ao longo deste trabalho.

Aos professores, Dra. Josivanda Palmeira Gomes e Dr. Alexandre José de Melo Queiroz, orientadores, pelo apoio e ensinamentos em prol desta dissertação.

Aos membros da banca examinadora, pelas valiosas contribuições dadas para melhoria deste trabalho.

Ao Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) em especial a professora Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, que possibilitou a utilização das dependências do Laboratório para os experimentos.

À todos os colegas do mestrado e doutorado, em especial a Antonio Jackson Ribeiro Barroso, pela sincera amizade e companheirismo.

A todas as pessoas que, embora não citadas, ajudaram-me na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVOS	8
1.1.1. OBJETIVO GERAL.....	8
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. Juá (<i>Ziziphus Joazeiro</i>)	9
2.1.1 Características físicas e físico-químicas dos frutos de juá	11
2.2. Secagem	13
2.3. Cinética de secagem.....	15
2.3.1 Modelos matemáticos.....	16
2.4. Farinhas alternativas	19
2.5. Isotermas de sorção de umidade	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Matéria-prima	22
3.2. Processamento dos frutos e obtenção das amêndoas	22
3.3. Determinação das características químicas e físico-químicas das amêndoas da semente de juá.....	23
3.3.1. Teor de água	23
3.3.2. Proteínas	23
3.3.3. Cinzas	23
3.3.4. Lipídeos	23
3.3.5. Carboidratos	23
3.3.6. Acidez.....	23
3.3.7. Açúcares totais e redutores.....	24
3.3.8. Cor.....	24
3.4. Cinética de secagem.....	24
3.5. Processamento das farinhas das sementes de juá.....	26
3.6. Caracterização físico-química da farinha de amêndoa da semente de juá.....	26
3.7. Quantificação de compostos bioativos das amêndoas e farinha de amêndoa da semente de juá.....	26
3.8. Caracterização física da farinha de amêndoa da semente de juá	26
3.8.1. Massa específica aparente	26

3.8.2. Massa específica compactada.....	26
3.8.3. Fator de Hausner (FH).....	27
3.8.4. Índice de compressibilidade ou Índice de Carr (IC)	27
3.9. Isotermas de adsorção de umidade das farinhas da semente de juá.....	28
3.10. Citotoxicidade das amêndoas da semente de juá	29
3.11. Elaboração dos biscoitos tipo cookies	29
3.12. Análise estatística dos dados.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Caracterização química, física e físico-químicas das amêndoas in natura da semente de juá.....	32
4.2. Quantificação dos compostos bioativos das amêndoas in natura da semente de juá.....	36
4.3. Cinética de secagem.....	37
4.4. Caracterização química, física e físico-químicas da farinha de amêndoa da semente de juá.....	45
4.5. Quantificação dos compostos bioativos da farinha de amêndoa da semente de juá.....	48
4.6. Características físicas da farinha de amêndoa da semente de juá.....	49
4.7. Isotermas de adsorção da farinha de amêndoa da semente de juá	51
4.8. Citotoxicidade de amêndoa da semente de juá	55
4.9. Caracterização físico-química dos biscoitos tipo cookies formulados com a farinha de amêndoa da semente de juá.....	55
5. CONCLUSÕES.....	60
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1: <i>Árvore do Ziziphus Joazeiro</i> Mart. Fonte: Carvalho (2007)	9
Figura 2. 2: Características internas e externas dos frutos de juá. Fonte: Moniz (2002)	12
Figura 3. 1: Obtenção de amêndoa da semente do juá utilizando torno de bancada.....	22
Figura 4. 1: Cinética de secagem das amêndoas da semente de juá ajustadas ao modelo de Dois Termos, com velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s.	43
Figura 4. 2: Cinética de secagem das amêndoas da semente de juá ajustadas ao modelo de Dois Termos, com velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s.	44
Figura 4. 3: Isoterma de adsorção de água da farinha de amêndoa da semente de juá a 20, 30 e 40 °C ajustadas ao modelo de GAB.	54
Figura 4. 4: Biscoitos formulados com 0, 2 e 4% de farinha de amêndoa da semente de juá.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 3. 1: Modelos matemáticos para a cinética de secagem	25
Tabela 3. 2: Modelos de ajuste das isotermas de adsorção de umidade.....	28
Tabela 3. 3: Formulação para elaboração de biscoitos do tipo cookies com a farinha de amêndoa da semente de juá e fécula de mandioca em substituição do trigo.....	30
Tabela 4. 1: Caracterização química, física e físico-química das amêndoas da semente de juá <i>in natura</i>	32
Tabela 4. 2: Compostos bioativos presentes nas amêndoas da semente de juá <i>in natura</i>	36
Tabela 4. 3: Valores médios dos tempos de secagem e teor de água das amêndoas da semente de juá em diferentes temperaturas e velocidades do ar de secagem.....	38
Tabela 4. 4: Parâmetros dos modelos ajustados às curvas de secagem de amêndoa da semente de juá nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de 1,0 m/s.	40
Tabela 4. 5: Parâmetros dos modelos ajustados às curvas de secagem de amêndoa da semente de juá nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de 1,5 m/s.	41
Tabela 4. 6: Caracterização química, física e físico-química da farinha de amêndoa da semente de juá.	45
Tabela 4. 7: Compostos bioativos presentes na farinha de amêndoa da semente de juá.....	48
Tabela 4. 8: Caracterização física da farinha de amêndoa da semente de juá.....	49
Tabela 4. 9: Parâmetros de ajuste dos modelos testados da isoterma de adsorção da farinha de amêndoa da semente de juá, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.	52
Tabela 4. 10: Valor de DL50, limites superior e inferior calculados para a amêndoa da semente de juá.	55
Tabela 4. 11: Composição centesimal dos biscoitos tipo cookies formulados com 0, 2 e 4% de farinha de amêndoa da semente de juá.	57

RESUMO

O juazeiro é uma árvore endêmica da caatinga, sendo largamente distribuída em todo nordeste brasileiro. Seus frutos são conhecidos pela utilização no tratamento de problemas de pele, gastrites, gripes, na fabricação de antissépticos bucais, cremes dentais, shampoos, além de serem muito estimados por crianças e adultos, pois mitiga a fome e a sede em períodos de seca. Entretanto, as potencialidades dessa espécie como fonte de nutrientes importantes para a dieta humana ainda é pouco conhecida. Diante disso, nesta pesquisa objetivou-se, avaliar o potencial tecnológico e nutricional das amêndoas de juá. Estudou-se a cinética de secagem das amêndoas nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de 1,0 e 1,5 m/s. Os dados obtidos foram ajustados pelos modelos matemáticos de Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico, Logistic, Page e Thompson. O modelo de Dois Termos demonstrou uma melhor representação dos dados experimentais para as três temperaturas e duas velocidades do ar de secagem utilizadas. A farinha de amêndoa da semente de juá foi processada para a elaboração de biscoitos mediante secagem em um secador convectivo na temperatura de 70 °C e velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s. Avaliou-se a composição centesimal da farinha e das amêndoas in natura, os resultados obtidos demonstraram que a composição nutricional da farinha de amêndoa se manteve preservada mesmo após a secagem. Determinou-se os teores de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e antocianinas da farinha obtida, indicando que a mesma pode ser utilizada como fonte de compostos bioativos antioxidantes. Determinou-se a massa específica aparente, massa específica compactada e o Fator de Hausner e Índice de Carr da farinha de amêndoa. Os valores obtidos demonstraram que a farinha de amêndoa da semente de juá não apresentaram problemas de fluidez e tem fácil reconstituição. As isotermas de adsorção de umidade da farinha de amêndoa da semente de juá foram determinadas em temperaturas de 20, 30, 40 °C; O modelo de GAB resultou no melhor ajuste à essa isoterma em todas as temperaturas estudadas. Avaliou-se a citotoxicidade de amêndoa da semente de juá, os resultados obtidos demonstraram que a amêndoa foi considerada não tóxica por ter apresentado valores de DL50 acima de 1000 µg/mL. Foram elaborados três formulações de biscoitos, sendo: uma com adição de 0% da farinha de amêndoa da semente de juá (Controle), e as outras com 2 e 4%, respectivamente; em substituição ao farelo de trigo da formulação controle. Os biscoitos apresentaram baixos valores de umidade e atividade de água, a adição da farinha de amêndoa da semente de juá ocasionou um aumento nos teores de lipídios e proteínas dos biscoitos formulado com 2 e 4%.

Palavras chave: *Ziziphus joazeiro*, secagem, compostos bioativos, aproveitamento tecnológico.

ABSTRACT

The juazeiro is an endemic tree of the caatinga, being widely distributed throughout northeastern Brazil. Its fruits are known for their use in the treatment of skin problems, gastritis, flu, the manufacture of oral antiseptics, toothpaste, shampoos, as well as being highly esteemed by children and adults, as it alleviates hunger and thirst in periods of drought. However, the potential of this species as a source of important nutrients for the human diet is still little known. Therefore, in this research, the objective was to evaluate the technological and nutritional potential of almonds from juá. The kinetics of drying of the almonds were studied at temperatures of 60, 70 and 80 °C and air velocity of 1.0 and 1.5 m/s. The obtained data were adjusted by the mathematical models of Two Terms, Henderson & Pabis, Logarithmic, Logistic, Page and Thompson. The Two Terms model demonstrated a better representation of the experimental data for the three temperatures and two speeds of the drying air used. The almond meal of the juá seed was processed for the preparation of cookies by drying in a convective dryer at a temperature of 70 °C and a drying air velocity of 1.5 m/s. It was evaluated the centesimal composition of the flour and the almonds in natura, the results obtained demonstrated that the nutritional composition of the almond flour was preserved even after drying. The contents of total phenolic compounds, total flavonoids and anthocyanins of the obtained flour were determined, indicating that the flour can be used as sources of bioactive antioxidant compounds. The apparent specific mass, compacted specific mass and the Hausner Factor and Carr Index of the almond flour were determined. The values obtained showed that the almond meal of the juá seed had no problems of fluidity and has easy reconstitution. Moisture adsorption isotherms of the juá seed kernel were determined at temperatures of 20, 30, 40 °C; the GAB model resulted in the best adjustment to the moisture adsorption isotherm at all temperatures studied. The toxicity of juá kernel almond was evaluated, the results obtained showed that the almond was considered non-toxic because it presented values of DL 50 above 1000 µg/mL. Three biscuit formulations were prepared: one with addition of 0% of the almond flour of the juá seed (Control), and the others with 2 and 4%, respectively; in substitution to the wheat bran of the control formulation. The biscuits had low values of moisture and water activity, the addition of the almond flour of the juá seed caused an increase in the contents of lipids and proteins of the biscuits formulated with 2 and 4%.

Keywords: *Ziziphus joazeiro*, drying, bioactive compounds, technological use.

1. INTRODUÇÃO

Com uma grande variedade de espécies animais e vegetais, a Caatinga é conhecida como um bioma genuinamente brasileiro (SILVA et al., 2011). Esse bioma ocupa uma área de 850.000 km² que se estende por parte dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Sergipe e Paraíba.

A diversidade dos recursos vegetais da Caatinga possibilita a sua utilização para diversos fins pela população regional, principalmente para a alimentação. De suas plantas podem ser aproveitados os frutos e outras partes comestíveis como raízes, sementes, folhas e caules que, quando não são consumidos diretamente pela família, são comercializados em feiras livres (GIULIETTI et al., 2004).

O *Zizyphus joazeiro* Mart. é uma árvore conhecida popularmente como juazeiro, joazeiro, joá, juá, juá espinho, juá-fruta, laranjeira-de-vaqueiro, enjoaá, enjuá (LORENZI, 2002; ITF, 2008).

É uma planta perenifólia, heliófita e seletiva higrófita, característica e exclusiva de várzeas da região semiárida, seu profundo sistema radicular permite retirar água do subsolo para manter-se verde mesmo durante o período de estiagem. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, que são amplamente disseminadas pelos animais (LORENZI, 2002).

Seus frutos são ricos em vitamina C, sendo muito consumidos in natura ou processados como doces e geleias, o suco do fruto é usado para tratar a pele acneica, limpar e amaciar a pele do rosto e também procurados avidamente por aves e outros animais. De acordo com os estudos de Cavalcanti et al. (2011) a farinha obtida a partir dos frutos de joazeiro apresenta-se como uma alternativa promissora para o aproveitamento em formulações alimentícias.

Apesar da grande utilidade, a exploração do juazeiro limita-se ao extrativismo e existem poucos conhecimentos capazes de contribuir para o desenvolvimento tecnológico da cultura (BRITO et al., 2005).

O beneficiamento das sementes de juá, transformando-as em farinha e utilizando-as como ingrediente na elaboração de produtos alimentícios é uma para o aproveitamento de um produto quase inexplorado, além de uma forma de minimizar os impactos ambientais causados pela exploração de culturas exóticas, estimulando a preservação e disseminação de uma espécie nativa do semiárido.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial nutricional e tecnológico de amêndoa de juá.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar as características químicas e físico-químicas de amêndoa de juá (teor de água, proteínas, lipídios, cinzas, açúcares totais, açúcares redutores, carboidratos, acidez, atividade de água e cor);
- b) Determinar os compostos fenólicos presentes na amêndoa de juá;
- c) Estudar a cinética de secagem de amêndoa de juá nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de secagem de 1,0 e 1,5 m/s;
- d) Produzir farinha de amêndoa de juá;
- e) Analisar as características químicas, físico-químicas (umidade, proteínas, lipídios, cinzas, açúcares totais, açúcares redutores, carboidratos, acidez, atividade de água e cor) e os compostos fenólicos presentes na farinha de amêndoa de juá;
- f) Determinar as características físicas (massa específica aparente, massa específica compactada, Fator de Hausner e Índice de Carr) da farinha de amêndoa de juá;
- g) Analisar o comportamento higroscópico por meio do levantamento de isotermas de adsorção de umidade da farinha de amêndoa de juá nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C;
- h) Avaliar a toxicidade da farinha de amêndoa de juá; e
- i) Produzir biscoitos tipo cookies formulados com 0, 2 e 4% da farinha de amêndoa de juá, avaliando a sua composição centesimal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Juá (*Ziziphus joazeiro*)

O *Ziziphus joazeiro* Mart. é uma planta típica do semiárido nordestino, onde está localizada a Caatinga, um bioma exclusivamente brasileiro. Dessa forma, podemos encontrá-lo nos nove estados que compõem a região Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e até mesmo no norte de Minas Gerais, geralmente ao longo dos vales (DIÓGENES, 2010).

É uma árvore de porte que varia de médio a alto (Figura 1), de tronco reto ou tortuoso, armado de fortes espinhos, com ramos flexuosos, subdivididos, pubescentes ou não, que frequentemente se esgalham a partir da base do caule, apresentando flores pequenas, amarelo-esverdeadas, reunidas em inflorescências cimosas que dão origem aos frutos tipo drupa globosa, amarelada, com um caroço grande, envolto em polpa mucilaginosa doce e branca (BRAGA, 1980). As árvores dessa espécie se caracterizam por permanecer verdes mesmo durante o período de estiagem, além disso, vivem mais de 100 anos, e em boas condições de água e fertilidade do solo, chegam a atingir até 12 m.

De acordo com Mendes (1996) de todas as árvores do Nordeste brasileiro, o *Ziziphus joazeiro* é a mais tipicamente sertaneja, sendo uma das poucas espécies desse gênero adaptadas ao clima seco. Mesmo sendo uma planta de clima quente, é perfeitamente adaptada aos climas, subúmido, semiúmido e semiárido.



Figura 2.1: Árvore do *Ziziphus joazeiro* Mart. Fonte: Carvalho (2007)

O *Ziziphus joazeiro* é uma árvore muito conhecida pelos nordestinos, servindo de alimentação para o gado no período de seca, fornecendo frutos para alimentação humana, medicamentos e madeira. Diante disso, alguns autores tem pesquisado cada vez mais o potencial econômico e científico dessa espécie. As partes mais utilizadas são as folhas, cascas, entrecasas, frutos e raízes, as indicações são como febrífugo, bactericida, analgésico, cicatrizantes tópico, calutório para cavidade oral, gengivites, higiene bucal, visto que possui propriedade que retira a placa dentária, tônico hepático e cardíaco, adstringente, diurético, tônico capilar para seborreia e alopecia, caspa, para a limpeza do couro cabeludo e dos fios capilares, afecções respiratórias bacterianas superiores, tosse, bronquite (LIMA, 2006; ITF, 2008).

Brito et al. (2015) avaliaram o perfil químico e as atividades antioxidantes, antimicrobianas e antiparasitas do extrato hidroalcoólico das folhas de *Ziziphus joazeiro* Mart. Os resultados mostraram a presença de taninos e flavonoides, como ácido cafeico e quercetina, além disso, os níveis de polifenóis e flavonoides foram de 183,136 e 7,37 mg/g de extrato, respectivamente. Dessa forma os resultados indicaram que o *Ziziphus joazeiro* pode ser uma fonte de produtos naturais derivados de plantas que levam ao desenvolvimento de novos compostos antibióticos promissores para doenças infecciosas.

Segundo Alviano et al. (2008), o extrato aquoso, da entrecasca de juá apresentou atividade contra bactérias da microbiota oral, associadas à doenças peridentais, *Prevotella intermedia*, *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacteriumnucleatum*, *Streptococcusmutan* e *Lactobacillus casei*, bactérias cariogênicas.

Silva et al. (2011) estudaram a atividade antioxidante e antimicrobiana de *Ziziphus joazeiro* em uma avaliação comparativa entre cascas e folhas dessa espécie. Os resultados mostraram que ambos os extratos de *Ziziphus joazeiro* possuem atividade antioxidante de 461,88 e 1.743,05 mg/mL para as folhas e casca, respectivamente. O extrato de folhas mostrou concentração mínima inibitória entre 0,25-0,5 mg/mL contra *Micrococcus luteus* e entre 0,125-0,250 mg/mL contra *Mycobacterium smegmatis*, enquanto o extrato da casca apresentou CMI entre 0,5-1,0 mg /mL *M. smegmatis*, mostrando a viabilidade dessa espécie na prevenção de contaminações contra esses tipos de microrganismos.

Nascimento et al. (2011) avaliaram o potencial químico e nutricional de vários frutos de plantas da região semiárida do Nordeste brasileiro. Nove espécies foram selecionadas pelos autores, dentre elas está o *Ziziphus joazeiro*. De acordo com os resultados, a espécie apresentou valores de 1,21 (g/100 g) de cinzas, 2,19 (g/ 100 g) de proteínas, 1,11 (g/100 g) de

lipídios, 19,38 (g/100 g) de carboidratos, 21,5 °Brix, 0,38% de ácido cítrico e um valor calórico de 96,27 (cal/100 g). Esses resultados mostram que essas espécies têm potencial nutricional elevado e podem ser utilizados em programas para melhorar a qualidade de alimentos entre a população rural.

2.1.1 Características físicas e físico-químicas dos juás

Botanicamente o fruto da espécie *Ziziphus joazeiro* Mart. é um nukulânio, que apresenta um endocarpo pétreo 2-locular, contendo uma semente por lóculo (MONIZ, 2002). Do ponto de vista do consumidor tanto as características físicas dos frutos referentes à aparência externa e interna, tamanho, forma, cor da casca, quanto as características físico-químicas relacionadas ao sabor, aroma, textura e valor nutritivo, são atributos imprescindíveis para comercialização e utilização dos frutos na elaboração de produtos.

Os frutos de joazeiro (Figura 2) se caracterizam por serem globosos, amarelos, drupáceos, comestíveis, com pedúnculos cortados, possuem um caroço grande envolto em uma polpa mucilaginosa doce e branca com uma semente dura que se parte em duas metades (DINIZ et al, 2006; ITF, 2008).

Silva et al. (2011) caracterizaram física e físico-quimicamente os frutos de cinco acessos de juazeiro. Os autores analisaram as características físicas de massa fresca dos frutos, comprimentos longitudinal e transversal, DL/DT e firmeza da polpa, em que os valores encontrados para a massa fresca dos frutos variaram de 3,19 a 3,91 g. Já os valores de diâmetro longitudinal variaram de 15,54 a 16,34 mm e o diâmetro transversal variou de 17,91 a 19,94 mm. Os valores de firmeza das polpas variaram de 23,02 a 30,24 N, mostrando que há uma variabilidade nos parâmetros físicos dos frutos que depende do local onde os mesmos são coletados.

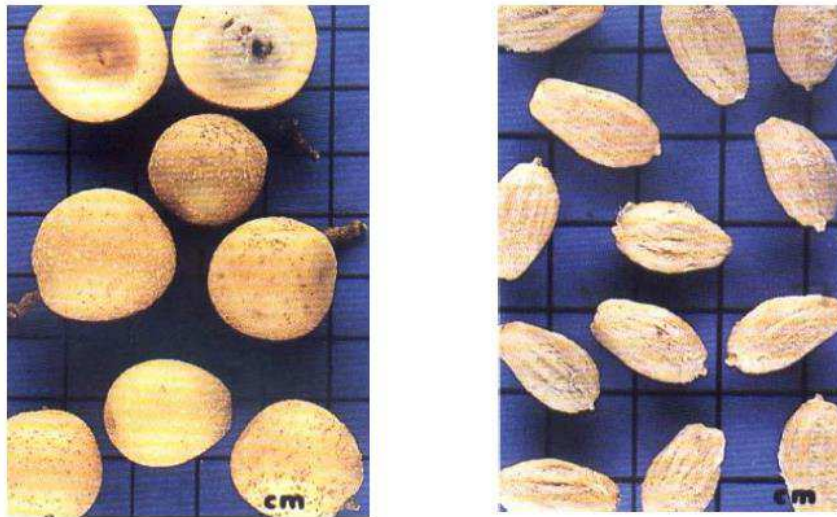


Figura 2.2: Características internas e externas dos frutos de juá. Fonte: Moniz (2002)

Silva et al. (2011) analisaram as características físico-químicas dos frutos, quanto ao teor de vitamina C, sólidos solúveis, acidez e pH. Os frutos apresentaram valores de vitamina C variando de 65,78 a 102,58. Já a porcentagem de sólidos solúveis variou entre 13,55 e 19,52%, fazendo com os frutos de juá possam ser uma boa opção para elaboração de sucos, doces, entre outros produtos. Ainda de acordo com os autores os frutos se apresentaram com acidez elevada, variando de 0,12 a 0,14, o mesmo foi observado nos valores de pH que alternaram de 5,65 a 6,89.

A avaliação física e físico-química de frutos de juazeiro em diferentes estádios de maturação realizados por Silva et al. (2016) classificaram os frutos em cinco estádios de maturação, nos quais avaliaram os parâmetros físicos de massa fresca, diâmetro e espessura dos frutos e físico-químicos, referentes ao teor de umidade, cinzas, sólidos solúveis, pH, acidez titulável e vitamina C. Os autores obtiveram valores de massa fresca de 2,0 a 3,91 g para os frutos, 0,2 a 0,8 g para semente e de 1,5 a 2,8 g para polpa dos frutos. Quanto ao comprimento, os valores encontrados para o diâmetro longitudinal variaram de 14,28 a 15,69 mm, já o diâmetro transversal variou de 14,74 a 18,80 mm.

De acordo com os mesmos autores foram encontrados valores de umidade de 64,03 a 75,12% nas polpas dos frutos de juá. Quanto às cinzas os frutos obtiveram porcentagens de 4,81 a 11,26%, mostrando uma boa quantidade de minerais presentes nos mesmos. Verificaram que os índices de °Brix dos frutos foram elevados, os quais variaram de 22,4 a

35,3 °Brix, o mesmo ocorrendo com os valores de acidez e pH, com valores de 0,19 a 0,29 e 5,67 a 6,45, respectivamente. Os valores de vitamina C encontrados variaram de 6,64 a 10,84 mg/100 g, os resultados apontaram que os frutos maduros apresentam uma melhor qualidade podendo ser aproveitados na indústria alimentícia.

2.2. Secagem

Com o crescimento da agroindústria e crescente demanda nas indústrias de processamento de polpa de frutas, veio a necessidade de encontrar formas de aproveitamento para os resíduos, transformando-os em benefícios financeiros e minimizando impactos ambientais (MOURA et al., 2014). De acordo com Koyuncu et al. (2007) um dos processos alternativos que pode ser utilizado para tal finalidade é a secagem, um método de preservação aplicável a ampla gama de produtos agrícolas.

A secagem é uma operação importante, tendo como principal intuito aumentar a vida útil de produtos agrícolas para posterior utilização em aplicações industriais. Consiste na remoção de parte da água livre presente no alimento possibilitando o armazenamento à temperatura ambiente, técnica que permite que não haja perdas significativas de suas características organolépticas e nutricionais (COELHO & AZEVEDO, 2012).

Ao realizar secagem convectiva das cascas e sementes de abacate utilizando as temperaturas de 45, 60 e 75 °C e velocidades do ar de 0,8, 1,2 e 1,6 m/s, e densidade de 1, 2 e 3 kg/m², Saavedra et al. (2017) avaliaram o efeito de cada temperatura, velocidade do ar e densidade, visando minimizar a perda de compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Os autores concluíram que o processo realizado à 75 °C, 0,8 m/s e 1,2 kg/m² é a melhor opção para a secagem da casca e da semente de abacate devido a sua rápida remoção de água do produto e mínima degradação dos compostos fenólicos, bem como da capacidade antioxidante desses resíduos, em comparação com as outras combinações desses parâmetros.

Chielle et al. (2016) realizaram o estudo da secagem em leito de jorro das sementes de mamão papaya, para produção de óleo. Essa secagem foi efetuada variando as condições operacionais como temperatura, velocidade do ar e tempo de secagem, em que os experimentos foram realizados ao acaso. As temperaturas utilizadas pelos autores variaram de 52,1 a 70 °C, já a velocidade do ar e o tempo de secagem variaram de 9,24 a 11,76 m/s e 0,50 a 4 h, respectivamente. Os resultados mostraram que o secador em leito de jorro,

independentemente da condição experimental, forneceu sementes de mamão com teor de umidade adequado para armazenamento e processamento posterior. A condição de secagem mais adequada, para obter alto rendimento de extração de óleo foi a temperatura do ar de 70 °C, velocidade do ar de 10,50 m/s e tempo de secagem de 4 h.

Alcântara et al. (2012) caracterizaram físico-quimicamente as farinhas obtidas do pedúnculo do caju e da casca do maracujá, quanto aos parâmetros de umidade, pH, cinzas, sólidos solúveis, açúcares redutores e pectina. O primeiro tipo de farinha foi obtida por secagem em estufa com circulação de ar a 55 °C, já a segunda foi obtida por secagem em leito fixo a mesma temperatura e vazão de ar de 1,1 m/s. Os resultados mostraram que a farinha do pedúnculo de caju apresentou os seguintes valores na caracterização: umidade 14,73% b.u, pH 4,15, resíduos minerais 2,07% b.u, 36,67 °Brix, açúcares redutores 31,12 g/100g e pectina 10,67%. A farinha da casca do maracujá apresentou os seguintes valores na caracterização: umidade 6,04% b.u, pH 3,77, resíduos minerais 6,86% b.u, 30 °Brix, açúcares redutores 17,73 g/100 g e pectina 16,66%. Esses resultados mostram o potencial de utilização dessas farinhas obtidas por meio desses métodos de secagem para produção de bioprodutos de alto valor agregado que podem ser utilizados em processos alimentícios.

Sorgi et al. (2013) realizaram o estudo da secagem da casca e das sementes de manga da variedade Tommy Atkins, por liofilização, convectiva, secagem a vácuo e por infravermelho, analisando os compostos fenólicos, a atividade antioxidante e as propriedades funcionais das mesmas. Os resultados mostraram que os resíduos de manga liofilizados apresentaram maiores propriedades antioxidantes quando comparado às outras técnicas. Os valores de atividade antioxidante da casca e da semente variaram de 418-776 e 1547-1819 µmol TE/g db. A solubilidade da casca e da semente em pó foi a mais alta. O índice de absorção de água e óleo de resíduo de manga em pó variou entre 1,83-6,05 e 1,66-3,10, respectivamente. Os pós liofilizados tiveram os valores de densidade aparente mais baixos entre as diferentes técnicas testadas. Os resultados encontrados pelos autores demonstraram que os resíduos secos com essas técnicas podem ser potencialmente utilizados em produtos alimentares para melhorar suas propriedades nutricionais e antioxidantes.

Hemis et al. (2015) estudaram a influência da densidade de potência de micro-ondas nas condições iniciais de secagem das sementes de canola. Os estudos foram conduzidos em um secador convectivo acoplado de micro-ondas, utilizando as densidades de 0,5, 1,1 e 2,0 W/g e temperaturas de 40 a 60 °C. Os resultados mostraram que uma densidade de potência

de 0,5 W/g e um fluxo controlado de ar quente convectivo à 60 °C com baixa umidade relativa proporcionaram resultados adequados. Com isso o uso de energia de micro-ondas durante a secagem de sementes de canola resultou em uma secagem mais rápida quando associada à secagem convectiva com baixa umidade relativa.

Avhad & Marchetti (2015) estudaram o efeito da temperatura e do pré-tratamento na secagem de sementes de abacate. A secagem foi realizada nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C em forno de aquecimento, além disso, os autores investigaram a aparência física das sementes de abacate imersas em água a diferentes temperaturas de 30, 45, 52,5, 60 e 75 °C. Os resultados obtidos sugeriram que o aumento da temperatura do ar operacional acelerou a taxa de evaporação da umidade, porém em altas temperaturas resultou na carbonização da superfície da semente. Os autores também observaram que o pré-tratamento reduziu o tempo de secagem. O processo de secagem realizado à 40 °C durante 1440 min resultou em perda de peso de 54,50 e 56,75% das sementes de abacate trituradas e cortadas, respectivamente, os resultados também mostraram que a temperatura ambiente superior à 40 °C poderia prejudicar a aparência física e reduzir a qualidade das sementes, sendo esta temperatura a mais adequada para a secagem sem perdas significativas.

2.3. Cinética de secagem

A secagem pode ser avaliada a partir da cinética de secagem, na qual se verifica o comportamento do material que está sendo seco, ou seja, a rapidez com que o alimento perde umidade, representado pelas curvas e taxa de secagem.

O comportamento da curva de secagem de um sólido úmido mediante um fluxo de ar a uma determinada temperatura é sempre o mesmo. Já a curva da taxa de secagem é obtida derivando-se os dados de umidade em função do tempo de secagem (MOURA et al., 2014).

Alexandre et al. (2013) relataram que as informações apresentadas nas curvas de secagem são essenciais para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento de equipamentos; através delas, pode-se estimar o tempo de secagem de certa quantidade de produtos e, com o tempo necessário para a produção, estima-se o gasto energético que refletirá no custo de processamento e influenciará no preço final do produto.

Os estudos da cinética de secagem de vários produtos alimentícios podem ser descritos por modelos matemáticos que são ferramentas importantes e muito utilizados na otimização de processos.

2.3.1 Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos tem a finalidade de apresentar a diminuição da umidade durante a secagem de produtos, sendo utilizados para representar a cinética de secagem através do estudo das variáveis envolvidas no processo e examinar o melhor ajuste dos dados experimentais.

Diversos modelos matemáticos são utilizados para descrever o comportamento da secagem de produtos agrícolas, os quais podem ser classificados como: teóricos, empíricos e semiempíricos. Os modelos teóricos consideram os diferentes mecanismos de transporte de umidade e consistem na solução das equações da transferência de massa e de calor no material. Os modelos semiempíricos levam em conta a transferência de massa e admitem o processo como isotérmico. Já os modelos empíricos são amplamente usados para a obtenção da cinética de secagem, resultando em equações ajustadas com dados experimentais que descrevem de modo simples a umidade do material com o tempo para condições específicas do processo de secagem (VIEIRA, 2014).

Dentre os modelos matemáticos, mais utilizados são o de Page, Lewis e Henderson & Pabis, por descreverem com boa aproximação o comportamento da cinética de secagem, conforme testados por vários autores.

O modelo de Page (Equação 2.1) é um modelo empírico bastante utilizado para a obtenção das curvas de secagem de vários produtos. Azeez et al. (2017) utilizaram entre outros modelos o de Page para avaliar a cinética de secagem de fatias de tomate, bem como a influência da temperatura nas atividades antioxidantes e demais compostos bioativos das mesmas, na temperatura de 50, 60 e 70 °C, concluindo que esse modelo apresentou melhor ajuste aos dados experimentais.

$$RX = \exp(-k t^n) \quad (2.1)$$

Em que:

RX – razão do teor de água;

k, n – parâmetros do modelo; e,

t - tempo de secagem.

O modelo de Lewis (Equação 2.2) assume que a taxa de secagem é proporcional a diferença entre o conteúdo de umidade médio em um determinado tempo, t , e o conteúdo de umidade de equilíbrio do material. Em seus estudos sobre a comparação de modelos matemáticos da cinética de secagem de cascas de manga espada, André et al. (2014) utilizaram o modelo de Lewis na temperatura de 50, 60 e 70°C, em que esse modelo apresentou o melhor ajuste aos dados.

$$RX = \exp(-kt) \quad (2.2)$$

Em que:

RX – razão do teor de água;

k – parâmetro do modelo; e,

t - tempo de secagem.

O modelo de Henderson & Pabis (Equação 2.3) é um modelo empírico muito utilizado na determinação das curvas de secagem de produtos agrícolas. Silva Filho et al. (2016) utilizaram o modelo de Henderson & Pabis para descrever a secagem em camada de espuma da polpa de manga cv. espada, em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) e espessuras da camada de espuma (0,5, 1,0 e 1,5 cm). O modelo de Henderson & Pabis descreveu, de forma mais satisfatória, os dados de secagem de espuma, apresentando o maior coeficiente de determinação (R^2) e o menor desvio quadrático médio (DQM).

$$RX = a \exp(-kt) \quad (2.3)$$

Em que:

RX – razão do teor de água;

k, a – parâmetro do modelo; e,

t - tempo de secagem.

Inúmeros trabalhos já foram desenvolvidos para avaliar a secagem de diversos tipos de resíduo como descritos a seguir.

Santos et al. (2013) estudaram a cinética de farinha de grãos de urucum, em que o processo foi conduzido em estufa com circulação de ar forçada nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C e velocidade do ar de 1 m/s. Os dados experimentais foram ajustados aos modelos de Aproximação da Difusão, Dois Termos, Midilli, Page e Thompson. O aumento da temperatura de secagem promoveu redução nos tempos de desidratação. Dentre os modelos de secagem estudados o de Dois Termos apresentou maiores valores dos coeficientes de determinação e alguns dos menores valores de DQM, obtendo o melhor ajuste dos dados.

Faria et al. (2012) realizaram o estudo da cinética de secagem das sementes de crambe, utilizando um secador de leito fixo horizontal, com ventilação forçada. Os autores utilizaram um delineamento inteiramente casualizado com três repetições, em que os tratamentos foram constituídos de cinco teores de água (0,11; 0,13; 0,17; 0,25 e 0,28 b.s) e cinco temperaturas do ar de secagem (30; 40; 50; 60 e 70 °C), respectivamente. Foram ajustadas doze equações empíricas e semiempíricas aos dados experimentais: Page, Midilli, Henderson & Pabis, Henderson & Pabis modificado, Aproximação por difusão, Dois Termos, Exponencial de Dois Termos, Logarítmico, Thompson, Newton, Verna e Wang e Sing. Dentre os modelos testados pelos autores, o de Aproximação por difusão representou satisfatoriamente o processo de secagem das sementes de crambe, sendo o modelo selecionado para descrever a cinética de secagem.

Foram determinadas as cinéticas de secagem em camada fina das sementes de uva por Johann et al. (2016) modelando as curvas de secagem nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidades do ar de 0,8, 1,2 e 1,6 m/s, utilizando os modelos de Verna, Page, Newton, Henderson & Pabis e Dois Termos. De acordo com os resultados obtidos o modelo Dois Termos descreveu melhor a cinética de secagem para todas as condições, apresentando os maiores valores de R², bem como o menor valor de DQM.

Motri et al. (2013) avaliaram a cinética de secagem das sementes de figo-da-índia utilizando secador convectivo. O estudo foi realizado com temperaturas de 45 e 70 °C, umidade relativa de 15 e 35% e velocidade do ar de 1 e 2 m/s. Os dados experimentais foram ajustados aos modelos de Lewis, Page, Page Modificado, Henderson & Pabis, Logarítmico,

Dois Termos e Verna. Os autores observaram que os aumentos da temperatura de secagem e da velocidade do ar proporcionaram um aumento na taxa de secagem das sementes. O modelo de Verna foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais.

Souza et al. (2015) estudaram as cinéticas de secagem das cascas de cajá e umbu-cajá em estufa de circulação de ar sob diferentes condições de temperatura e aplicaram equações para ajustes dos dados experimentais. Os dados foram ajustados às equações de Page, Midilli e Wang & Sing. Com base nos resultados concluíram que para as condições utilizadas, a cinética de secagem das cascas de cajá e umbu-cajá ocorreu num período de taxa decrescente e a equação de Page foi a que melhor representou a secagem para as cascas de cajá, enquanto o umbu-cajá, a equação de Midilli apresentou os melhores resultados.

2.4. Farinhas alternativas

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, farinhas são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos (BRASIL, 2005).

A elaboração de farinhas provenientes de resíduos de frutas é uma das formas de obtenção de subprodutos na indústria alimentícia e uma alternativa viável para o aproveitamento integral das frutas, sendo também uma estratégia para minimizar os problemas ambientais causados pelo descarte de resíduos na natureza (OLIVEIRA et al., 2014).

Vários estudos envolvendo o aproveitamento dos resíduos para produção de farinhas tem recebido destaque tais como: farinha do resíduo de acerola (PEREIRA et al., 2013), farinha da entrecasca de melancia (GUIMARÃES et al., 2010), farinha do resíduo de processamento de laranja (CLEMENTE et al., 2012), farinha da casca de manga (SANTOS, 2013).

Santos et al. (2014), elaboraram uma farinha com cascas de limão para o desenvolvimento de biscoitos. O produto apresentou maior quantidade de fibras quando comparado ao biscoito formulado somente com farinha de trigo. Além disso, observou-se um aumento significativo da quantidade de polifenóis totais e atividade antioxidante dos biscoitos formulados com a farinha residual. Na análise sensorial os biscoitos com maiores quantidades da farinha da casca de limão, apresentaram resultados satisfatórios quanto às características de textura, aparência, cor e sabor, obtendo maior aprovação por parte dos provadores.

As sementes de goiaba foram desidratadas e transformadas em farinha para elaboração de biscoitos por Silveira et al. (2016). Os autores produziram três formulações de biscoito, nas concentrações de 10, 30 e 50%, em relação ao peso total da farinha de trigo da formulação original. Observou-se que com a incorporação da farinha das sementes de goiaba, houve um aumento na quantidade de fibras, lipídios, cinzas e proteínas nos biscoitos. Os provadores participantes da pesquisa relataram um índice de aceitabilidade de 82% para os biscoitos formulados com 30% de farinha da semente de goiaba, sendo o mais aceito também na intenção de compra.

Alves et al. (2012) utilizaram farinha da semente de abóbora (FSA) de quatro formulações distintas: padrão, 5% de FSA, 10% de FSA e 15% de FSA, determinando a composição centesimal e realizando a análise sensorial por meio de teste afetivo. Os resultados indicaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as formulações em relação à umidade, lipídeos, carboidratos e valor energético, enquanto que proteína e cinzas não diferiram entre os tratamentos. Com o aumento das proporções de FSA, observou-se aumento do teor de umidade e redução do valor energético e conteúdo de carboidratos. Na análise sensorial, os autores verificaram que a amostra padrão obteve a melhor aceitação em todos os atributos sensoriais, entretanto o pão formulado com 5% de FSA apresentou aceitação similar ao padrão, indicando a possibilidade de comercialização do produto.

Erkel et al. (2015) avaliaram a aceitabilidade e a característica físico-química de biscoitos formulados com farinha da casca de abacaxi. Os resultados apontaram que a adição de 8% dessa farinha proporcionou um aumento na quantidade de cinzas, lipídios e proteínas dos biscoitos. Essa mesma quantidade de farinha agregada aos biscoitos demonstrou ótima aceitabilidade pelos provadores, obtendo aceitação sensorial semelhante ao produto padrão.

Carvalho (2015) estudou o efeito da adição da farinha de casca de banana na elaboração de barras de cereais, concluindo que a farinha é viável do ponto de vista sensorial e contribuiu para a incorporação de compostos bioativos, agregando valor ao produto e diminuindo as perdas industriais.

Cavalcanti et al. (2011) obtiveram a farinha de juá através de secagem em estufa e posterior moagem, caracterizando-a físico-quimicamente. Os resultados mostraram que a farinha do fruto de juazeiro pode ser utilizada como uma alternativa promissora para o aproveitamento em formulações alimentícias como pães, bolos e biscoitos.

2.5. Isotermas de sorção de umidade

As isotermas de sorção podem apresentar-se de duas formas: isotermas de adsorção e isotermas de dessorção sendo obtidas a partir dos dados de ganho e perda de umidade, respectivamente.

É muito importante conhecer o comportamento higroscópico e construir as isotermas de adsorção para prever melhores condições de conservação, desenvolver embalagens adequadas, conhecer o teor de umidade de equilíbrio e conhecer as características físicas e físico-químicas dos produtos alimentícios (BEZERRA et al., 2011).

As isotermas fornecem dados para determinação da umidade ótima para a estabilidade de um produto desidratado em relação à oxidação de lipídios, atividade enzimática, preservação de componentes de sabor e características estruturais. Desta forma, as isotermas permitem a determinação da umidade adequada a ser atingida em um processo de secagem, aliando a segurança microbiológica e viabilidade econômica (AMBROS, 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Matéria-prima

Os frutos de juá (*Ziziphus joazeiro* Mart.) foram coletados no campus Campina Grande da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), PB, acondicionados em sacos de polietileno e transportados para o Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas – LAPP, da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola.

3.2. Processamento dos frutos e obtenção das amêndoas

Os frutos foram previamente lavados em água corrente para retirada das sujidades, em seguida higienizados com água clorada, por 15 min e lavados com água potável. Na sequência os frutos foram despulpados em uma despulpadeira, em que a partir do resíduo gerado por esse processamento foram obtidas as sementes, as quais foram lavadas e higienizadas. Após a higienização das sementes as mesmas foram quebradas para obtenção das amêndoas utilizando um torno de bancada, conforme mostrado na Figura 3.1, sendo posteriormente armazenadas em embalagens de polietileno para utilização das mesmas nas análises.

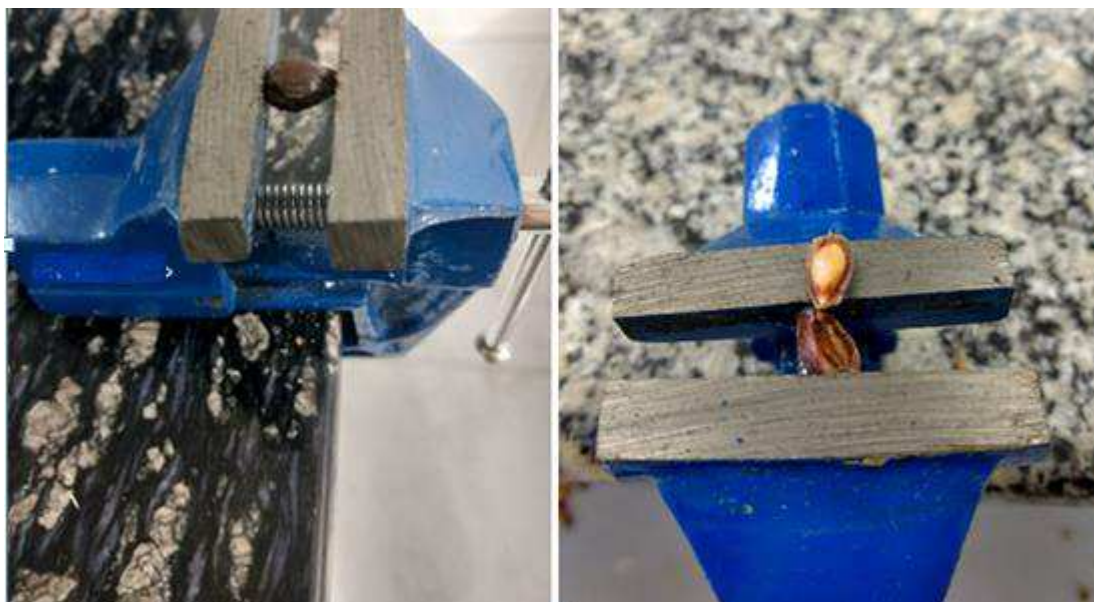


Figura 3.1: Obtenção de amêndoa do juá utilizando torno de bancada.

3.3. Determinação das características químicas e físico-químicas das amêndoas de juá

As amêndoas in natura foram analisadas quanto ao teor de água, proteínas, lipídios, cinzas, carboidratos, acidez, açúcares totais, açúcares redutores e cor, conforme as metodologias descritas a seguir.

3.3.1. Teor de água

O teor de água foi determinado segundo a metodologia descrita pelo IAL (2005). Os resultados expressos em percentagem (p/p).

3.3.2. Proteínas

O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl, também descrito pelo IAL (2005) e os resultados expressos em percentagem (p/p).

3.3.3. Cinzas

As cinzas foram determinadas segundo o método da IAL (2005) e os resultados expressos em percentagem (p/p).

3.3.4. Lipídeos

A quantidade de lipídeos foi determinada por extração pelo método de Bligh & Dyer (1959), e os resultados expressos em percentagem (p/p).

3.3.5. Carboidratos

O teor de carboidratos foi estimado por diferença, subtraindo-se de cem o somatório dos valores obtidos para umidade, cinzas, proteínas e lipídios.

3.3.6. Acidez

A acidez total titulável foi quantificada por titulometria com NaOH 0,1 N, de acordo com a metodologia proposta por IAL (2005).

3.3.7. Açúcares totais e redutores

A quantificação dos açúcares totais foi realizada pelo método de antrona com leitura em espectrofotômetro utilizando a metodologia proposta por Yemm e Willis (1954), já o teor de açúcares redutores seguiu o procedimento proposto por Miller (1959).

3.3.8. Cor

A determinação deste parâmetro foi realizada utilizando-se um colorímetro (HunterLab Xe Plus, modelo 4500 L) possuindo um sistema de coordenadas retangulares que definem a cor em termos do valor L*, a* e b*, em que a coordenada L* representa o quão claro ou escuro é o material em estudo, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco). A coordenada a* pode assumir valores entre -60 a +60, cujos extremos correspondem, respectivamente, ao verde e vermelho. A coordenada b* pode variar de -60 a +60, cujos extremos correspondem, respectivamente, ao azul e ao amarelo.

3.4. Cinética de secagem

Para os ensaios de secagem foi utilizado um secador convectivo situado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG – Campus I, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidades do ar de secagem de 1,0 e 1,5 m/s.

Inicialmente uma porção (em triplicata) da amostra foi para a estufa a fim de se determinar a umidade inicial (antes da secagem). Durante a secagem foi realizado o acompanhamento de perda de massa pesando-se o conjunto (amostra + cesta) em uma balança digital com precisão de ± 0,01 g em intervalos de tempo de 5, 10, 30 e 60 min, até atingir peso constante. Em seguida as amostras foram levadas a estufa a uma temperatura de 105 °C por 24 h para determinação da matéria seca. Os dados experimentais foram expressos na forma de razão de umidade (RU) descrito pela Eq. 3.1:

$$RU = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (3.1)$$

em que:

X – umidade absoluta, base seca, bs;

X_e – umidade de equilíbrio, bs; e,

X_o – umidade inicial, bs.

Os dados experimentais obtidos foram ajustados pelos modelos matemáticos de Page, Henderson & Pabis e de Lewis (Tabela 3.1), utilizando-se o programa computacional Statistica versão 7.0.

Tabela 3.1: Modelos matemáticos para a cinética de secagem

Modelo	Equação
Dois Termos	$RU = a \exp(-k t) + b \exp(-q t)$
Henderson & Pabis	$RU = a \exp(-k t)$
Logarítmico	$RU = a \exp(-k t) + c$
Logistic	$RU = a_0 / (1 + \exp(k t))$
Page	$RU = \exp(-k t^n)$
Thompson	$RU = \exp((-a - (a^2 + 4 b t)^{1/2}) / (2 b))$

RU – Razão de umidade (b.s.); t – Tempo (min); a, a₀, b, c, K, e n – Parâmetros dos modelos

Os critérios de avaliação utilizados para melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram o coeficiente de determinação (R²) e o desvio quadrático médio (DQM), calculado pela Eq. 3.2:

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum(RX_{exp} - RX_{pre})^2}{N}} \quad (3.2)$$

em que:

DQM – desvio quadrático médio;

RX_{pré} – razão de umidade predita;

RX_{exp} – razão de umidade experimental e,

N – número de dados experimentais.

3.5. Processamento das farinhas das amêndoas de juá

A farinha de amêndoa de juá foi obtida através de secagem convectiva, utilizando a temperatura de 70 °C e velocidade do ar de 1,5 m/s, após a secagem, as amêndoas de juá foram trituradas em um multiprocessador seguida de peneiramento para obtenção da farinha. O acondicionamento das farinhas foi realizado em sacos de polietileno e as amostras armazenadas em recipiente de vidro hermético contendo sílica gel e revestido com papel alumínio, para redução da incidência de luz, com filme de PVC para reduzir a absorção de umidade.

3.6. Caracterização físico-química da farinha de amêndoa de juá

A farinha de amêndoa de juá foi caracterizada quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos, de acordo com as análises descritas no item 3.3.

3.7. Quantificação de compostos bioativos das amêndoas e farinha de amêndoa de juá

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu segundo metodologia proposta por Waterhouse (2006), com modificações. Os flavonoides e antocianinas foram determinados segundo a metodologia proposta por Francis (1982) pelo método espectrofotométrico.

3.8. Caracterização física da farinha de amêndoa de juá

3.8.1. Massa específica aparente

Para determinação da massa específica aparente utilizou-se uma massa de farinha conhecida que em seguida, foi transferida para uma proveta graduada, na qual o volume foi utilizado no cálculo da massa específica aparente pela relação entre a massa e o volume.

3.8.2. Massa específica compactada

Para determinação da massa específica compactada utilizou-se a metodologia de Tonon et al. (2013) em que a massa de farinha foi pesada até que se completasse o volume de

10 mL na proveta. Em seguida, foi compactado batendo-se a proveta 50 vezes sobre a bancada; a massa específica compactada foi calculada pela relação entre a massa e o volume ocupado pela amostra compactada na proveta.

3.8.3. Fator de Hausner (FH)

O Fator de Hausner foi calculado pela relação entre a massa específica compactada e a massa específica aparente (Eq. 3.3) (HAUSNER, 1967). Esse fator está correlacionado com a fluidez do material granulado.

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_a} \quad (3.3)$$

em que:

FH – fator de Hausner, adimensional;

ρ_c – massa específica compactada, g/cm³; e,

ρ_a – massa específica aparente, g/cm³.

3.8.4. Índice de compressibilidade ou Índice de Carr (IC)

O Índice de Carr foi calculado (Eq. 3.4) conforme Bhusari et al. (2014). O índice de compressibilidade é um parâmetro relacionado à capacidade de compactação da farinha.

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_a}{\rho_c} \times 100$$

em que:

IC – Índice de Carr, %;

ρ_c – massa específica compactada, g/cm³; e,

ρ_a – massa específica aparente, g/cm³.

3.9. Isotermas de adsorção de umidade das farinhas de juá

As isotermas de adsorção foram determinadas aplicando-se o método estático-indireto conforme Capriste & Rotstein (1982), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, utilizando-se o determinador de umidade Aqualab, Modelo 3TE da Decagon Devices. O teor de água de equilíbrio foi determinado pela relação entre a massa da água e a massa das amostras.

3.9.1. Umidade de equilíbrio

Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa sem circulação de ar, à 105 °C por 24 h para determinação da massa seca e posteriormente a umidade de equilíbrio (Eq. 3.3).

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \quad (3.3)$$

em que:

X_{eq} – umidade de equilíbrio em base seca, % base seca;

m_{eq} – massa da amostra quando atingido o equilíbrio, g; e,

m_s – massa seca da amostra, g.

Para o ajuste matemático dos dados experimentais de adsorção das farinhas foram utilizados os modelos de Peleg, GAB, e Oswin (Tabela 3.2)

Tabela 3.2: Modelos de ajuste das isotermas de adsorção de umidade.

Modelo	Equação
Peleg	$X_{eq} = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2}$
GAB	$X_{eq} = \frac{x_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - C k a_w)}$
OSWIN	$X_{eq} = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)$

U_{eq} – Umidade de equilíbrio (% base seca); a_w – Atividade de água; X_m – Umidade na monocamada molecular; C e K – Parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto; a e b – Parâmetros de ajuste do modelo; k_1 , k_2 , n_1 e n_2 – Constantes do modelo

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foi: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Eq. 3.4.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_{eq(exp)} - X_{eq(teo)}}{X_{eq(exp)}} \right) \quad (3.4)$$

em que:

P – desvio percentual médio, %;

$U_{eq(exp)}$ – umidade de equilíbrio experimental, % base seca;

$U_{eq(teor)}$ – umidade de equilíbrio estimada pelo modelo, % base seca; e,

n – número de dados experimentais.

3.10. Citotoxicidade das amêndoas de juá

A análise de citotoxicidade foi baseada no método descrito por Meyer et al. (1982), utilizando *Artemia salina*. Inicialmente, foram adicionados em recipientes de vidro de 500 mL soluções salinas em várias concentrações (12,5; 25; 50; 150; 250 e 500 µg/mL), sendo o mesmo acondicionado próximo de uma incubadora iluminada por uma lâmpada fluorescente e adicionado 0,2 g de cistos de *Artemia salina*, mantendo a água em agitação constante, com o auxílio de uma bomba de aquário para a aeração.

Após o período de incubação os náuplios de *Artemia* foram expostos às amêndoas de juá por 24 h, sendo utilizados tubos de ensaio, cada um contendo 10 náuplios de *Artemia salina*. Após 24 h de exposição foi feita a contagem dos náuplios vivos e mortos, sendo considerados vivos todos aqueles que apresentavam qualquer tipo de movimento, quando observados próximos a uma fonte luminosa.

Os resultados foram submetidos ao tratamento estatístico utilizando-se o programa Estatístico Bio Stat 2009®, efetuando-se a análise PROBIT, que forneceu os valores de DL50.

3.11. Elaboração dos biscoitos tipo cookies

Para a realização dos experimentos, foi utilizada a formulação padrão (FP) apresentada por AACC (1995) modificada por Soares Junior et al., 2007, em que os ingredientes e as quantidades foram as mesmas em todas as formulações, exceção da FP que foi elaborada com farinha de trigo e fécula de mandioca, e, as demais (F1, F2 e F3) elaboradas com a farinha de amêndoa de juá conforme percentuais constantes na Tabela 3.3.

Tabela 3. 3: Formulação para elaboração de biscoito tipo cookies com a farinha de amêndoa de juá e fécula de mandioca em substituição do trigo.

Ingredientes	FP		F1		F2		F3	
	%	Quant.	%	Quant.	%	Quant.	%	Quant.
Farinha de trigo	66,6	160 g	65,36	156,88 g	64,32	154,36 g	62,98	151,1
Amêndoa de juá	-	-	2	4,8 g	4	9,6 g	6	14,4 g
Fécula de mandioca	33,3	80 g	32,63	78,32 g	31,68	76,03 g	31,02	74,5 g
Açúcar refinado	33,3	120 g	33,3	120 g	33,3	120 g	33,3	120 g
Açúcar mascavo	13,8	50 g	13,8	50 g	13,8	50 g	13,8	50 g
Essência de baunilha	0,55	2 g	0,55	2 g	0,55	2 g	0,55	2 g
Ovo	15,5	56 g	15,5	56 g	15,5	56 g	15,5	56 g
Margarina vegetal	33,3	120 g	33,3	120 g	33,3	120 g	33,3	120 g
Fermento químico	1,6	6 g	1,6	6 g	1,6	6 g	1,6	6 g
Sal	1,6	6 g	1,6	6 g	1,6	6 g	1,6	6 g

FP – Formulação padrão com trigo e fécula de mandioca;
 F1, F2 e F3 – Formulação com a farinha de amêndoa de juá;
 Quant. – Quantidade.

A formulação padrão foi preparada a partir de massa (600 g) constituída de farinha de trigo (160 g), fécula de mandioca (80 g), açúcar cristal (120 g), açúcar mascavo (50 g), sal (6 g), ovo (56 g), fermento em pó (6 g), essência de baunilha (2 g) e margarina vegetal (120 g). Nas demais formulações foram realizadas substituições parciais da farinha de trigo e fécula de mandioca da formulação do biscoito controle, nas concentrações de 2, 4 e 6% da farinha de amêndoa de juá, conforme descrito na Tabela 3.

3.11.1. Determinação das características químicas e físico-químicas dos biscoitos tipo cookies formulados com a farinha de amêndoa de juá

Os biscoitos foram analisados quanto ao teor de água, proteínas, cinzas, lipídios, carboidratos, acidez, atividade de água e valor energético, de acordo com as metodologias descritas no Item 3.3. O valor energético foi determinado utilizando-se os fatores de Atwater et al., 1999, multiplicando-se os valores de carboidratos e proteínas por 4 e 9 kcal/g para lipídeos.

3.12. Análise estatística dos dados

Os dados gerados da caracterização química, física, físico-química e tecnológica foram submetidos à análise de variância e à comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa Assistat, versão 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização química, física e físico-química das amêndoas in natura de juá.

Encontram-se, na Tabela 4.1, os resultados médios expressos em base seca, da caracterização química, física e físico-química de amêndoa de juá in natura.

Tabela 4.1: Caracterização química, física e físico-química das amêndoas de juá in natura.

Parâmetro	Amêndoa de juá in natura
Teor de água (%)	60,51 ± 0,99
Cinzas (%)	1,794 ± 0,13
Acidez total titulável (%)	1,707 ± 0,13
Proteínas (%)	23,62 ± 0,42
Lipídios (%)	7,645 ± 0,25
Carboidratos (%)	6,431 ± 0,05
Açúcares totais (g/100g)	1,638 ± 0,00
Açúcares redutores (g/100g)	0,633 ± 5,11
Atividade de água (aw) a 25°C	0,974 ± 0,00
Luminosidade (L*)	47,01 ± 0,20
Intensidade de vermelho (+a*)	13,16 ± 0,14
Intensidade de amarelo (+b*)	27,23 ± 0,28

Observa-se na Tabela 4.1 que o valor médio do teor de água de amêndoa de juá in natura foi superior ao valor encontrado por Nascimento & Moraes (2011); em sementes de açaí, onde foram encontrados valores de 43 e 37 % b.s. para as sementes do cultivar BRS Pará.

Araújo et al. (2014), encontraram em grãos de amendoim, valores de 56,0% de teor de água dos grãos in natura. Hauth et al. (2018), observaram valores de 32, 27, 21 e 25%, para o teor de água dos grãos de soja das variedades NS7901RR, TMG1180RR, P98Y70 e TMG132RR, respectivamente.

Vale salientar que os valores de umidade variam de acordo com o tipo de árvore, folhas, água disponível, clima, região, topografia, dentre outros fatores intrínsecos e extrínsecos.

O teor de cinzas, apresentado na Tabela 3, que reflete a quantidade de minerais presentes, foi de 1,794%, valor superior ao encontrado por Pessoa (2016) em estudo sobre a composição de amêndoa de tucum, apresentando valores de 1,16% de minerais.

Esse parâmetro também foi superior aos valores encontrados por Singh (2015) em seu estudo sobre avaliação dos parâmetros físico-químicos e estabilidade de compostos bioativos em óleos de polpa e amêndoa dos frutos amazônicos, bacabá (*Oenocarpus bacaba*), inajá (*Attalea maripa*) e tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), em que reportaram teores de 1,49; 1,33 e 1,11 %, respectivamente.

O valor encontrado na amêndoa de juá para este parâmetro foi inferior ao detectado por Fiorini (2018), quando avaliou a atividade funcional e antioxidante das amêndoas de baru (*Dipteryx alata*), mostrando valores de 3,10 e 3,00% para amêndoa in natura e torrada, respectivamente. Os valores observados por Freitas e Naves (2010) foram superiores em comparação aos encontrados nesse estudo, para amendoim (1,89%), castanha de caju (2,66%) avelã (2,28%) e castanha-do-pará (3,56%).

O valor de acidez encontrado para a amêndoa de juá foi superior ao valor visto por Silva et al. (2018), na elaboração do biscoito tipo cookie da farinha de amêndoa de pequi (*Caryocar brasiliense*), no qual encontraram o valor de acidez de amêndoa in natura de aproximadamente 0,27%.

Hashimoto (2015) em caracterização de amêndoas de cacau produzidas em diferentes estados brasileiros e aplicação de espectroscopia no infravermelho próximo e quimiometria como alternativa para o controle de qualidade, observou valores próximos ao encontrado neste estudo de 1,4; 1,1; 1,3 e 1,0% para os estados da Bahia, Pará, Rondônia e para amostras provenientes da Costa do Marfim, respectivamente.

O teor de proteínas determinado na amêndoa de juá foi superior ao encontrado por Canuto et al. (2007) quando realizaram a caracterização físico-química de amêndoa de chichá (*Sterculia apetala* (Jacq.) H. Karst.), em que o teor verificado foi de 17,5%. Silva e Fernandes (2011) encontram em seus estudos sobre a composição química e antinutrientes nas amêndoas in natura de chichá o teor proteico de 20,78% de amêndoa crua, próximo, portanto ao encontrado neste estudo. Coelho e Mellado (2014) relatam que a semente de chia (*Salvia hispanica* L.) é uma boa fonte de proteína com valores de 19 a 27%, em que o valor proteico de amêndoa de juá se enquadra nessa faixa, sendo também uma boa fonte de proteínas.

Fiorini (2018) também encontrou em seu estudo utilizando amêndoas de baru cruas e torradas valores próximos aos verificados neste estudo, em que foi observado teor proteico de 20,45 e 21,07% para as amêndoas de baru torradas e cruas, respectivamente. O resultado encontrado neste trabalho revelou um percentual expressivo no teor proteico, no qual se verificou um grande potencial de amêndoa de juá quanto a esse parâmetro para posterior utilização da mesma em diversos alimentos.

O percentual lipídico encontrado na amêndoa de juá foi superior aos quantificados por Singh (2015) nas amêndoas dos frutos de bacabá (*Oenocarpus bacaba*) e patauá (*Oenocarpus bataua*), em que os valores encontrados foram de 2,25 e 1,82%, respectivamente. Entretanto, esse mesmo parâmetro foi bem inferior ao valor constatado por Gettens et al. (2016) avaliando a composição centesimal e atividade antioxidante de amêndoa do caroço de pêssego, que foi de 42,73%. Buzin et al. (2016) afirmaram que o teor de lipídios em sementes e nozes é variável e dependente de fatores abióticos e bióticos, relacionados às espécies, cultivares, clonagens, dentre outros fatores.

Os carboidratos são uma importante fonte energética e a amêndoa de juá é rica nesses compostos. Observou-se nos resultados da Tabela 4.1 que o teor de carboidratos encontrado na amêndoa in natura foi inferior ao verificado por Lima et al. (2007), os quais encontraram valores de 8,33% de carboidratos na amêndoa de pequi. Damiani et al. (2013) alcançaram resultado superior ao encontrado nesse estudo, esses autores obtiveram teor de carboidratos de 32,55% para amêndoa de pequi in natura. A quantidade de carboidratos obtida nas amêndoas também foi inferior ao de castanhas-de-caju, amendoins, nozes, pistaches, macadâmias e castanhas-do-brasil, relatados por Cardoso et al. (2017), apresentando valores de 12,36; 18,4; 18,1; 24,5; 11,8 e 12,36 %, respectivamente.

A quantidade de açúcares presentes numa amostra é determinante para a qualidade do produto final. Os valores de açúcares totais e redutores presentes na amêndoa de juá foi superior ao reportado por Munhoz et al. (2018) quando estudaram a composição química e fatores antinutricionais de frutos de bocaiúva (*Acrocomia aculeata*), os quais obtiveram valor de açúcares totais de amêndoa de bocaiúva de 1,11 g/100g. Jones et al. (2016) relataram valor superior em amendoins in natura de 3,97 g/100g de amostra.

Hashimoto (2015) constatou valores de açúcares redutores em amêndoas de cacau obtidas de diferentes origens que variaram de 0,8 a 1,0 g/100g, resultados superiores aos que

foram observados nesse estudo. O autor ainda afirma que a importância da avaliação da concentração de açúcares redutores em amêndoas de cacau se deve ao fato desse parâmetro estar relacionado com o grau de fermentação e com a formação de precursores de sabor. Silva et al. (2018) desenvolveram biscoitos tipo cookies utilizando farinha de amêndoa de pequi in natura, e observaram valores de 4,66 g/100g.

Para a atividade de água foi encontrado um valor médio de 0,974 para a amêndoa de juá. Avaliando o processo de extração, secagem e torrefação de amêndoa de pequi Rabelo et al. (2008) constataram uma atividade de água inicial de amêndoa in natura de 0,930. Freire. (2014) observou valores de atividade de água entre 0,92 a 0,95 nas amêndoas colhidas tanto de cajueiro comum, como na variedade precoce. Valores similares aos obtidos nesse estudo tornam os produtos susceptíveis a deteriorações devido ao desenvolvimento microbiano.

Na análise de cor o valor L^* expressa a luminosidade da amostra e varia de 0 a 100 sendo que quanto mais próximo de 100 mais clara é a amostra e quanto mais distante, mais escura. Analisando o parâmetro de cor luminosidade (L^*) para a amêndoa de juá observou-se o valor de $L^*=47,01$, podendo-se afirmar que a amêndoa de juá apresentou uma boa luminosidade.

O parâmetro a^* varia do índice de saturação verde (-) ao vermelho (+), logo, foi observado que a amêndoa de juá estava dentro da escala da intensidade do vermelho (+), com valor de $a^*=13,16$.

Com relação ao parâmetro b^* (27,23) o valor obtido indicou que a amêndoa do juá in natura está dentro da escala de amarelo ($+b^*$). Rocha (2016) ao realizar a caracterização química, física e termofísica de amêndoa de baru, encontrou valores de 38,29; 11,37 e 38,20 para os parâmetros de L^* , a^* e b^* , respectivamente.

Yang et al. (2011) observaram valores de $L^*=48,92$, $a^*=16,80$ e $b^*=31,91$ em amêndoas da variedade Nonpareil coletadas na Califórnia, resultados próximos aos encontrados neste estudo.

De acordo com os resultados obtidos constatou-se que a amêndoa de juá apresenta elevado teor de água, no entanto os lipídios (7,10%), as proteínas (19,11%) e os carboidratos (24,33%) constituem a fração majoritária em relação aos demais constituintes. Esses resultados demonstram o potencial nutricional de amêndoa do juá principalmente no que diz

respeito às proteínas e lipídios, componentes que agregam um alto valor nutricional ao produto.

4.2. Quantificação dos compostos bioativos das amêndoas in natura de juá

Encontram-se, na Tabela 4.2, os resultados médios dos compostos bioativos (compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas) presentes na amêndoa de juá in natura.

Tabela 4.2: Compostos bioativos presentes nas amêndoas de juá in natura.

Parâmetro	Amêndoa de juá in natura
Compostos fenólicos (mg/100g)	786,4 ± 0,00
Flavonoides (mg/100g)	17,70 ± 0,00
Antocianinas (mg/100g)	5,533 ± 0,00

Os resultados demonstraram que a amêndoa de juá in natura apresentou conteúdo médio de compostos fenólicos superior ao encontrado por Silva e Fernandes (2011) em seus estudos sobre a composição química e antinutrientes presentes nas amêndoas cruas e torradas de chicha (*Sterculia striata* A. St. Hill & Naudin), os quais encontraram valores de 107,70 e 108,94 mg/100g de compostos fenólicos para as amêndoas cruas e torradas, respectivamente.

O teor de compostos fenólicos identificado neste estudo também foi superior aos encontrados por Lemos (2012), que encontrou valores de 568,9 e 250,4 mg/100g em fenólicos totais em amêndoas de baru cruas com e sem película, respectivamente.

Smeriglio et al. (2016) avaliando o teor fenólico e propriedades biológicas na pele de amêndoas (*Prunus dulcis* Mill. D.A. Webb) constataram valores de 703,03 mg/100g em compostos fenólicos. Sanchiz et al. (2019) observaram valor superior de 940,4 g/100g em pistaches, os autores também encontraram valores inferiores em castanha-de-caju e castanha-do-brasil de 472,7 e 318,4 g/100g, respectivamente.

Segundo Simões et al. (2007) o teor de compostos fenólicos está associado ao sistema de proteção dos vegetais ante a estresses bióticos (ataque de patógenos) e abióticos (radiação ultravioleta, seca, chuvas), o que justifica o maior teor destes compostos bioativos nas amêndoas de juá, por ser um fruto oriundo de uma região em que o clima é semiárido, apresentando condições extremas de clima.

O teor de flavonoides nas amêndoas de juá encontrados neste estudo foi inferior ao elencado por Costa et al. (2011), os quais encontraram valores de 93,5 mg/100g para flavonoides de amêndoas em geral; entretanto foi superior ao encontrado por Pessoa (2016), o qual verificou valor de 2,99 mg/100g na amêndoa de tucum. Segundo esse autor, os flavonoides são conhecidos como os principais responsáveis pela capacidade antioxidante em frutos por causa do elevado potencial de oxidação e redução, protegendo assim os tecidos dos danos oxidativos. Nos frutos, os flavonoides normalmente são encontrados livres (agliconas) ou ligados à açúcares (glicosilados), influenciando na determinação quantitativa desses compostos.

A distribuição dos flavonoides nos vegetais depende de diversos fatores, de acordo com o filo/ordem/família do vegetal, bem como da variação das espécies. Geralmente, flavonoides encontrados nas folhas podem ser diferentes daqueles presentes nas flores, galhos, raízes e frutos. O mesmo composto ainda pode apresentar diferentes concentrações, dependendo do órgão vegetal em que se encontra (MACHADO et al, 2008).

O resultado das antocianinas totais para a amêndoa de juá foi superior ao encontrado por Lemos. (2012) em amêndoas de baru crua com e sem película, com valores de 1,06 e 0,62 mg/100g, respectivamente. Pessoa (2016) também encontrou valor próximo ao verificado nesse estudo em amêndoas do tucum, de 0,61 mg/100g.

Fiorini (2018) constatou valor de antocianinas de 0,36 mg/100g em amêndoas de baru cruas, inferior ao encontrado nesse estudo. Segundo esse autor, a presença de antocianinas nos alimentos está associada à benefícios para a saúde, como atividade anti-inflamatória, antioxidante e inibição de fatores de risco cardiovasculares.

4.3. Cinética de secagem

Na Tabela 4.3 têm-se os tempos de secagem das amêndoas de juá nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidades do ar de secagem de 1,0 e 1,5 m/s. Observou-se que, com o aumento da temperatura do ar de secagem e da maior velocidade do ar, ocorreu remoção maior de água no produto. Costa et al. (2011) reportaram tempos de secagem das sementes de crambe de 1.230; 510; 300 e 165 min para as temperaturas de 30, 40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente, considerando também a redução do teor de água de 2,6 para 9% (b.u.).

Tabela 4.3. Valores médios dos tempos de secagem e teor de água das amêndoas de juá em diferentes temperaturas e velocidades do ar de secagem.

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Tempo de secagem (min)	Teor de água (% b.u.)	Teor de água (% b.s.)
60	1	1485	7,9	8,5
	1,5	1365	4,1	4,3
70	1	1245	3,4	3,5
	1,5	1125	3,2	3,3
80	1	885	3	3,2
	1,5	765	2,5	2,7

Conforme Furtado et al. (2014) o aumento da temperatura do ar de secagem aumenta a transferência de calor do material e, em contrapartida, ocorre diminuição do tempo de secagem. Esse mesmo comportamento foi observado por Rabelo et al. (2008), em seus estudos sobre a extração, secagem e torrefação de amêndoa de pequi, os quais perceberam que a umidade das amêndoas foi reduzida para 10,2 e 8,2 %, quando submetidas as temperaturas de 60 e 70 °C, respectivamente.

Notou-se em todas as temperaturas que de acordo com o aumento da velocidade do ar, o tempo de secagem diminui 120 min, ou seja, houve um melhor aproveitamento energético em velocidades de ar menores diminuindo o tempo de secagem, conseqüentemente gastou-se menos energia. Com relação à redução do teor de água de amêndoa de juá, na temperatura de 60 °C e velocidade de 1,0 m/s obteve-se teor de água final de 7,9%, já na maior temperatura (80 °C) e maior velocidade do ar (1,5 m/s) respectivamente, o teor de água final foi de 2,5%.

Silva & Marsoili Jr (2003) obtiveram tempos de secagem de 960 e 840 min para temperaturas de secagem de 55 °C e velocidades do ar de 1,5 e 2,5 m/s, respectivamente quando secaram amêndoas de castanha-do-brasil por micro-ondas. Na temperatura de 60 °C e mesmas velocidades do ar (1,5 e 2,5 m/s) o tempo de secagem foi de 600 min. Em ambos os tratamentos o teor de água final variou de 6,56 a 6,60%.

Attanasio et al. (2004) secaram castanha-portuguesa (*Castanea sativa*) em estufa com circulação de ar com velocidade do ar de 0,5 m/s e temperatura de 40 °C obtendo um tempo de secagem de 3060 min para atingir um teor de água de 20% (b.s.). Sirisomboon e Kitchaiya

(2009) verificaram durante a secagem do pinhão manso nas temperaturas de 40, 60 e 80 °C, que com a elevação da temperatura de secagem aumentou-se a taxa de secagem e reduziu-se a relação do teor de água e o tempo necessário para que o produto chegasse ao teor de água de 5% (b.s.).

Costa et al. (2005) relataram ao desidratar amêndoas de jaca da variedade dura em secador de leito fixo em camada fina, um tempo de secagem de 4560 min na temperatura de 40 °C com velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s.

De acordo com Avohad & Marchetti (2016), o processo de secagem pode ser definido como uma progressão da remoção de umidade via transferência simultânea de calor e massa entre a amostra e a atmosfera circundante por meio de vaporização, geralmente causada por forças de temperatura e convecção do ar.

Estão apresentados na Tabela 4.4 os valores dos parâmetros dos modelos de Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico, Logistic, Page e Thompson, ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem de amêndoa de juá, com os correspondentes coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) para as temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s.

Verificou-se que os modelos testados mostraram ótimo ajuste aos dados experimentais das secagens, com valores de R^2 superiores a 0,990 e valores de DQM inferiores a 0,052, indicando uma representação satisfatória do processo de secagem. Entretanto, o modelo de Dois Termos apresentou os maiores valores de R^2 , acima de 0,999 e os menores desvios quadráticos médios para as temperaturas de 60 e 70 °C. Para a temperatura de 80 °C o modelo que apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais foi o de Logarítmico, com valor de R^2 acima de 0,997.

Valores satisfatórios para o modelo de Dois Termos também foram encontrados por Santos et al. (2013), em que o modelo apresentou os melhores ajustes dos dados experimentais da secagem de grãos residuais de urucum, com valores de R^2 superiores a 0,99, e alguns dos menores valores de DQM nas temperaturas de secagem de 40 e 50 °C. Na secagem de grãos de abóbora, Diógenes et al. (2013) observaram valores de R^2 superiores a 0,989 e DQM de 0,029 para ajustes com modelo de Logarítmico na temperatura de secagem de 80 °C e velocidade do ar de 1,0 m/s.

Tabela 4. 4: Parâmetros dos modelos ajustados aos dados de secagem de amêndoa de juá nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de 1,0 m/s.

Modelo	T (°C)	Parâmetros				R ²	DQM
		a	k0	b	k1		
Dois Termos	60	0,927198	0,042871	0,075438	0,002550	0,9997	0,0043
	70	0,068012	0,005172	0,943816	0,081530	0,9992	0,0067
	80	0,500391	0,095089	0,500391	0,095089	0,9965	0,0526
Henderson & Pabis			a	k			
	60		0,979157	0,035377		0,9909	0,0253
	70		0,993639	0,068568		0,9907	0,0228
	80		1,000782	0,095089		0,9965	0,0138
Logarítmico		a	k	c			
	60	0,964700	0,038102	0,024783		0,9962	0,0162
	70	0,982219	0,072630	0,018721		0,9950	0,0167
	80	0,993826	0,097897	0,009837		0,9978	0,0110
Logistic		a0	a	k			
	60	0,181926	0,185799	0,035377		0,9909	0,0253
	70	0,090027	0,090603	0,068568		0,9907	0,0228
	80	0,002646	0,002645	0,095187		0,9965	0,0138
Page		n	k				
	60	0,053685	0,880823			0,9927	0,0227
	70	0,093231	0,889508			0,9921	0,0211
	80	0,104385	0,962171			0,9966	0,0135
Thompson		a	b				
	60	-4,42204	0,178813			0,9945	0,0197
	70	-4,76620	0,330744			0,9941	0,0182
	80	-9,21049	0,647504			0,9973	0,0121

Araújo et al. (2017), avaliando a modelagem matemática de secagem de amendoim em camada delgada, ajustaram os dados aos modelos de Aproximação da Difusão, Dois Termos, Exponencial de Dois Termos, Henderson & Pabis modificado, Logaritimico, Page, Thompson, Verna e Wang e Sing, obtendo valores de R² superiores a 0,99 e valores de DQM inferiores a 0,01. Dentre os modelos testados o que melhor se ajustou foi o de Page com valores de R² superiores a 0,999, para as temperaturas de secagem de 40, 50, 60 e 70 °C.

Moscon et al. (2017) observaram que os modelos de Page, Midilli e Logarítmico foram os que resultaram nos melhores ajustes aos dados de secagem dos grãos de quinoa, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C. Para todas as temperaturas esses modelos apresentaram

valores de R^2 superiores a 0,999 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,008. Segundo os autores, a seleção e recomendação do melhor modelo se fundamentam também na simplicidade de aplicação e no número de coeficientes favoráveis.

Na Tabela 4.5 estão apresentados os valores dos parâmetros dos modelos de Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico, Logistic, Page e Thompson, ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem de amêndoa de juá, com os correspondentes coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) para as temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s.

Tabela 4. 5: Parâmetros dos modelos ajustados às curvas de secagem de amêndoa de juá nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de 1,5 m/s.

Modelo	T (°C)	Parâmetros				R^2	DQM
		a	k0	b	k1		
Dois Termos	60	0,972865	0,040127	0,044649	0,002583	0,9989	0,0090
	70	0,067381	0,005552	0,943725	0,073013	0,9992	0,0070
	80	0,497311	0,080680	0,497311	0,080680	0,9979	0,0111
Henderson & Pabis			a	k			
	60		1,005388	0,036166		0,9980	0,0174
	70		0,993263	0,061902		0,9926	0,0212
	80		0,994622	0,080680		0,9979	0,0111
Logarítmico		a	k	c			
	60	0,995930	0,037661	0,014776		0,9978	0,0131
	70	0,982636	0,065328	0,017684		0,9960	0,0155
	80	0,988510	0,082813	0,008931		0,9988	0,00827
Logistic		a0	a	k			
	60	0,127694	0,127010	0,036166		0,9961	0,0635
	70	0,002916	0,002937	0,061956		0,9926	0,0212
	80	0,084843	0,085302	0,080680		0,9979	0,0111
Page		n	k				
	60	0,035921	1,000004			0,9960	0,0175
	70	0,081558	0,904429			0,9937	0,0196
	80	0,092808	0,948939			0,9982	0,0103
Thompson		a	b				
	60	-18,3479	0,512344			0,9963	0,0169
	70	-5,55783	0,338074			0,9954	0,0168
	80	-10,6224	0,635941			0,9985	0,0093

Os modelos testados mostraram ajustes satisfatórios aos dados experimentais das secagens, com valores de R^2 superiores a 0,992 e valores de DQM inferiores a 0,063. Dentre os modelos testados o de Dois Termos foi o que apresentou os maiores valores de R^2 , acima de 0,99, e os menores desvios quadráticos médio nas temperaturas de 60 e 70 °C, este mesmo comportamento ocorreu para os valores de R^2 e DQM para a velocidade de secagem de 1,0 m/s, demonstrando pouca variabilidade dos dados em relação às velocidades de secagem nas mesmas temperaturas. Já para a temperatura de 80 °C o modelo que apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais foi o Logarítmico, com valor de R^2 acima de 0,998.

Zuniga et al. (2015) estudaram a modelagem matemática da cinética de secagem de amêndoa do baru, observando valores de R^2 acima de 0,98 para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com velocidade do ar de secagem de 1,75 m/s. Foram testados os modelos de Henderson & Pabis, Newton e Logarítmico, dos quais o modelo que apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais foi o Logarítmico, com valores de R^2 superiores a 0,980. Silva (2017) obteve resultados semelhantes no estudo sobre a secagem de quiabo em estufa, nas temperaturas de 70, 80 e 90 °C. O autor testou os modelos de Newton, Henderson & Pabis, Logarítmico e Dois Termos, e percebeu que todos os modelos apresentaram valores de R^2 satisfatórios, porém o que se ajustou melhor aos dados foi o Logarítmico.

Camargo et al. (2018) estudaram a cinética de secagem de amêndoa do baru avaliando os dados obtidos nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e velocidade do ar de 1,76 m/s, com ajuste pelos modelos de Page, Newton e Henderson & Pabis. Dentre os modelos testados o de Page foi o que apresentou o melhor ajuste aos dados, com valores de R^2 próximos a 100%.

Observou-se que para os ajustes das secagens com velocidade do ar de 1,0 e 1,5 m/s (Tabelas 4.4 e 4.5) os parâmetros k_1 e k (constantes de secagem) dos modelos Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico, Logistic, Page e Thompson, aumentaram com o crescimento da temperatura de secagem. Reis et al. (2018) também verificaram que o parâmetro k aumentou com o acréscimo da temperatura, ao secar farinha de baru em secador convectivo nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C. Segundo os autores o parâmetro k tende a crescer com o aumento da temperatura de secagem, que corresponde a maiores taxas de secagem, chegando ao teor de água de equilíbrio em menor tempo de processo.

Segundo Diogenes et al. (2013), a constante de secagem “ k ” representa o efeito das condições externas de secagem e a constante “ n ” reflete a resistência interna do produto à

secagem. Verificou-se assim, que a constante n no modelo de Page testado neste estudo, na temperatura de 80 °C e velocidades do ar de 1,0 e 1,5 m/s indicou as maiores resistências do produto à secagem.

Nas Figuras 4.1 e 4.2 estão apresentadas as curvas de cinética de secagem das amêndoas de juá ajustadas com o modelo de Dois Termos, para as temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidades do ar de 1,0 e 1,5 m/s, respectivamente.

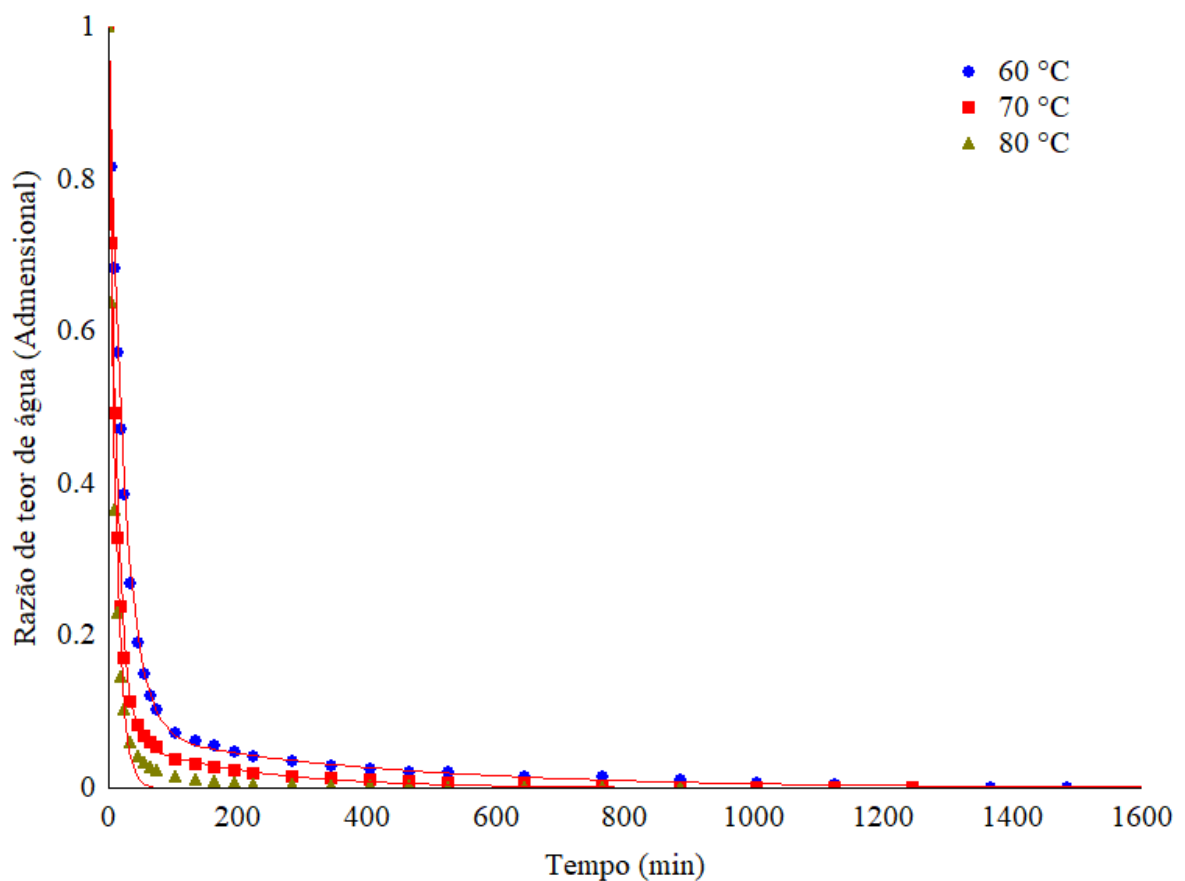


Figura 4. 1: Cinética de secagem das amêndoas de juá ajustadas ao modelo de Dois Termos, com velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s.

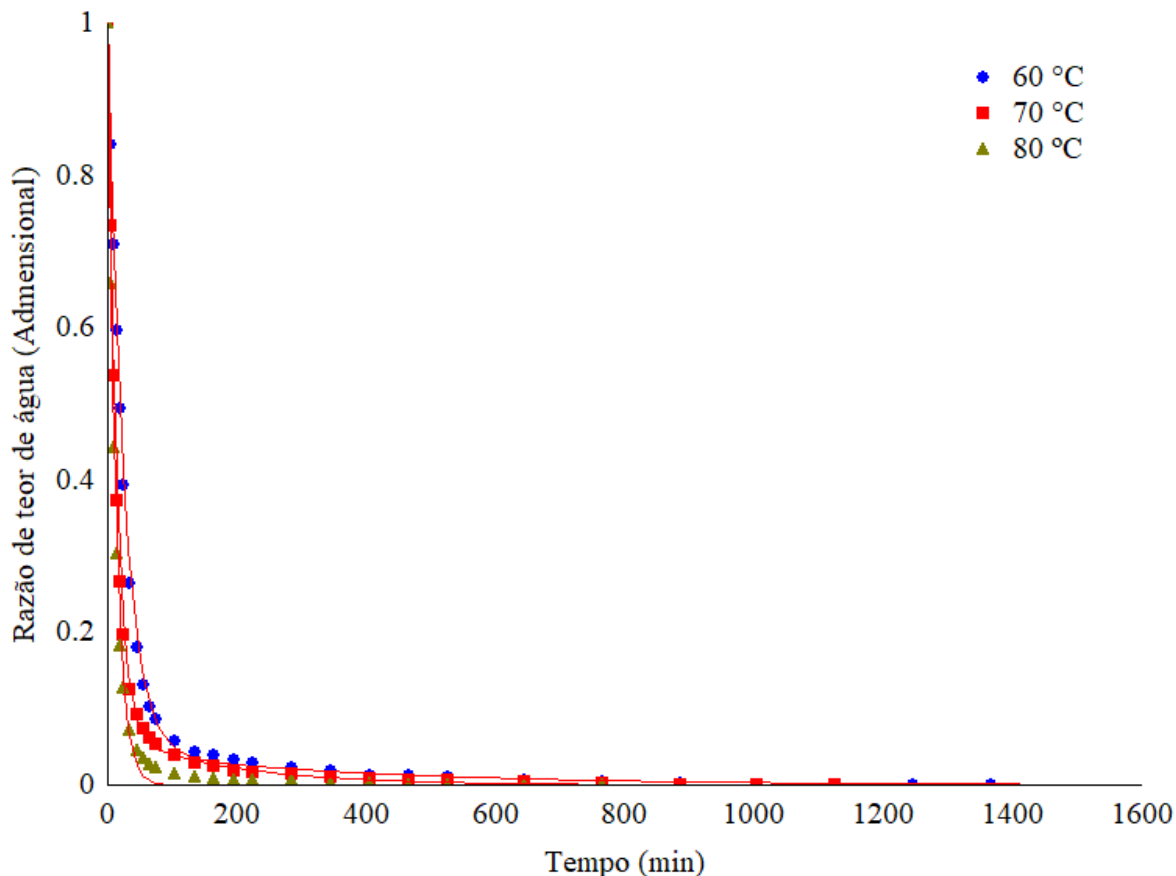


Figura 4. 2: Cinética de secagem das amêndoas de juá ajustadas ao modelo de Dois Termos, com velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s.

Observa-se nas Figuras 4.1 e 4.2 que o tempo de secagem decresce com o aumento da temperatura e velocidade do ar de secagem, já a razão do teor de água diminui com o tempo de secagem. Comportamento semelhante foi verificado em estudos realizados por vários pesquisadores na secagem de produtos agrícolas (GASPARIN et al., 2017; MARTINAZZO et al., 2007; SILVA et al., 2016; REIS et al., 2018).

Verificou-se que nos primeiros 200 min as secagens em todas as condições são mais rápidas, a partir desse tempo, a perda de água diminui e a resistência interna da saída de água das amêndoas aumenta, conseqüentemente, a razão do teor de água diminui mais lentamente.

De acordo com Reis et al. (2018) o aumento da temperatura e velocidade do ar de secagem facilita a transferência de energia sob forma de calor para as amostras submetidas à secagem, aumentando conseqüentemente a taxa de remoção de umidade do produto.

4.4. Caracterização química, física e físico-químicas da farinha de amêndoa de juá.

Encontram-se, na Tabela 4.6, os resultados médios expressos em base seca da caracterização química, física e físico-química da farinha obtida de amêndoa de juá.

Tabela 4.6: Caracterização química, física e físico-química da farinha de amêndoa de juá.

Parâmetro	Amêndoa de juá in natura	Farinha de amêndoa
Teor de água (%)	60,51 ± 0,99	3,30 ± 0,00
Cinzas (%)	1,794 ± 0,13	4,35 ± 0,02
Acidez total titulável (%)	1,707 ± 0,13	1,105 ± 0,82
Proteínas (%)	23,62 ± 0,42	42,91 ± 0,42
Lipídios (%)	7,645 ± 0,25	25,98 ± 0,50
Carboidratos (%)	6,431 ± 0,05	23,46 ± 0,25
Açúcares Totais (g/100g)	1,638 ± 0,00	0,45 ± 0,00
Açúcares Redutores (g/100g)	0,633 ± 0,11	0,27 ± 0,00
Atividade de água (aw) a 25°C	0,974 ± 0,00	0,154 ± 0,15
Luminosidade (L*)	47,01 ± 0,20	5,63 ± 0,01
Intensidade de vermelho (-a*)	13,16 ± 0,14	0,53 ± 0,03
Intensidade de amarelo (-b*)	27,23 ± 0,28	2,05 ± 0,28

O teor de água determinado para a farinha de amêndoa de juá foi semelhante ao relatado por Menezes & Souza. (2004) para a farinha de amêndoa de castanha-do-brasil sendo de 3,13 %. Borges et al. (2009) encontraram teor de água de 3,30 % em farinha de banana verde, valor encontrado nesse estudo.

Costa et al. (2016) estudaram a influência da temperatura da torra a 50, 100 e 150 °C no perfil nutricional da farinha de amêndoa, obtendo valores de teor de água de 7,6, 5,3 e 2,6%, respectivamente. Silva & Farias. (2018) obtiveram farinha à base de amêndoa do cupuaçu, e observaram valor de teor de água da farinha de 2,65 %.

Na farinha de amêndoa de juá o teor de cinzas foi superior ao encontrado na amêndoa in natura, conforme a Tabela 4.6, devido ao aumento proporcional acarretado pela eliminação de parte da água da composição. O valor desse parâmetro também foi superior ao encontrado por Ortolan et al. (2016) na farinha de amêndoa de baru, com teor de 2,94%.

Mesmo comportamento do teor de cinzas foi observado por Silva et al. (2018) na farinha de amêndoa de pequi, com valores de cinzas de 1,96 e 5,41 % na amêndoa in natura e

na farinha de amêndoa, respectivamente. Os autores também reconhecem como função da redução do teor de água na farinha, levando assim a concentração de diversos compostos químicos.

Observou-se que a acidez diminuiu após a secagem para obtenção da farinha de amêndoa do juá, essa redução foi de aproximadamente 65% com relação ao valor obtido na amêndoa in natura. De acordo com Silva et al (2015) menores tempos de secagem em temperaturas ocasionam valores de acidez mais baixos.

O aumento do teor proteico presente na farinha de amêndoa do juá foi de aproximadamente 55%, em comparação com o teor de proteínas presentes na amêndoa in natura. Esse valor foi superior ao encontrado por Lemos. (2012), os quais observaram teores de 25,2; 28,8; 23,8 e 24,6, para as amêndoas de baru cruas sem e com película, torradas sem e com película, respectivamente. De acordo com esses autores os valores de proteína encontrados em seu estudo foram superiores aos de nozes e sementes relatados por Yang et al. (2009) e Venkatachalam & Sathe (2006), os quais verificaram em seus experimentos os seguintes teores: castanha-do-pará (14%), castanha-de-caju (19%), macadâmia (8%), pinhão (13%); pistache (20%), noz (13%) e o amendoim (22%).

Os resultados encontrados por Lima e Silva et al. (2014) em seus estudos sobre as proteínas presentes na amêndoa de Bacuri (*Platonia insignis*) foram semelhantes aos observados nesse estudo. Os autores encontraram valores de 9,21; 31,95 e 34,92% de proteínas na amêndoa in natura, desengordurada e torrada, respectivamente. De acordo com Silva et al. (2015) o tempo e a temperatura de secagem apresentam efeito significativo no conteúdo de proteína presente na amêndoa, em que menores tempos e temperatura apresentam maior teor de proteína.

O percentual lipídico da farinha de amêndoa de juá foi semelhante ao encontrado por Costa et al. (2016), na farinha de amêndoa obtidas nas temperaturas de 50, 100 e 150 °C. Os autores observaram valores de 22,8; 23,6 e 30,8%, respectivamente. O valor encontrado por Silva & Farias. (2018) também foi próximo ao encontrado nesse estudo, com teor de 26,30% para a farinha de amêndoa do cupuaçu.

De acordo com Silva et al. (2015) o alto conteúdo de lipídios e proteínas é a razão maior das sementes oleaginosas terem vasta aplicação em sistemas alimentícios manufaturados ou por serem utilizadas diretamente na alimentação humana e animal.

Constatou-se que o valor de carboidratos foi superior ao encontrado na amêndoa in natura, consequência da redução do teor de água em comparação com a amêndoa in natura. Resultado semelhante foi observado por Silva (2017), quando avaliou as propriedades nutricionais, físicas, químicas e tecnológicas funcionais das farinhas de baru em função de diferentes condições de secagem, em que para as temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C e verificou valores de 33,75; 40,21; 32,05 e 36,19 % de farinhas das amêndoas de baru, respectivamente.

Os teores médios dos açúcares totais e redutores da farinha de amêndoa de juá foram pequenos, observando-se que em comparação aos valores obtidos nas amêndoas in natura (Tabela 4.6), houve, após a secagem, uma redução em ambos os teores. O mesmo comportamento foi evidenciado por Silva (2013) quando quantificou os açúcares totais e redutores em farelos do mesocarpo e de amêndoa do fruto de Mari (*Poraqueiba sericeia* Tul), e afirmou que o cozimento provocou a perda destes açúcares na amêndoa.

A atividade de água diminuiu consideravelmente após a secagem de 0,974 (in natura) para 0,154 (farinha), o que ocorreu paralelamente com a diminuição do teor de água. Nunes et al. (2017) observaram a influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-químicas de resíduos de abacaxi, nos quais encontraram valores de A_w de 0,56; 0,45 e 0,39 nas farinhas dos resíduos secos as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente. Foi visto ainda uma diminuição de teor de água de 82,35 para 5,41% na temperatura de 70 °C.

Observa-se na Tabela 4.6 que houve uma diminuição nos parâmetros de cor da farinha de amêndoa de juá, em comparação com a amêndoa in natura. O parâmetro de luminosidade L^* = 5,36 indica uma farinha mais escura em comparação com a amêndoa in natura. Já os parâmetros de intensidade a^* (vermelho/verde) e b^* (amarelo/azul), apresentaram valores de a^* = -0,53 e b^* = - 2,05, indicando uma farinha com matizes na região verde/azul, oposta à região vermelho/ amarelo das amêndoas. Paranginski et al. (2015) perceberam alterações nos parâmetros de cor em grãos de milho armazenados nas temperaturas de 5, 15, 25 e 35 °C, nos quais relataram uma diminuição dos valores de intensidade a^* e b^* com o aumento da temperatura.

Yashiki & Triboli (2018) obtiveram valores de L^* de 93,9 e 87,1 para as farinhas de inhame obtidas por atomização e secagem convencional, respectivamente. Já para os parâmetros de intensidade a^* e b^* os autores alcançaram resultados de a^* = -0,86 e a^* = 1,65,

além de $b^*=7,1$ e $b^*=10,08$, nas farinhas por atomização e secagem convencional, respectivamente. De acordo com Ortolan et al. (2010) considera-se uma farinha branca aquela que possui valor de L^* superior a 93, de a^* próximo a zero (inferior a 0,5 ou negativo) e de b^* inferior a oito.

4.5. Quantificação dos compostos bioativos da farinha de amêndoa de juá

Encontram-se na Tabela 4.7 os resultados médios dos compostos bioativos (compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas) presentes na amêndoa in natura e farinha de juá.

Tabela 4. 7: Compostos bioativos presentes na farinha das amêndoas de juá.

Parâmetro	Amêndoa de juá in natura	Farinha de amêndoa
Compostos fenólicos (g/100g)	786,4 ± 0,00	18,59 ± 0,01
Flavonoides (g/100g)	17,70 ± 0,00	5,93 ± 0,02
Antocianinas (g/100g)	5,533 ± 0,00	0,162 ± 0,00

Constatou-se que o teor de compostos fenólicos diminuiu consideravelmente após a secagem. Lemos (2012) também observou uma diminuição dos compostos fenólicos nas amêndoas de baru torradas com sem película. De acordo com esse autor, o tratamento térmico dos alimentos de origem vegetal, por fervura ou torrefação, provoca a evaporação da água intracelular, desencadeando reações químicas que podem alterar a estrutura lignocelulósica além de promover a desnaturação proteica, podendo resultar em uma maior disponibilidade dos compostos fenólicos na matriz vegetal, de forma que, um processo térmico pode afetar tanto as características nutricionais quanto as bioativas dos alimentos.

Smeriglio et al. (2016) também observaram uma diminuição no teor de compostos fenólicos em peles de amêndoas naturais, branqueadas e o extrato de amêndoas submetido ao branqueamento, nos quais encontraram valores de 703,031; 313,764 e 73,857, respectivamente. Segundo esses autores, o processo industrial de branqueamento é conhecido por remover a maioria dos compostos bioativos, entretanto essa diferença pode ser devida a vários fatores, como práticas de cultivo, e características climáticas peculiares da área de origem das amostras.

Notou-se também uma diminuição considerável quanto ao teor de flavonoides e antocianinas na farinha de amêndoa de juá. Fiorini (2018) encontrou valores de antocianinas próximos ao encontrados neste estudo, o autor observou teores de 0,43 e 0,36, em amêndoas

de baru cruas e torradas, respectivamente. Silva et al. (2013) relataram diminuição das antocianinas em farinhas da casca do mangostão (*Garcinia mangostana*). De acordo com os autores a provável redução pode ser explicada por alguns fatores relacionados à sua instabilidade, afetados pelas sucessivas etapas de pré-processamento para obtenção da farinha, dentre elas a secagem, trituração, contato com a luz, oxigênio, entre outros.

De acordo com Fiorini (2018) a presença de flavonoides (naringenina, binarigenina e moreloflavona) em alimentos está relacionada com a redução da inflamação e oxidação. Assim, pode-se dizer que estes compostos também são importantes na prevenção de várias doenças, como citado anteriormente (LABUCKAS et al., 2016; KHAN et al., 2016; TRESSERRA-RIMBAU et al.; 2016 AMAROWICZ-PEGG, 2017). Esses estudos tem mostrado que altas temperaturas podem interferir negativamente nos teores de flavonoides.

4.6. Características físicas da farinha de amêndoa de juá

Estão apresentados na Tabela 4.8 os resultados médios da caracterização física da farinha de amêndoa de juá.

Tabela 4. 8: Caracterização física da farinha de amêndoa de juá.

Determinação	Farinha de amêndoa
Massa específica aparente (g/mL)	0,384 ± 0,00
Massa específica compactada (g/mL)	0,476 ± 0,00
Fator de Hausner (FH)	1,23 ± 0,00
Índice de Carr (IC) (%)	19,33 ± 0,63

Notou-se um aumento do valor na massa específica compactada de cerca de 24% em relação à massa específica aparente. Esse mesmo aumento foi observado por Yashiki e Troboli (2017), em que os valores de massa específica aparente e compactada foram de 0,464 e 0,675 g/ml nas farinhas de inhame obtidas por atomização e de 0,599 e 0,867 g/ml nas farinhas obtidas por secagem convectiva, respectivamente.

Os valores obtidos também foram próximos aos encontrados por Silva (2017), o qual encontrou valores de 0,46; 0,48; 0,45 e 0,45 g/mL nas farinhas obtidas nas temperaturas de 80, 100, 60 e 40 °C, respectivamente. Segundo o autor, o processo de secagem pode provocar

alterações físicas, estruturais e químicas, e ocasionar um colapso que resulta em produto mais compacto e rígido, provocando a redução da porosidade e consequentemente maiores valores de massa específica aparente.

O Fator de Hausner e o Índice de Compressibilidade ou Índice de Carr são medidas relativas calculadas a partir dos conhecimentos de massa específica aparente e compactada, em que essas medidas refletem a capacidade de fluidez e compressibilidade do pó.

A farinha de amêndoa de juá apresentou valor próximo ao encontrado por Bashir e Haripriya (2016) quando avaliaram as características estruturais de gomas de amêndoas provenientes da Índia, os quais observaram valores entre 1,35 e 1,45 para os pós de amêndoas com e sem goma arábica. Valores semelhantes de 1,46 e 1,45 foram verificados por Yashiki e Troboli (2018) em farinhas de inhame obtidas por atomização e secagem convectiva, respectivamente.

De acordo com Aulton (2005) o Fator de Hausner foi desenvolvido para avaliar a fluidez do material analisado, pela comparação da massa específica aparente e compactada. Os padrões de referência para o Fator de Hausner são valores 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.

O valor do Índice de Carr da farinha de amêndoa de juá, de 19,33% é inferior aos reportados por Bashir e Haripriya (2016), que reportaram valores de 26,79 a 37,46% em pós de amêndoa com e sem goma arábica. Yashiki e Troboli (2018) observaram valores em farinhas de inhame atomizadas e submetidas a secagem convectiva, de 31%. Segundo Prista et al (2003) o Índice de Compressibilidade ou Índice de Carr, exprime, em forma percentual, a compactabilidade do material analisado. O resultado indicou que a amostra possui boa característica de compressão, alcançando valores inferiores a 15%.

Santhalakshmy et al. (2015) afirmam que o Índice de Carr mede a capacidade de fluidez de pós e farinhas. Valores de IC entre 15-20% têm boa fluidez, entre 20-35% pobre fluidez, entre 35-45% fluidez ruim e IC > 45, fluidez muito ruim. De acordo com essas faixas, a farinha de amêndoa de juá possui boa fluidez.

4.7. Isotermas de adsorção da farinha de amêndoa de juá

As isotermas de adsorção de água foram determinadas na farinha de amêndoa de juá nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

Na Tabela 4.9 tem-se os parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg ajustados aos dados de adsorção de água da farinha de amêndoa de juá, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Verificou-se que todos os modelos apresentaram bons ajustes aos dados experimentais com valores de $R^2 > 0,98$ e $P < 10\%$, porém o modelo de GAB apresentou os melhores ajustes para as temperaturas de 30 e 40 °C com $R^2=0,99$ e $P < 6 \%$). O modelo de Peleg apresentou o melhor ajuste para a temperatura de 20 °C com $R^2=0,99$ e $P < 6 \%$, entretanto para o modelo de GAB os ajustes foram de $R^2=0,99$ e $P < 7 \%$, com isso o modelo de GAB apresentou, de forma geral, os melhores ajustes nas temperaturas estudadas para a farinha de amêndoa de juá.

Paiva (2008) avaliando a isoterma de adsorção de água da farinha de amêndoas de jaca à 40 °C, citou que os modelos de GAB e Peleg apresentaram os maiores R^2 , acima de 0,98, e os menores valores de $P < 5\%$, enquanto o modelo de Oswin apresentou o menor R^2 (0,9560) e maior P (6,26%).

Kartika et al. (2012) ao avaliarem as isotermas de adsorção de água de sementes de pinhão-bravo, verificaram que os modelos de GAB e Oswin são adequados para prever a quantidade de água adsorvida em uma determinada umidade relativa, estimando, conseqüentemente, as prováveis mudanças no teor de água para um teor de água variável durante a vida útil do produto.

Martins (2016) observou em seu estudo que o modelo de GAB também foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das isotermas de amêndoas de baru torradas, em que o modelo apresentou coeficientes $R^2 = 0,996$.

Tabela 4. 9: Parâmetros de ajuste dos modelos testados da isoterma de adsorção da farinha de amêndoa de juá, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

Modelo	T (°C)	Parâmetros				R^2	P (%)
		X_m	c	k			
GAB	20	4,235375	3,317900	0,901995		0,9951	7,53
	30	4,242851	5,260296	0,921288		0,9939	6,05
	40	3,563847	834996,4	0,964117		0,9885	4,6
Oswin			a	b			
	20		5,937324	0,572375		0,9897	7,66
	30		6,757164	0,561048		0,9918	7,66
	40		6,516152	0,640707		0,9824	6,25
Peleg		k1	n1	k2	n2		
	20	7,984815	0,710461	24,79829	5,579172	0,9952	6
	30	30,42890	8,687716	13,54283	1,050966	0,9906	8,39
	40	10,32926	0,525289	44,70221	8,795009	0,9840	6

Verificou-se oscilações nos valores do teor de água na monocamada molecular (X_m) do modelo de GAB com o aumento da temperatura de secagem, para todas as farinhas analisadas. De acordo com Gabas et al. (2007) o parâmetro X_m corresponde à quantidade de água fortemente adsorvida em locais específicos na superfície dos alimentos sendo considerado um valor de referência para assegurar a estabilidade dos alimentos. X_m é um parâmetro crítico, uma vez que representa o teor de água na qual a taxa de qualquer reação associada será desprezível em razão da forte ligação da água à superfície (YOGENDRARAJAH et al., 2015). Reis et al. (2016) observaram valores de teor de água na monocamada molecular (X_m) para amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) fermentadas próximos aos encontrados neste estudo, os autores também notaram oscilações nos valores.

Os valores do parâmetro C do modelo de GAB seguiram tendência de aumento com a temperatura. O parâmetro C está relacionado ao calor de adsorção da água do produto (VELÁZQUEZ-GUTIÉRREZ et al., 2015). Constatou-se que o menor valor de C foi na temperatura de 20 °C, na qual, de acordo com os autores citados, ocorrem as maiores

interações entre o produto e o vapor d'água, embora alguns valores de C possam não ter significado físico.

Os valores da constante K do modelo de GAB para as farinhas avaliadas apresentaram valores variando entre 0,9019 e 0,9641. O parâmetro K representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido (ALEXANDRE et al., 2007). A constante K do modelo de GAB representa a capacidade de adsorção de água nas multicamadas (ABEBE et al., 2015). Constataram-se que os valores de K aumentam com a elevação da temperatura. Matos et al., 2014 observaram valores de K de 0,82051 e 1,1837 para farinhas de babaçu (*Attalea speciosa*) submetidas às temperaturas de 25 e 40 °C, respectivamente.

Observou-se que os parâmetros encontrados para o modelo de Oswin $a > 0$ e $0 < b < 1$, indicam que as curvas não têm ponto de inflexão e alterações da concavidade, significando que esses parâmetros são física e matematicamente consistentes (BLAHOVEC, 2004; ROCHA et al., 2014). Notou-se que houve um aumento nos parâmetros de a e b com o aumento da temperatura de 20 para 30 °C. Já na temperatura de 40 °C houve diminuição dos mesmos.

Os parâmetros k_1 , n_1 e k_2 , n_2 encontrados no modelo de Peleg apresentaram oscilações semelhantes nas temperaturas testadas. Observou-se que nos respectivos parâmetros ocorreu um aumento dos mesmos nas temperaturas de 20 para a de 30 °C. Já na temperatura de 40 °C verificou-se uma diminuição destes parâmetros.

Analisando-se os parâmetros de C e K do modelo GAB, as isotermas de adsorção de água para a farinha de amêndoa de juá são do Tipo II (forma sigmoide), segundo a classificação de Blahovec (2004) em razão de terem apresentado $0 < K \leq 1$ e $C > 2$.

De acordo com Chisté et al. (2015) considerando que as moléculas de água estão fortemente ligadas aos biopolímeros hidrofílicos, como proteínas e polissacarídeos, o número de sítios que se ligam fortemente às moléculas de água devem ser menores no substrato rico em proteínas que no substrato rico em carboidratos. Assim, produtos amiláceos apresentam geralmente, isotermas do Tipo II.

Na Figura 4.3 têm-se as isotermas de adsorção de água da farinha de amêndoa de juá, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de GAB.

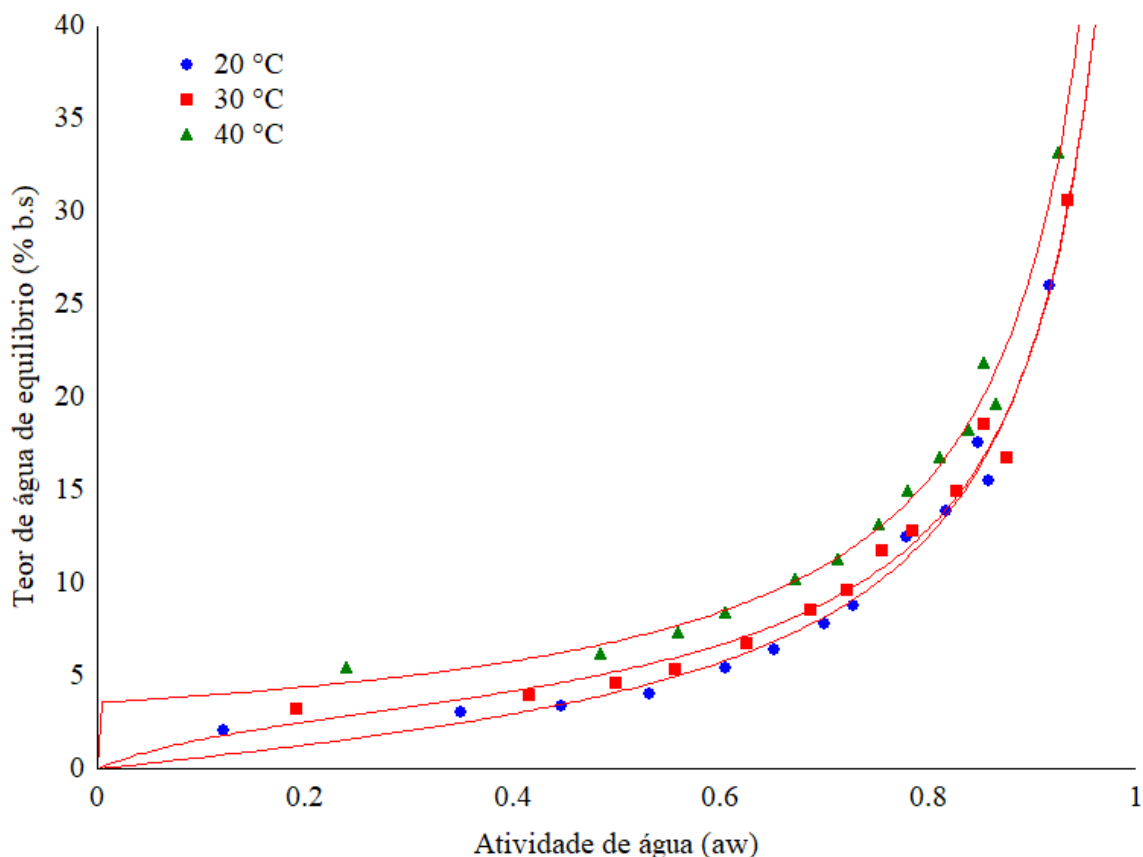


Figura 4.3: Isotermas de adsorção de água da farinha de amêndoa de juá a 20, 30 e 40 °C ajustadas ao modelo de GAB.

Observou-se que há uma influência da temperatura nos comportamentos das curvas, principalmente na curva referente à 40 °C, em que esta permanece ocupando uma posição superior em relação às demais temperaturas, todavia, a curva de 20 °C encontrou-se em posição inferior as temperaturas de 30 e 40 °C entre 0 e 0,8, a partir disso as curvas de 20 e 30 °C detém de valores próximos de atividade de água.

Notou-se que nas atividades de água entre 0 e 0,7 o teor de água de equilíbrio aumenta lentamente e acima deste valor aumentou rapidamente, indicando que acima de 0,7 um pequeno aumento da atividade de água representa grande aumento do teor de água de equilíbrio; entretanto, deve-se observar que o teor de água seguro para o armazenamento corresponde á atividade de água ($aw \leq 0,60$) (YOGENDRARAJAH et al., 2015).

O teor de água da farinha variou entre 2,027 a 33,085% (b.s) para aw entre 0,131 e 0,937 sendo essa faixa próxima ao do pedúnculo seco do caju com faixa entre 5,75 a 30,29% (b.s) para aw entre 0,23 e 0,86 (ALCÂNTARA et al., 2009).

4.8. Citotoxicidade de amêndoa de juá

Na Tabela 4.10 tem-se o valor de DL50 calculado para a amêndoa de juá in natura.

Tabela 4. 10: Valor de DL50, limites superior e inferior calculados para a amêndoa de juá.

Material	Limite inferior	DL50 (ppm)	Limite superior
Amêndoa	928,95	2.071,37	3.213,80

O ensaio revelou DL50 de 2071,37 ppm mais de 2 vezes superior a 1000 ppm, indicando que a amêndoa é atóxica (não tóxica). De acordo com Meyer et al. (1982), quando são encontrados valores de DL50 maiores que 1000 µg/mL e não se observa a morte de mais de 50% de uma população, o material testado é considerado não tóxico.

Em trabalho realizado por Dantas et al. (2016) estudando a toxicidade da *Moringa oleífera*, utilizando o teste com *A. salina*, encontraram-se CL50 (Concentração letal) para as sementes igual à 1.783,40 µg/mL, e para a casca que recobre a semente CL50 de 1.501,71 µg/mL-1, informando pelos resultados obtidos, por gerarem CL50>1000 ppm, ser o material atóxico. Pessoa (2016) encontrou valor de dose letal de 2032,96 µg/mL no extrato aquoso de amêndoa de tucum, o qual observou que esse extrato apresentou um intervalo de confiança (IC95%) com limite inferior de 1333,48 µg/mL e superior de 5431,21µg/mL.

4.9. Caracterização físico-química dos biscoitos tipo cookies formulados com a farinha de amêndoa de juá.

Na Figura 4.4 apresenta-se as formulações dos biscoitos formulados com a farinha de amêndoa de juá nas concentrações de 0, 2 e 4%. Os resultados das características físico-químicas dos biscoitos estão demonstrados na Tabela 4.11 através da composição do biscoito controle (0%), biscoito com 2% e 4% da farinha de amêndoa de juá.

Em relação ao teor de água verificou-se que houve diferença significativa entre a formulação de 0% e as formulações de 2 e 4%. A formulação de 0% apresentou teor de água de 2,1479%, já as formulações de 2 e 4% mantiveram teores de água de 1,0889 e 1,0808, respectivamente, e não apresentaram diferença significativa entre si. Esses resultados estão em conformidade com a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 da ANVISA na qual estipula que a umidade de biscoitos e bolachas deve ser no máximo de 14%.

Kooper et al. (2009) determinaram teores de água de 3,12 a 7,24 em biscoitos elaborados com farinha de bocaiúva (*Acrocomia aculeata*). Já Ortolan et al. (2016) reportaram teor de água de 4,02 % em cupcakes formulados com farinha de amêndoa de baru. Silva et al. (2018) observaram teor de água de 1,637% em biscoitos tipo cookies elaborados com farinha de amêndoa de pequi, valor próximo aos determinados nesse estudo.

Segundo Azevedo et al. (2015), percentuais menores de teor de água em produtos alimentícios promovem aumento da vida de prateleira e diminui a capacidade de desenvolvimento de microrganismos e modificações de textura.



Figura 4.4: Biscoitos formulados com 0, 2 e 4% de farinha de amêndoa de juá.

Observou-se uma diminuição nos teores de cinzas nos biscoitos formulados com 2 e 4% da farinha de amêndoa, o biscoito formulado com 0% apresentou teor de cinza de 1,2617 %, enquanto os biscoitos com 2 e 4% apresentaram teores de cinzas de 0,4977 e 0,5770 %, respectivamente. Froes et al. (2012) verificaram valores de cinzas de 4,36; 1,62; 1,77 e 1,97 %, em biscoitos formulados com 0, 25, 50 e 100 % de gérmen com pericarpo de milho desengordurado.

Tabela 4. 11: Composição centesimal dos biscoitos formulados com 0, 2 e 4 % de farinha de amêndoa de juá.

Parâmetro	Tratamentos (% de farinha de amêndoa de juá)		
	0%	2%	4%
Teor de água (%)	2,1479 a	1,0889 b	1,0808 b
Cinzas (%)	1,2617 a	0,4977 b	0,5770 b
Lipídeos (%)	19,3867 b	21,7617 a	21,7203 a
Proteínas (%)	7,2366 a	8,0633 a	9,2533 a
Carboidratos (%)	69,967 a	68,588 a	67,368 a
Valor energético (kcal/g)	483,29 a	502,46 b	501,96 b
Atividade de água (aw)	0,2226 b	0,2586 a	0,1656 c

Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O teor de lipídeos da formulação com 0% de farinha de amêndoa de juá (controle) apresentou diferença significativa em relação às demais formulações, enquanto as formulações com 2 e 4% não apresentaram diferença significativa entre si. Soares Junior et al. (2007) observaram valores de 17,57; 18,32; 19,06; 19,81 e 20,55 em biscoitos tipo cookies produzidos com adição de 0, 2, 4, 6 e 8% de farinha de amêndoa de baru, constatando-se que os teores de lipídeos aumentaram com a adição de farinha de amêndoa de baru.

Pereira et al. (2016) verificaram aumento significativo de lipídeos em biscoitos amanteigados elaborados com farinha de jatobá, observando um aumento de 13,70% a 16,24% nas formulações padrão e modificada. Esse resultado é semelhante ao de Silveira et al. (2017) os quais relataram aumento do teor de lipídeos em biscoitos incorporados com farinha de semente de goiaba, atribuindo o aumento desses valores, aos lipídeos presentes nas sementes de goiaba.

Em relação ao teor proteico a adição de farinha de amêndoa de juá promoveu um aumento em valores absolutos de proteínas entre as formulações de 2% (8,0633 %) e 4% (9,2533%) e entre essas e a de 0% (7,2366%), mas sem atingir diferenças estatisticamente significativas. Segundo a RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012, da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) um alimento é considerado fonte de proteína quando apresenta 6 g de proteínas por porção. Soares Junior et al., 2007 observaram valores inferiores aos encontrados nesse estudo em biscoitos formulados com 0, 2, 4, 6 e 8% de farinha de

amêndoa de baru, nos quais determinaram teor de proteína entre 4,51 e 5,82, relatando aumento do teor proteico com a adição da farinha nas formulações.

Silva et al. (2014) observaram valores de 5,45 e 9,89 % de proteínas em cookies de chocolate e cookies formulados com amêndoa de pequi, respectivamente. De acordo com os autores os biscoitos formulados com a farinha de amêndoa apresentaram maiores teores de lipídios e proteínas em comparação com os de chocolate. Silva et al. (2018) encontraram teor proteico de 8,008 g/100g em cookies formulados com farinha de amêndoa de pequi, próximos, portanto, aos encontrados nesse estudo.

Em relação à quantidade de carboidratos, os biscoitos não apresentaram diferença significativa entre si, entretanto, observou-se que o biscoito controle (0%) tem a maior quantidade de carboidratos em sua composição (69,96%), enquanto o de 2% tem menor quantidade (67,36%). Soares Junior et al. (2007) observaram valores próximos aos encontrados nesse estudo em biscoitos tipo cookies formulados com 0, 2, 4, 6 e 8% de farinha de amêndoa de baru, nos quais os autores encontraram valores de carboidratos de 58,88; 57,83; 56,78; 55,73 e 54,69, respectivamente. Silva et al. (2014) obtiveram valores de 69,20 e 57,47 % de carboidratos em cookies formulados com chocolate e farinha de amêndoa de pequi. Segundo os autores, a diminuição dos carboidratos com a adição da farinha de amêndoa de pequi na formulação deve-se a quantidade de proteínas e lipídios presentes na amêndoa.

O valor calórico do biscoito formulado com 0% de farinha de amêndoa de juá (controle) apresentou diferença significativa em relação as demais formulações de 2 e 4%, nas quais apresentaram maiores valores calóricos de 502,46 e 501,96, respectivamente. Silva et al. (2014) encontraram valores próximos de 479,50 e 479,41 em cookies de chocolate e com farinha de amêndoa de pequi, respectivamente. Já Ortolan et al. (2016) encontraram valores de 424,7 e 439,1 kcal/100g em cupcakes formulados com 0 e 12 % de farinha de baru, respectivamente. Os autores relataram que o aumento energético nos cupcakes contendo a farinha de baru deve-se aos teores elevados de lipídios, proteínas e cinzas contidos na amêndoa.

A atividade de água encontrada nos biscoitos de farinha de amêndoa de juá mantiveram-se abaixo de 0,26, dentro da faixa padrão indicada por Clerici et al. (2013) para

A_w de biscoito, devendo ser inferior a 0,6. De acordo com Jardim (2010), mudanças físicas, como a crocância de biscoitos dependem significativamente desse parâmetro.

5. CONCLUSÕES

Dentre os modelos ajustados aos dados de cinética de secagem das amêndoas de juá o Dois Termos apresenta os melhores ajustes para as três temperaturas e duas velocidades do ar de secagem utilizadas.

As amêndoas de juá apresentam teores de proteínas, lipídios e carboidratos próximos aos encontrados em grãos de soja. A farinha de amêndoa de juá manteve preservada a qualidade nutricional com relação às amostras in natura.

Tanto a amêndoa in natura, quanto a farinha de amêndoa de juá apresentaram em sua constituição compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas, podendo ser utilizadas como fontes de compostos bioativos.

Os valores massa específica aparente e compactada, bem com o Fator de Hausner e o Índice de Carr, demonstram que a farinha de amêndoa de juá não apresenta problemas de fluidez e tem fácil reconstituição.

As isotermas de adsorção de água da farinha de amêndoa de juá são classificadas como Tipo II. O modelo de GAB resulta o melhor ajuste ao comportamento de adsorção de umidade em todas as temperaturas estudadas, seguido pelos modelos de Peleg e Oswin.

A farinha de amêndoa de juá não é tóxica, com valores de DL50 acima de 1000 µg/mL.

A adição da farinha de amêndoa de juá na elaboração dos biscoitos apresenta resultados satisfatórios em relação à composição nutricional, agregando valor nutricional ao produto. As amostras elaboradas com incorporação de farinha de amêndoa de juá apresentam um aumento na quantidade de lipídios e proteínas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEBE, W.; RONDA, F. Flowability, moisture sorption and thermal properties of tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] grain flours. **Journal of Cereal Science**, v. 63, p. 14-20, 2015.

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the AACC**. 10th ed. St. Paul, 2000. 417p.

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. de. A. C.; SILVA, F. L. H. da.; 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.

ALCÂNTARA, S. R.; SOUSA, C. A. de.; ALMEIDA, F. de. A. C.; GOMES, J. P. Caracterização físico-química das farinhas do pedúnculo do caju e da casca do maracujá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. Especial, p.473-478, 2012.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de.; QUEIROZ, A. J. de M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

ALVES, A. S.; CAMARGO, E. R.; CORREIA, M. H. S.; BECKER, F. S.; DAMIANI, C. Pães elaborados com polpa e farinhas de sementes de abóbora kabutiá (*Cucurbita maxima x Cucurbita moschata*). **Revista de Alimentação Humana – SPCNA**, v. 18, n. 3, p.71-78, 2012.

ALVIANO, W. S.; ALVIANO, D. S.; DINIZ, C. G.; ANTONIOLLI, A. R.; ALVIANO, C.; FARIAS, L. M.; CARVALHO, M. A. R.; SOUZA, M. G.; BOLOGNESE, A. M. In vitro antioxidant potential of medicinal plant extracts and their activities against oral bacteria based on Brazilian folk medicine. **Archives of Oral Biology**, v. 53, n. 6, p.545-552, 2008.

AMAROWICZ, R.; PEGG, R. The Potential Protective Effects of Phenolic Compounds against Low-density Lipoprotein Oxidation. **Current Pharmaceutic Desing**, v. 2, n. 2, p 29, 2017.

AMBROS, L. **Isotermas de sorção de farinha de jabuticaba: determinação experimental e avaliação de modelos matemáticos**. 2013. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Porto Alegre – RS.

ANDRÉ, A. M. M. C. N.; CASTRO, D. S. de.; ALMEIDA, R. D.; OLIVEIRA, V. F. de.; MOREIRA, I. dos S. Comparação de Modelos Matemáticos da Cinética de Secagem de cascas de Manga Espada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 3, p.19-27, 2014.

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, M. A. de.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 279-286, 2014.

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; FILHO, C. P. H; MARTINS, E. A. S. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 448-457, 2017.

ATTANASIO, G.; CINQUANTA, L.; ALBANESE, D.; MATTEO, M. D. Effects of drying temperatures on physico-chemical properties of dried and rehydrated chestnuts (*Castanea sativa*). **Food Chemistry**, v. 88, n. 4, p. 583-590, 2004.

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

AVHAD, M. R.; MARCHETTI, J. M. Temperature and pretreatment effects on the drying of Hass avocado seeds. **Biomass and Bioenergy**, v. 83, p.467-473, 2015.

AZEEZ, L.; ADEBISI, S. A.; OYEDEJI, A. O.; ADETORO, R. O.; TIJANI, K. O. Bioactive compounds' contents, drying kinetics and mathematical modelling of tomato slices influenced by drying temperatures and time. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, p. 120-126, 2017.

AZEVEDO, A. V. S. et al. Avaliação física, físico-química e sensorial de cookies enriquecidos com farinha de açai. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 49-54, 2015.

BASHIR, M.; HARIPRIYA, S. Assessment of physical and structural characteristics of almond gum. International. **Journal of Biological Macromolecules**, v. 93, p. 476-482, 2016.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C da.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; CLEMENTE, E. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 278-283, 2011.

BHUSARI, S. N.; MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, v. 266, n. 1, p. 354-364, 2014.

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.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p.911-917, 1959.

BORGES, A. de M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P de. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 333-339, 2009.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3 ed. Mossoró: Escola Superior Agrícola, 1980, 539 p.

BRASIL - Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução N° 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.

BRITO, S. M. O.; COUTINHO, H. D. M.; TALVANI, A.; CORONEL, C.; BARBOSA, A. G. R.; VEGA, C.; FIGUEREDO, F. G.; TINTINO, S. R.; LIMA, L. F.; BOLIGON, A. A.; ATHAYDE, M. L.; MENEZES, I. R. A. Analysis of bioactivities and chemical composition of *Ziziphus joazeiro* Mart. using HPLC–DAD. **Food Chemistry**, v. 186, n. 1, p.185-191, 2015.

BRITO, K. L.; OSUÑA, J. T. A. Influência de diferentes substratos na germinação de sementes de *Ziziphus joazeiro* Mart., Rhamnaceae. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 5, n. 2, p.63-67, 2005.

BUZIN, E. J. W. K de.; VENTUROLI, F.; MELO, A. P. C de.; NOVAIS, C. S. Perfil de ácidos graxos de folhas e amêndoas orgânicas de guariroba. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 941-950, 2016.

CAMARGO, L. V. E.; TEIXEIRA, P. C. M.; ZUNIGA, A. D. G. Cinética Secagem de amêndoa do Baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics**, v. 6, n. 1, 2018.

CANUTO, T. M.; DANTAS, J. P.; ARAÚJO, A. P.; BARBOSA, A. S.; DIAS, S. L.; CAVALCANTI, M. B. D. A. Caracterização físico-química de amêndoa de chica. In: I Congresso Norte-Nordeste de Química. **Anais...** Natal – RN, 2007.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 1, p. 1501-1507, 1982.

CARDOSO, B. R.; DUARTE, G. B. S.; REIS, B. Z.; COZZOLINO, S. M. F. Castanha do Brasil: composição nutricional, benefícios para a saúde e aspectos de segurança. **Food Research International**, v. 100, n. 2, p. 9-18, 2017.

CARVALHO, P.E.R. **Juazeiro, *Ziziphus joazeiro*: taxonomia e nomenclatura**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007. 8p. (Circular Técnica, 139). Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/circtec/edicoes/Circular139.pdf>>.

CARVALHO, V. S. **Aproveitamento da casca de banana na elaboração de barras de cereais: avaliação dos compostos bioativos, características físicas e sensoriais**. 2015. 116 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto – SP.

CAVALCANTI, M. T.; SILVEIRA, D. C.; FLORÊNCIO, I. M.; FEITOSA, V. A.; ELLER, S. C. W. S. Obtenção da farinha do fruto do juazeiro (*Ziziphus Joazeiro* Mart.) e caracterização físico-química. Mossoró. **Revista Verde de Agroecologia**, v. 6, n. 1, p. 220-224, 2011.

CHIELLE, D. P.; BERTUOL, D. A.; MEILI, L.; TANABE, E. H.; DOTTO, G. L. Spouted bed drying of papaya seeds for oil production. **Food Science and Technology**, v. 65, p.852-860, 2016.

CHISTÉ, R. C.; CARDOSO, J. M.; SILVA, D. A.; PENA, R. S. Hygroscopic behaviour of cassava flour from dry and water groups. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1515-1521, 2015.

CLEMENTE, E.; FLORES, A. C.; ROSA, C. I. L. F.; OLIVEIRA, D. M. Características da farinha de resíduos do processamento de laranja. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2, p.257-269, 2012.

CLERICI, M. T. P.; 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**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 139-146, 2013.

COELHO, E. M.; AZEVEDO, L. C. Comparação entre técnicas de secagem para obtenção de farinha a partir da casca de manga cv. Tommy Altkins. IN: VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação – CONNEPI, **Anais...**Palmas-To, 2012.

COELHO, M. S.; MELLADO, M de las. M. S. Revisão: Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispanica* L.) em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 259-268, 2014.

COSTA, T. L.; MARQUES, L. F.; PAIXÃO, F. J.; PEREIRA, I. E.; PEREIRA, T. D. Cinética de secagem da jaca. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa **Anais...** João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, 2005. CD-ROM.

COSTA, T.; JORGE, N. Compostos Bioativos Benéficos Presentes em Castanhas e Nozes. **Journal of Health Sciences**, v. 13, n. 3, p. 195-203, 2011.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; SOUSA, K. A.; GONÇALVES, D. N. Coeficiente de difusão efetivo e modelagem matemática da secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1089-1096, 2011.

COSTA, A.; COSTA, C.; ALVES, R.; RABADÁN, A. Influência da torra no perfil nutricional da farinha de amêndoa. In: XIII Encontro de Química dos Alimentos, 2016, **Anais...** Porto – Portugal, 2016.

DANTAS, D. L.; SILVA, P. F. de.; COSTA, J. D.; JÚNIOR, J. C. O. de.; CAMPOS, A. R. N. Toxicidade da *Moringa olerifera* utilizando o teste com *Artemias Salinas* Leach. **Anais... I Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, v. 1, 2016.

DINIZ, M. F. F. M.; OLIVEIRA, R. A. G.; MEDEIROS, A. C. D.; MALTA, J. R. A. **Memento de plantas medicinais - As plantas como alternativa terapêutica: aspectos populares e científicos**. João Pessoa: Editora Universitária.

DIÓGENES, F. E. P. Pré-tratamento com ácido sulfúrico na germinação de sementes de *Ziziphus joazeiro* Mart. - Rhamnaceae. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 2, p. 188-194, 2010.

ERKEL, A.; ÁVILA, C. A de.; ROMEIRO, M. M.; SANTOS, E. F dos.; SARMENTO, U. C.; NOVELLO, D. Utilização da farinha de casca de abacaxi em cookies: caracterização físico-química e aceitabilidade sensorial entre crianças. **Revista UNIABEU**, v. 8, n. 19, p.272-288, 2015.

FARIA, R. Q de.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R.; RESENDE, O. Cinética de secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p.573-583, 2012.

FIORINI, A. M. R. **Atividade funcional e antioxidante das amêndoas do baru**. 2018. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. P. 181-207.

FREIRE, F. C. O. Deterioração microbiológica de amêndoas de cajueiro: um problema de difícil solução. **Essentia**, v. 15, n. 2, p. 37-48, 2014.

FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 2, p. 269-279, 2010.

FROES, L de. O.; FALQUETO, M. A. O.; CASTRO, M. V. L de.; NAVES, M. M. V. Gérmen com pericarpo de milho desengordurado na formulação de biscoitos tipo cookie. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, p. 744-750, 2012.

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill), variedade pérola utilizando a técnica de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 4, p. 387-394, 2014.

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.

GASPARIN, P. P.; CHRIST, D.; COELHO, S. R. M. Secagem de folhas *Mentha piperita* em leito fixo utilizando diferentes temperaturas e velocidades de ar. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 2, p. 242-250, 2017.

GETTENS, C. S.; JASKULSKI, I. B.; UECKER, J. N.; PIENIZ, S.; CARBONERA, N.; GULARTE, M. A. Composição centesimal e atividade antioxidante de amêndoa do caroço do pêssego. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. **Anais...** Gramado, RS, 2016.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P.de; FIQUEIREDO, M. A.; RODAL, M. de J. N.; BARBOSA, M. R. de. **Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga**. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (orgs.). Biodiversidade da Caatinga: ações prioritárias para conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Universidade Federal de Pernambuco, 2004. p.47-90.

GUERRA, N. B; DAVID, P. R. de B. S.; MELO, D. D.; VASCONSELOS, A. B. B.; GUERRA, M. R. M. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel dos frutos. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 1, p.45-52, 2004.

GUIMARÃES, R. R.; FREITAS, M. C. J.; SILVA, V. L. M. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca de melancia (*Citriullus vulgaris*, Sobral): Avaliação química, física e sensorial. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p.354-363, 2010.

HASHIMOTO, J. C. **Caracterização de amêndoas de cacau produzidas em diferentes estados brasileiros e aplicação de espectroscopia no infravermelho próximo e quimiometria como alternativa para o controle de qualidade**. 2015. 145 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

HAUSNER, H. H. Friction conditions in a mass of metal powder. **Powder Metall**, v. 3, n. 4, p. 7-13, 1967.

HAUTH, M. R.; BOTELHO, F. M.; HOSCHER, R. H.; BOTELHO, S de. C. C.; OLIVEIRA, G. H. H de. Propriedades físicas de variedades de grãos de soja durante a secagem. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 4, 2018.

HEMIS, M.; CHOUDHARY, R.; GARIÉPY, Y.; RAGHAVAN, V. G. S. Experiments and modelling of the microwave assisted convective drying of canola seeds. **Biosystems Engineering**, v. 139, p.121-127, 2015.

IAL – Instituto Adolf Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. IV – Edição. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

ÍNDICE terapêutico fitoterápico: ITF. Petrópolis:EPUB, 2008.

JARDIM, D. C. P. **Atividade de água e a estabilidade dos alimentos**. In: MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M. (Coord.). Reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados. 4. ed. Campinas: ITAL, 2010. p. 17-23. (Manual Técnico, n. 6).

JOHANN, G.; MENEZES, M. L de.; PEREIRA, N. C.; SILVA, E. A da. Comparing models to Neumann and Dirichlet conditions in grape seed drying. **Applied Thermal Engineering**, v. 93, n. 25, p.865-871, 2016.

JONES, J. B.; BARKLEY, N. A.; SIMPSON, C. E.; MATTES, R. D. Peanuts. **Encyclopedia of Food and Health**, p. 277-282, 2016.

JUNIOR, M. S. S.; CALIARI, M.; TORRES, M. C. L.; VERA, R.; TEIXEIRA, J de. S.; ALVES, L. C. Qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha de amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 1, p. 51-56, 2007.

KARTIKA, A.; YULIANE, S.; KAILAKU, S. I.; RIGAL, L. Moisture sorption behaviour of jatropha seed (*Jatropha curcas*) as a source of vegetable oil for biodiesel production. **Biomass and Bioenergy**, v. 36, n. 1, p. 226-233, 2012.

KOYUNCU, T.; TOSUN, I.; PINAR, Y. Drying characteristics and heat energy requirement of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 2, p.735-739, 2007.

KOPPER, A. C.; SARAIVA, A. P. K.; RIBANI, R. H.; LORENZI, G. M. A. C. Utilização tecnológica da farinha de bocaiuva na elaboração de biscoitos tipo cookie. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 3, p. 463-469, 2009.

KHAN, K.N.; CARSS, K.; RAYMOND, F.L.; ISLAM, F. Nihir BioResource-Rare Diseases Consortium, Moore Vitamin A deficiency due to bi-allelic mutation of RBP4: There's more to it than meets the eye. **Ophthalmic Genet**, v. 28, p.1-2, 2016.

LABUCKAS, D.; MAESTRI, D.; LAMARQUE, A. Molecular Characterization, Antioxidant and Protein Solubility-Related Properties of Polyphenolic Compounds from Walnut (*Juglans regia*). **Natural Product Communications**, v.11, n. 5, p 637-40, 2016.

LANDIM, L. B.; BONOMO, R. C. F.; REIS, R. C.; SILVA, N. M. C.; VELOSO, C. M.; FONTAN, R. C. I. Formulação de quibes com farinha de sementes de jaca. **Journal of Health Sciences**. v. 14, n. 02, p. 87-93, 2012.

LEMONS, M. R. B. **Caracterização e estabilidade dos compostos bioativos em amêndoas de baru (*Dipteryx Alata vog.*), submetidas a processo de torrefação**. 2012. 145 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade de Brasília. Brasília – DF.

LIMA, A. de.; SILVA, A. M. de. O. e.; TRINDADE, R. A.; TORRES, R. P.; FILHO, J. M. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar Brasiliense*, Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.

LIMA, J. L. S. de. **Plantas medicinais de uso comum no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: UFCG, 2006.

LIMA, M. C. B.S e.; HIANE, P. A.; NETO, J. A. B.; MACEDO, M. L. R. Proteins of Bacuri almonds - Nutritional value and in vivo digestibility. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 1, p. 55-61, 2014.

LORENZI, H. Árvores brasileira: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. **Nova Odessa: Instituto Plantarum**, v. 1, 4. ed., 2002.

MACHADO, H.; NAGEM, T.J.; PETERS, V.M.; FONSECA, C.S.; OLIVEIRA, T.T. Flavonóides e seu potencial terapêutico. **Boletim do Centro de Biologia Reprodução**, v. 26, p. 33-39, 2008.

MARTINS, B de.; A. **Desenvolvimento tecnológico para o aprimoramento do processamento de polpa e amêndoa do baru (*Dipteryx alata Vog.*)**. 2016. 240 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2016.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MELO, E. C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 301-306, 2007.

MATOS, E. N. V.; SAMPAIO, R. M.; PAULA, M do. L de. Determinação das isotermas de adsorção e do calor de sorção de farinha de babaçu comercial. **Caderno de Pesquisa**, v. 21, ed. especial, p. 1-9, 2014.

MELO, M. L. P.; MAIA, G. A.; SILVA, A. P. V.; OLIVEIRA, G. S. F.; FIGUEIREDO, R. W. Caracterização físico-química de amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) crua e tostada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 184-187, 1998.

MENDES, B. V. **Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.): símbolo da resistência das plantas das caatingas**. Mossoró: Fundação Vingt-Un Rosado/ETFERN-UNED, 1996. 24p. (Coleção Mossoroense, 168).

MENEZES, M. L. de.; SOUZA, H. C. de. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 01, p. 120-128, 2004.

MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAN, J. E.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. E.; AUGHLIN, J. Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. **Journal of Medical Plant Research**, v. 45, n.1, p. 31-34, 1982.

MONIZ, K. L. de A. **Caracterização morfológica de sementes e frutos e estudos da germinação da espécie *Ziziphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae)**. 2002. 88 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana – BA. 2002.

MOSCON, E. S.; MARTIN, S.; SPEHAR, C. R.; DEVILLA, I. A.; JUNIOR, F. R. Cinética de secagem de grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.). **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 04, p. 318-328, 2017.

MOTRI, S.; TOUIL, A.; ZAGROUBA, F. Convective drying kinetics of prickly pear seeds. **Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology**, v. 6, n. 3, p.35-42, 2013.

MOURA, B. D.; MORAIS FILHO, S. C.; OLIVEIRA, E. L.; OLIVEIRA, J. A. Estudo da secagem do bagaço de maracujá em secador rotatório: Aplicação de modelos semiempíricos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p.50-58, 2014.

MOURA, B. D. de.; OLIVEIRA, E. L. de.; FILHO, F. C. M.; OLIVEIRA, J. A. de. Avaliação de modelos na secagem do resíduo de maracujá em secador rotatório com leito fixo adaptado. IN: Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ, **Anais...** Florianópolis-SC, 2014.

MUNHOZ, C. L.; GUIMARÃES, R. de. C. A.; NOZAKI, V. T.; ARGADOÑA, E. J. S.; MACEDO, M. L. R. Composição química e de fatores antinutricionais de frutos de bocaiuva. **Ambiência Guarapuava**, v. 14, n. 1, p. 212-224, 2018.

NASCIMENTO, V. T; MOURA, N. P. de.; VASCONCELOS, M. A. da S.; ALBUQUERQUE, U. P. de. Chemical characterization of native wild plants of dry seasonal forests of the semi-arid region of northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p.2112-2119, 2011.

NASCIMENTO, W. M. O do.; MORAES, M. H. D. Fungos associados a sementes de açaí: efeito da temperatura e do teor de água das sementes durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 415-425, 2011.

NUNES, J. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P. da.; SILVA, F. B. da. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 1, n. 1, p. 41-46, 2017.

OLIVEIRA, M. R. S.; SILVEIRA, P. T. S.; SANTOS, A. A.; CARVALHO, L. C. F.; REIS, M. F. T. Caracterização físico-química da farinha do resíduo de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Revista Magistra**, v. 26, p.754-757, 2014.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. de. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (-4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 55-59, 2010.

ORTOLAN, A. V.; EING, K. K. C.; SANTOS, M. M. R.; CANDIDO, C. J.; SANTOS, E. F. dos. NOVELLO, D. Adição de farinha de baru em cupcakes: caracterização físico-química e sensorial entre crianças. **O Mundo da Saúde**, v. 40, n. 02, p. 213-220, 2016.

PAIVA, K. M. R. **Elaboração e armazenamento da farinha de amêndoas de jaca**. 2008. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

PARAGINSKI, R. T.; TALHAMENTO, A.; OLIVEIRA, M. de.; ELIAS, M. C. Efeitos da temperatura nas alterações do teor de compostos com potencial antioxidante em grãos de milho durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 17, n. 2, p. 159-167, 2015.

PEREIRA, C. T. M.; SILVA, C. R. dos P.; LIMA, A. de.; PEREIRA, D. M.; COSTA, C. do. N.; NETO, A. A. C. Obtenção e caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante in vitro da farinha do resíduo de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, p.50-56, 2013.

PEREIRA, M. M.; OLIVEIRA, E. N. A. de.; ALMEIDA, F. L. C.; FEITOSA, R. M. Processamento e caracterização físico-química de biscoitos amanteigados elaborados com farinha de jatobá. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 2, p. 2137-2149, 2016.

PESSOA, R. A. **Composição nutricional e bioativa de amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*)**. 2016. 94 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.

PRISTA, L. V. N.; ALVES, A. C.; MORGADO, R. **Técnica Farmacêutica**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003. 290p.

RABÊLO, A. M. da. S.; TORRES, M. C. L.; GERALDINE, R. M.; SILVEIRA, M. F. A. Extração, secagem e torrefação de amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 868-871, 2008.

REIS, D. R. D.; RODRIGUES, C. V.; SOARES, E. J. O.; PAGLARINI, C. D. S.; PORTO, A. G. Determinação de isotermas de sorção de amêndoa fermentada de cupuaçu. XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. **Anais...** Florianópolis, SC. 2016.

REIS, D. R.; BRUM, F. B.; SOARES, E. J. O.; MAGALHÃES, J. R.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G. Drying kinetics of baru flours as function of temperature. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 10, p. 713-719, 2018.

ROCHA, E. M. F. F.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Mathematical modeling for isotherms of mango pulp powder, obtained by atomization. **Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences**, v. 4, p. 8-14, 2014.

ROCHA, F. **Caracterização química, física e termofísica de amêndoa do baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. 2016. 40 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão – PR.

SAAVEDRA, J.; CÓRDOVA, A.; NAVARRO, R.; CALDERÓN, P. D.; FUENTEALBA, C.; CASTRO, C. A.; TOLEDO, L.; ENRIONE, J.; GALVEZ, L. Industrial avocado waste: Functional compounds preservation by convective drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 198, p.81-90, 2017.

SANCHIZ, A.; PEDROSA, M. M.; GUILLAMÓN, E.; ARRIBAS, C.; CABELLOS, B.; LINACERO, R.; CUADRADO, C. Influência do processamento em ebulição e autoclave sobre o conteúdo fenólico, atividade antioxidante e propriedades funcionais das farinhas de pistache, castanha de caju e castanha. **Food Science and Technology**, v. 105, p. 250-256, 2019.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v. 274, n. 1, p. 37-43, 2015.

SANTOS, A. C. **Avaliação do uso da farinha da casca da manga Tommy Atkins na reologia da farinha de trigo e na aceitabilidade do pão de forma**. 2013. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná. Campo Mourão – PR.

SANTOS, D da. C.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. de F.; OLIVEIRA, E. N. A de. Cinética de secagem da farinha de urucum. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p.223-231, 2013.

SANTOS, D. S. C.; STORCK, C. R.; FOGAÇA, A de. O. Biscoito com adição de farinha de casca de limão. **Disciplinarum Scientia**, v. 15, n. 1, p.123-135, 2014.

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

SILVA, F. A.; MARSAIOLI, JR. A. Aspecto econômico de um processo de secagem de amêndoas de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) assistida a micro-ondas. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 2, p. 157-167, 2003.

SILVA, A. G de. M &; FERNANDES, K. F. Composição química e antinutrientes presentes nas amêndoas cruas e torradas de chicha (*Sterculia striata* A. St. Hill & Naudin). **Revista de Nutrição**, v. 24, n. 2, p. 305-314, 2011.

SILVA, B de. L de. A.; AZEVEDO, C. C de.; AZEVEDO, F de. L. A. A. Propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da munguba (*Pachira Aquatica* Aubl.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 193-200, 2015.

SILVA, C. M. S da.; MARTINS, G. A de. S.; ALVES, D. G.; ADORNO, W. T.; SOUSA, J. P de. Otimização do processamento de amêndoa da castanha de caju torrada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 17, n. 1, p. 65-74, 2015.

SILVA FILHO, E. D. da.; FIGUEIRÊDO, R. M. F de.; QUEIROZ, A. J. de M.; GUIMARÃES, M. K. A. Cinética de secagem em camada de espuma da polpa da manga cv. Haden. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p.354-361, 2016.

SILVA, E. V da. **Farelos dos frutos de *Geoffroea spinosa*: Composição química, caracterização térmica e físico-química e aplicação como aditivos em pães**. 2013. 175 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Curso de Pós-Graduação em Química, João Pessoa – PB.

SILVA, D. V. **Propriedades nutricionais, físicas, químicas e tecnológicas funcionais das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel) em função de diferentes condições de secagem do fruto**. 2017. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia, Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Rio Verde – GO.

SILVA, A do. S. S da.; FARIAS, L. F. Elaboração da farinha à base de amêndoa do cupuaçu *Theobroma grandiflorum* Schum. **Revista Arquivos Científicos**, v. 1, n. 01, p. 36-42, 2018.

SILVA, T. C. L.; ALMEIDA, C. C. B. R.; VERAS, F. J.; PEIXOTO, T. J. S. S.; AMORIM, E. L. C.; COSTA, E. P.; ARAÚJO, J. M. Atividades antioxidante e antimicrobiana de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae): avaliação comparativa entre cascas e folhas. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 32, n. 2, p.193-199, 2011.

SILVA, T. L. B. Secagem de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) em estufa. In: II Congresso internacional da diversidade do semiárido. **Anais...** 08 a 10 de novembro de 2017.

SILVA, L. R. da.; BARRETO, N. D. S.; BATISTA, P. F.; ARAÚJO, F. A. R. de.; MORAIS, P. L. D. de. Caracterização de frutos de cinco acessos de juazeiro. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 1, p.15-20, 2011.

SILVA, A. K. N da.; ABE, S. T. H.; SANTOS, O. V dos. Processamento da farinha da casca do mangostão (*Garcinia mangostana* L.) com vistas aos aspectos nutricionais e de antocianina. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 2, p. 1074-1087, 2013.

SILVA, H. W.; RODOVALHO, R. S.; VELASCO, M. F.; SILVA, C. F.; VALE, L. S. R. Kinetics and thermodynamic properties related to the drying of ‘Cabacinha’ pepper fruits. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 174-180, 2016.

SILVA, J. C. da.; COSTA, F. B. da.; NASCIMENTO. A. M. da.; COSTA, R. R. do V.; SANTIAGO, M. de M. Avaliação física e físico-química de frutos de juazeiro (*Zizyphus*

joazeiro Mart.) em diferentes estádios de maturação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 5, p.177-181, 2016.

SILVA, I. L.; SILVA, H. W da.; CAMARGO, F. R. T de.; FARIAS, H. F. L de.; FREITAS, E de. F. M. Secagem e difusividade de sementes de melão. **Revista Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 309-315, 2018.

SILVA, S. R da.; PINTO, E. G.; SOARES, D. Biscoito tipo cookie de farinha de amêndoa de pequi: avaliação física e química. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 1401-1410, 2018.

SILVEIRA, M. L. R.; SANTOS, C. O dos.; PENNA, N. G.; SAUTTER, C. K.; ROSA, C. S da.; BERTAGNOLLI, S. M. M. Aproveitamento tecnológico das sementes de goiaba (*psidium guajava* L.) Como farinha na elaboração de biscoitos. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 34, n. 1, p.1-20, 2016.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P. de, MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento** (6th Ed.) Florianópolis: Publisher Federal University of Santa Catarina – Brasil, 2007.

SINGH, T. C. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos e estabilidade de compostos bioativos em óleos de polpa e amêndoa de frutos amazônicos**. 2015. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto – SP.

SMERIGLIO, A.; MANDALARI, G.; BISIGNANO, C.; FILOCAMO, A.; BARRECA, D.; BELLOCO, E.; TROMBETTA, D. Polyphenolic content and biological properties of Avola almond (*Prunus dulcis* Mill. D. A. Webb) skin and its industrial byproducts. **Industrial Crops and Products**, v. 83, p. 283-293, 2016.

SORGI, D. S.; SIDDIQ, M.; GREIBY, I.; DOLAN, K. D. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of ‘Tommy Atkins’ mango peel and kernel as affected by drying methods. **Food Chemistry**, v. 141, n. 1, p.2649-2655, 2013.

SOUSA, F. C. de.; SILVA, L. M. de M.; LEMOS, D. M.; MOREIRA, L. dos S.; LINS, A. D. F.; CASTRO, D. S. de.; ROCHA, A. P.T. Secagem de resíduos de *Spondias sp.* em camada fina. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p.197-202, 2015.

SIRISOMBOON, P.; KITCHAIYA, P. Physical properties of *Jatropha curcas* L. kernels after heat treatments. **Biosystems Engineering**, v. 102, n. 02, p. 244-250, 2009.

TRESSERRA-RIMBAU, A.; GUASCH-FERRÉ, M.; SALAS-SALVADÓ, J.; ET AL. Intake of Total Polyphenols and Some Classes of Polyphenols Is Inversely Associated with Diabetes in Elderly People at High Cardiovascular Disease Risk. PREDIMED study investigators. **Journal Nutrition**, v.9, p 50-60, 2016.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inclusão Social**, v. 6, n. 2, p. 70-76, 2013.

VELÁZQUEZ-GUTIÉRREZ, S. K.; FIGUEIRA, A. C.; RODRÍGUEZ-HUEZO, M. E.; ROMÁN-GUERRERO, A.; CARRILLO-NAVAS, H.; PÉREZ-ALONSO, C. Sorption

isotherms, thermodynamic properties and glass transition temperature of mucilage extracted from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). **Carbohydrate Polymers**, v. 121, p. 411–419, 2015.

VENKATACHALAM, M.; SATHE, S. K. Chemical composition of selected edible nuts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 4705-4714, 2006.

VIEIRA, A. S. **Secagem de resíduo de goiaba em secador convectivo de bandejas: Modelagem matemática e análise de processo**. 2014. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal – RN. 2014.

WATT, B.; MERRIL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Maryland: Agricultural Research Service, USDA, Nutrient Data Laboratory, 1999. p. 4-25. (USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release, 13).

YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: a review. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 1573-1580, 2009.

YANG, J.; BINGOL, G.; BRANDL, M. T.; PAN, Z.; WANG, H.; McHUGH, T. H. Infrared pasteurization of raw almonds. **Journal of Food Engineering**, v. 104, p. 387-393, 2011.

YASHIKI, L. G.; TRIBOLI, P. D. R. Caracterização físico-química e tecnológica de farinha de inhame obtida por atomização. In: XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais...** v. 1, n. 5, 23 a 26 de Setembro de 2018.

YOGENDRARAJAH, P.; SAMAPUNDO, S.; DEVLIEGHERE, F.; SAEGER, S.; MEULENAER, B. Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of whole black peppercorns (*Piper nigrum* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 177-188, 2015.

ZUNIGA, A. D. G.; RIBEIRO, L.; TEIXEIRA, P. C. M. Modelagem matemática da cinética das curvas de secagem de amêndoa do baru (*Dipteryx alata*). **Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics**, v. 3, n. 1, p. 1-2, 2015.