

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**PROPRIEDADES NUTRICIONAIS, FÍSICAS, QUÍMICAS
E TECNOLÓGICAS FUNCIONAIS DAS FARINHAS DE
BARU (*Dipteryx alata* Vogel) EM FUNÇÃO DE
DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM DO FRUTO**

Autora: Daiana Vieira Silva
Orientador: Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

Rio Verde – GO
Agosto – 2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**PROPRIEDADES NUTRICIONAIS, FÍSICAS, QUÍMICAS
E TECNOLÓGICAS FUNCIONAIS DAS FARINHAS DE
BARU (*Dipteryx alata* Vogel) EM FUNÇÃO DE
DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM DO FRUTO**

Autora: Daiana Vieira Silva
Orientador: Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde – Área de concentração Tecnologia e Processamento de Alimentos.

Rio Verde – GO
Agosto – 2017

Vieira Silva, Daiana

VSI586 p Propriedades nutricionais, físicas, químicas e tecnológicas funcionais das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel) em função de diferentes condições de secagem do fruto / Daiana Vieira Silva; Orientador Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira; Coorientador Osvaldo Resende. -- Rio Verde, 2017. 113 p.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) -- Instituto Federal Goiano, *Campus* Rio Verde, 2017.

1. Fruto do cerrado. 2. Compostos bioativos. 3. Qualidade nutricional. 4. Transformação de alimentos. I. Emanuel Cabral de Oliveira, Dr. Daniel, orient. II. Resende, Osvaldo, coorient. III. Título.

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

**PROPRIEDADES NUTRICIONAIS, FÍSICAS, QUÍMICAS E
TECNOLÓGICAS FUNCIONAIS DAS FARINHAS DE
BARU (*Dipteryx alata* Vogel) EM FUNÇÃO DE DIFERENTES
CONDIÇÕES DE SECAGEM DO FRUTO**

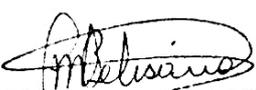
Autora: Daiana Vieira Silva
Orientador: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

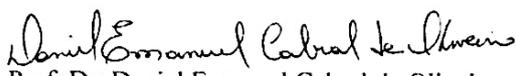
TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração
em Tecnologia e Processamento de Alimentos.

APROVADA em 25 de agosto de 2017.


Prof. Dr. Osvaldo Resende
Avaliador interno
IF Goiano/Rio Verde


Prof. Dr.ª Cássia Cristina Fernandes Alves
Avaliadora externa
IF Goiano/Rio Verde


Prof. Dr. Celso Martins Belisário
Avaliador interno
IF Goiano/Rio Verde


Prof. Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira
Presidente da banca
IF Goiano/Iporá

Dedico a Deus e a minha mãe Lucilena

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, fonte da minha força, sabedoria, conhecimento e capacitação. A toda minha família, Lucelena Vieira, pelo exemplo de coragem e determinação, pelos seus cuidados, incentivo, conselhos, apoio e por estar sempre ao meu lado sonhando os meus sonhos e me ajudando a concretizá-los, meu padrasto Cleomar pelo apoio a minha irmã Nayara, por sua prontidão em me ajudar, aos meus sobrinhos Pedro Lucas e Maria Clara, motivo dos meus sorrisos. Ao Johnathan, por sua paciência, companheirismo, compreensão e ouvidos receptivos. A Keyla e Lazara, pessoas iluminadas por Deus, que sempre me ajudaram, incentivaram, apoiaram com sua companhia e amizade. A Lana e Taynara, pela amizade pela ajuda e apoio. Ao meu orientador Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira, por sempre se mostrar disposto a ajudar, orientar, contribuir com suas ideias, pela paciência e conhecimento compartilhado, pelas lições, por ser um exemplo de simplicidade, profissionalismo e inteligência. Ao meu coorientador professor Dr. Osvaldo Resende, pela confiança, respeito, por ter me acolhido, orientado e proporcionado a oportunidade de desenvolver esta pesquisa no Laboratório de Pós-Colheita de Grãos, bem como por ser um exemplo de comprometimento e eficiência. Ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, a coordenação do Mestrado em Tecnologia de Alimentos, pela estrutura, recursos e corpo docente, pelos ensinamentos essenciais para minha formação profissional. Aos dirigentes Alan Costa, Osvaldo Resende e Mariana Egea. À secretária do PPGTA Angélica, pela prontidão em ajudar e trabalho eficiente. Aos professores Dr. Marco Antônio, Dr. Celso Martins, Dr. José Milton, Dr^a Priscila Alonso, ao técnico Carlos, pelas importantes orientações nas análises. A Rafael, Lígia, Gabrielly, Jaqueline, Ana Carolina e Natália, pela atenção, apoio nas análises e amizade. Aos responsáveis pelos Laboratório de Produtos de Origem Animal (LPOA), Laboratório de Frutas e Hortaliças, Laboratório de Panificação, Laboratórios de Química, Laboratório de Sementes, Laboratório de Física do solo, Laboratório de solos e Laboratório de zootecnia pela estrutura e equipamentos disponibilizados.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Daiana Vieira Silva, filha de Lucilena Vieira da Silva e João Batista da Silva, nasceu no dia 17 de junho de 1992, na cidade de Itumbiara, Goiás. Concluiu a graduação em Licenciatura em Química em junho de 2015, no Instituto Federal de Goiás – Campus Itumbiara – GO. No mês de agosto de 2012, durante o curso superior ingressou no Programa de Iniciação à Docência como bolsista (PIBID/Capes), sob a orientação da Professora Dr^a. Gláucia Aparecida Andrade Rezende, até março de 2015. Em agosto de 2013, ingressou no Programa de Iniciação Científica Voluntário (PIVIC) na área de produtos de origem animal, sob a orientação da Dr. Professor João Paulo Victorino Santos, até junho de 2015. Em setembro de 2015, iniciou no curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos, no Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde - GO, sob a orientação dos professores Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira e Dr. Osvaldo Resende.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO	04
1.1 REVISÃO DA LITERATURA	05
1.1.1 <i>Dipteryx alata</i> Vogel.....	05
1.2 Fitoquímicos.....	10
1.3 Secagem	14
1.3 Transformação de alimentos pelos processos tecnológicos	17
1. REFERÊNCIAS	20
2.OBJETIVOS	24
Objetivo geral	24
Objetivos Específicos.....	24
3. CAPÍTULO I: AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DAS FARINHAS DA AMÊNDOA, EPICARPO E MESOCARPO DOS FRUTOS DE BARU (<i>Dipteryx alata</i> Vogel) SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM	25
3.1 INTRODUÇÃO	26
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.2.1 Secagem dos frutos.....	27
3.2.2 Obtenção das Farinhas de baru.....	27
3.2.3 Composição Centesimal.....	30
3.2.3.1 Teor de água.....	30
3.2.3.2 Proteína bruta	31
3.2.3.3 Cinzas (resíduo mineral fixo).....	31
3.2.3.4 Lipídeos	32
3.2.3.5 Valor energético	33
3.2.3.6 Carboidratos	33
3.2.4 Análises Físico-Químicas.....	33
3.2.4.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)	33
3.2.4.2 Acidez titulável	34
3.2.4.3 Sólidos solúveis totais	34
3.2.4.4 Massa específica aparente	34

3.2.5 Minerais.....	34
3.2.6 Compostos bioativos	35
3.2.6.1 Fenólicos totais.....	35
3.2.6.2 Carotenoides totais	36
3.2.6.3 Flavonoides totais.....	36
3.2.6.4 Atividade antioxidante Ensaio com DPPH	37
3.2.6.5 Atividade antioxidante Ensaio com ABTS	38
3.2.7 Espectrometria de absorção de infravermelho	38
3.2.8 Análise estatística.....	38
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.4 CONCLUSÃO	62
3.5 REFERÊNCIAS	62
4. CAPÍTULO II: EFEITO DA SECAGEM DOS FRUTOS DE BARU	69
(<i>Dipteryx alata Vogel</i>) SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS E	
FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DA FARINHAS DA AMÊNDOA,	
EPICARPO E MESOCARPO	
4.1 INTRODUÇÃO	70
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	71
4.2.1 Determinação de cor.....	72
4.2.2 Índices de absorção (IA) e Índices de solubilidade (IS)	73
4.2.3 Atividade emulsificante e Estabilidade da emulsão.....	74
4.2.4 Capacidade espumante e estabilidade da espuma	75
4.2.5 Granulometria.....	76
4.2.6 Microscopia Eletrônica de Varredura	76
4.2.7 Análise estatística.....	77
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4.4 CONCLUSÃO	92
4.5 REFERÊNCIAS	93
CONCLUSÃO GERAL.....	96

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
1. 1 REVISÃO DA LITERATURA	05
TABELA 1.1. Composição centesimal da polpa e amêndoa de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	08
3. CAPÍTULO I: AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DAS FARINHAS DA AMÊNDOA, EPICARPO E MESOCARPO DOS FRUTOS DE BARU (<i>Dipteryx alata</i> Vogel) SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM	25
TABELA 3. 1. Informações sobre os tratamentos das farinhas de baru	29
TABELA 3.2. Teores médios referente ao teor de água, cinzas, lipídeos das farinhas do epicarpo e mesocarpo de baru e farinhas da amêndoa de baru	39
TABELA 3.3. Teores médios em base seca de proteínas, carboidratos totais e valor energético, das farinhas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	43
TABELA 3.4. Valores médios e desvio padrão de pH, acidez e sólidos solúveis (SS) e massa específica aparente das farinhas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	46
TABELA 3.5. Valores médios referente aos teores de (macrominerais) potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) das farinhas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	49
TABELA 3.6. Valores médios referentes aos teores de (microminerais) em base seca de ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) das farinhas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	52
TABELA 3.7. Valores médios da capacidade antioxidante equivalente de trolox determinada por dois métodos, utilizando os radicais DPPH e ABTS, e teor de fenólicos totais das farinhas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	54
TABELA 3.8. Valores médios teores de flavonoides totais e carotenoides das farinhas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	57
4. CAPÍTULO II: EFEITO DA SECAGEM DOS FRUTOS DE BARU (<i>Dipteryx alata</i> Vogel) SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS E FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DA FARINHAS DA AMÊNDOA, EPICARPO E MESOCARPO	69

TABELA 4.1 Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de cor L*, a*, b*, C* e °h das farinhas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	77
TABELA 4.2. Valores médios e desvio padrão referente ao índice de absorção em água (I.A.A.), índice de absorção em leite (I.A.L.), índice de absorção em óleo (I.A.O.), índice de solubilidade em água (I.S.A), e índice de solubilidade em leite (I.S.A) das farinhas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	80
TABELA 4.3. Valores médios e desvio padrão referente atividade emulsificante (AE), estabilidade da emulsão (EE) das farinhas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)....	82
TABELA 4.4. Valores médios da capacidade de formação de espuma (CFE) estabilidade de espuma das farinhas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel).....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. 1 REVISÃO DA LITERATURA	05
FIGURA 1.1. Arbórea <i>Dipteryx alata</i> Vogel.....	06
FIGURA 1.2. Imagem do fruto, amêndoa e corte transversal do fruto (<i>Dipteryx alata</i> Vogel): ep-epicarpo; me-mesocarpo; en-endocarpo.....	07
FIGURA 1.3. Estrutura química do ácido graxo monoinsaturado (possuem uma ligação dupla na cadeia carbônica): Ácido oleico e do Ácido graxo poli-insaturado (possuem duas ou mais ligações dupla na cadeia carbônica): ácido linoleico.....	10
FIGURA 1.4. Estruturas química de alguns ácidos fenólicos.....	11
FIGURA 1.5. Estruturas química dos flavonoides: flavona, flavanona, flavonol, flavanonol, isoflavona, flavanol, antocianidina.....	12
FIGURA 1.6. Estruturas química dos carotenoides: β -caroteno, Luteína, Zeaxantina, Licopeno.....	13
FIGURA. 1.7. Imagem descreve a representação da inicial da reação de Maillard..	15
FIGURA. 1.8. Imagem descreve a representação da fase intermediária da reação de Maillard.....	15
FIGURA. 1.9. Imagem descreve a representação da fase final da reação de Maillard que resulta na formação de melanoidinas.....	16
FIGURA 1.10. Fórmula estrutural do glúten de trigo.....	18
3. CAPÍTULO I: AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DAS FARINHAS DA AMÊNDOA, EPICARPO E MESOCARPO DOS FRUTOS DE BARU (<i>Dipteryx alata</i> Vogel) SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM	25
FIGURA 3.1. Fluxograma de processamento dos frutos de baru para obtenção das farinhas.....	28
FIGURA 3.2. Espectros de infravermelho de transformada de Fourier (FTIR) absorção das farinhas produzidas a partir do epicarpo e mesocarpo de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	59
FIGURA 3.3. Espectros de infravermelho de transformada de Fourier (FTIR) absorção das farinhas da amêndoa de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel).....	60

4. CAPÍTULO II: EFEITO DA SECAGEM DOS FRUTOS DE BARU	69
(<i>Dipteryx alata</i> Vogel) SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS E FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DA FARINHAS DA AMÊNDOA, EPICARPO E MESOCARPO.....	
FIGURA 4.1 Imagem das farinhas produzidas do (epicarpo + mesocarpo) de baru	78
(<i>Dipteryx alata</i> Vogel): a- (FEMBCT); b- (FEMB40); c- (FEMB60); d- (FEMB80); e- (FEMB100)	
FIGURA 4.2. Imagem das farinhas produzidas a partir da amêndoa de baru	79
(<i>Dipteryx alata</i> Vogel): f- (FABCT); g- (FAB40); h- (FAB60); i- (FAB80); j- (FAB100)	
FIGURA 4.3. Valores médios da distribuição granulométrica em diferentes	86
aberturas de malhas em milímetros de cada peneira das FEMB.....	
FIGURA 4.4. Valores médios da distribuição granulométrica em diferentes	86
aberturas de malhas em milímetros de cada peneira das FAB.....	
FIGURA 4.5. Microestrutura eletrônica de varredura das farinhas produzidas a	88
partir da junção do epicarpo e mesocarpo de frutos baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	
isentos de tratamento térmico e frutos submetidos a diferentes temperaturas de	
secagem (40, 60, 80 e 100 °C). Imagens com números ímpares correspondem a	
aumentos de 300X (1.8, 3.8, 5.8, 7.8, 9.8), imagens com números pares	
correspondem a aumentos de 1500X (2.8, 4.8, 6.8, 8.8, 10.8). Nas imagens as letras	
em destaque remetem as seguintes estruturas: A- amido; F- fibra.....	
FIGURA 4.6. Microestrutura eletrônica de varredura das farinhas da amêndoa de	90
frutos baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel) isentos de tratamento térmico e frutos	
submetidos a diferentes temperaturas de secagem (40, 60, 80 e 100 °C). Imagens	
com números ímpares correspondem a aumentos de 300X (11.9, 13.9, 15.9, 17.9,	
19.9), imagens com números pares correspondem a aumentos de 1500X (12.9,	
14.9, 16.9, 18.9, 20.9). Nas imagens as letras em destaque remetem as seguintes	
estruturas: A- amido; F- fibra; L- lipídeos; P- proteínas.....	

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo	Sigla
A	Massa do cadinho vazio
a*	Cromaticidade do verde (-80) a vermelho (+100);
A ^{1%}	Coefficiente de extinção para uma mistura de solventes (2550)
AE	Atividade emulsificante (%);
AACC	American Association for Clinical Chemistry
AAT	Atividade antioxidante total (%)
Abs	Absorbância
ABTS	Ácido 2,2'-azino-di- (3- etilbenzotiazolina sulfónico
AlCl ₃ .6H ₂ O	Cloreto de alumínio hexahidratado
Anvisa	Agência nacional de vigilância sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AT	Acidez titulável
B	Massa do cadinho com amostra após secagem
b*	Cromaticidade do azul (-50) ao amarelo (+70)
b.s.	Base seca
BHT	Butylated hydroxytoluene
C	Cinzas
C*	Chroma, saturação da cor
Ca	Cálcio
CE _i	Camada emulsificada inicial, expressa em mL
CER	Camada emulsificada remanescente, expressa em mL
CFE	Capacidade de formação de espuma
CHO _t	Carboidratos totais
CIE	<i>Comission Internationale de l'Eclairage</i> (Comissão internacional de iluminação)
CNNPA	Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de variação
DCV	Doença cardiovascular

DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazil
EE	Estabilidade da emulsão (%)
en	Endocarpo
ep	Epicarpo
EP	Equivalentes de pirocatequina
f	Fator de correção da solução de hidróxido de sódio
FAB100	Farinha da amêndoa de frutos desidratados a 100 °C
FAB40	Farinha da amêndoa de frutos desidratados a 40 °C
FAB60	Farinha da amêndoa de frutos desidratados a 60 °C
FAB80	Farinha da amêndoa de frutos desidratados a 80 °C
FABCT	Farinha da amêndoa do fruto isentos de tratamento térmico
Fc	Fator de correção da normalidade do titulante
Fe	Ferro
FEMB100	Farinha do (epicarpo + mesocarpo) de frutos desidratados a 100 °C
FEMB40	Farinha do (epicarpo + mesocarpo) de frutos desidratados a 40 °C
FEMB60	Farinha do (epicarpo + mesocarpo) de frutos desidratados a 60 °C
FEMB80	Farinha do (epicarpo + mesocarpo) de frutos desidratados a 80 °C
FEMBCT	Farinha do epicarpo e mesocarpo do fruto isentos de tratamento térmico
FTIR	Espectroscopia de infravermelho de transformação de Fourier
g	Grama
GAE	Ácido Gálico equivalente
h	Horas
h°	Hue, tonalidade ou matiz cromática (°)
H ⁺	Íon hidrogênio
HDL	Lipoproteína de alta densidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFGoiano	Instituto federal goiano
K	Potássio
K ₂ S ₂ O ₈	Persulfato de potássio
KBr	Brometo de potássio
kcal	Quilocalorias
kg	Quilograma

L	Lipídeos
L*	Luminosidade do preto (0) ao branco (+100)
LDL-c	Colesterol ou lipoproteína de baixa densidade
M	Metro
m	Massa de lipídios
m'	Massa da matéria seca
Ma	Massa de água;
MA	Massa da amostra
me	Mesocarpo
mg	Miligrama
Mg	Magnésio
mL	Militro
mm	Milímetro
Mms	Massa da matéria seca
Mn	Manganês
N	Normalidade
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sódio
NaNO ₂	Nitrito de sódio
NaOCl	Hipoclorito de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
Não HDL-c	Colesterol não HDL
NH ₃	Amônia
Nm	Nanômetro
°Brix	Grau Brix (escala numérica de índice de refração)
°C	Grau Celsius
P	Fósforo
PA	Para análise
PB	Proteína bruta
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
Rpm	Rotações por minuto
SS	Sólidos solúveis
TC	Colesterol total

TE	Equivalente de trolox
Trolox	6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid
UV-Visível	Ultravioleta visível
V	Volume
VB	mL gastos do titulante da prova branco
VL	ml gastos do titulante
V _i	Volume inicial
V _f	Volume final
V _r	Volume da espuma após repouso
X	Teor de água
Zn	Zinco
μL	Microlitro
μmol	Micromol

RESUMO

SILVA, DAIANA VIEIRA. Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde – GO, agosto de 2017. Propriedades nutricionais, físicas, químicas e tecnológicas funcionais das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel) em função de diferentes condições de secagem do fruto. Orientador: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira. Coorientador: Osvaldo Resende.

O baru (*Dipteryx alata* Vogel) é uma espécie arbórea, nativa do cerrado, produz frutos com polpa carnosa com presença de amêndoa única em seu interior. Devido à crescente demanda por alimentos nutritivos e seguros e a importância da valorização de espécies nativas do Cerrado, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da secagem do fruto baru sobre as características nutricionais, físicas, químicas e funcionais tecnológicas de farinhas do epicarpo e mesocarpo do baru, e farinha da amêndoa, de frutos isentos de tratamento térmico e frutos submetidos a diferentes condições de secagem (40, 60, 80, 100 °C em estufa com circulação forçada). foram avaliadas a composição centesimal, o teor de água pelo método gravimétrico, proteína pelo método Kjeldhal, cinzas, por incineração em mufla, lipídios em aparelho Soxhlet, o valor energético pela soma dos fatores de conversão de Atwater, os carboidratos totais pelo cálculo por diferença, o pH utilizando pHgâmetro digital, acidez por titulação, sólidos solúveis totais (°Brix) com auxílio de refratômetro, granulometria e massa específica aparente, cor, teores de minerais, compostos fenólicos totais, capacidade antioxidante, flavonoides e carotenoides totais, análise microestrutural, espectroscopia no infravermelho, os índices de absorção (água, leite e óleo) e índices de solubilidade (água e leite), atividade emulsificante, estabilidade da emulsão, capacidade espumante e estabilidade da espuma. A secagem provocou a redução do pH, acidez, lipídeos e sólidos solúveis das farinhas do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMB) e farinhas da amêndoa de baru (FAB) comparativamente com as amostras controle (FEMBCT e FABCT). As amostras FEMB e FAB apresentaram significativos teores de zinco, cobre, potássio, cálcio e fósforo. A secagem propiciou maior disponibilidade compostos fenólicos, maior atividade antioxidante e conteúdo de flavonoides nas FEMB provenientes de frutos secos em temperaturas mais elevadas. Porém os compostos bioativos da matriz alimentar da FAB apresentaram comportamento inverso, observou-se a degradação dos fenólicos totais, atividade antioxidante, flavonoides e carotenoides. Os resultados da análise FT-IR demonstram perda de nutrientes. Os tratamentos térmicos dos frutos ocasionaram alterações na cor das farinhas de baru (FEMB e FAB), provocando o escurecimento das amostras, provocou a redução nos valores de índice de absorção em água em leite, índice de solubilidade em água e em leite nas FEMB. Em relação a granulometria, as amostras secas a temperaturas mais elevadas (80 e 100 °C) apresentaram maiores percentuais de partículas menores que 0,125mm. A secagem dos frutos ocasionou alterações na microestrutura das farinhas, observou-se a gelatinização dos grânulos de amidos, encolhimento e redução dos poros das fibras das FEMB e FAB em temperaturas elevadas. As amostras FEMB60 e FAB80 apresentaram os valores mais elevados de capacidade de formação de espuma e estabilidade de espuma, as amostras FEMB60 e FAB100 exibiram maiores valores de atividade emulsificante e estabilidade da emulsão.

Palavras-chave: Fruto do cerrado; Compostos bioativos; Qualidade nutricional; transformação de alimentos.

ABSTRACT

SILVA, DAIANA VIEIRA. Nutritional, physical, chemical and functional technological properties of baru flour (*Dipteryx alata* Vogel) in function of different conditions of fruit drying. Advisor: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira. Coordination: Osvaldo Resende.

The baru (*Dipteryx alata* Vogel) is a tree species, native from cerrado, produces fruits with fleshy pulp with the presence of single almonds inside. Due to the growing demand for nutritious and safe food, and the importance of the valorization of native species of the Cerrado, the present study was carried out with the objective of evaluating the drying effect of the baru fruit on the nutritional, physical, chemical and functional technological characteristics of epicarp and mesocarp flour, and kernel flour, heat-free fruits and fruits submitted to different drying conditions (40, 60, 80, 100 °C in a forced circulation oven). There were evaluated the water content by the gravimetric method, the Kjeldhal method, ashes, by burning in muffle, lipids in Soxhlet apparatus, the energy value by the sum of Atwater conversion factors, total carbohydrates by difference calculation, pH, acidity by titration, total soluble solids (oBrix) using refractometer, grain size and apparent specific mass, color, mineral content, total phenolic compounds, antioxidant capacity, total flavonoids and carotenoids, microstructural analysis, (water, milk and oil) and solubility indices (water and milk), emulsifying activity, emulsion stability, foamability and foam stability. Drying resulted in the reduction of the pH, acidity, lipids and soluble solids of the epicarp and mesocarp flours of baru (FEMB) and baru kernel meal (FAB) compared to the control (FEMBCT and FABCT) samples. The FEMB and FAB samples presented significant levels of zinc, copper, potassium, calcium and phosphorus. Drying provided greater availability of phenolic compounds, higher antioxidant activity and flavonoid content in FEMB from dried fruits at higher temperatures. However, the bioactive compounds of the FAB food matrix presented an inverse behavior. The total phenolics, antioxidant activity, flavonoids and carotenoids were degraded. The results of the FT-IR analysis show nutrient loss. The thermal treatments of the fruits caused alterations in the color of the baru flour (FEMB and FAB), causing the darkening of the samples, reducing the values of water absorption index in milk, water solubility index and milk in FEMB. Regarding particle size, the samples dried at higher temperatures (80 and 100 °C) presented higher percentage of particles smaller than 0.125 mm. The drying of the fruits caused alterations in the microstructure of the flour. The gelatinization of the starch granules, shrinkage and reduction of the pores of the FEMB and FAB fibers were observed at elevated temperatures. The FEMB60 and FAB80 samples showed the highest values of foamability and foam stability, FEMB60 and FAB100 samples exhibited higher values of emulsifying activity and emulsion stability.

Key-words: Fruit of the cerrado; Bioactive compounds; Nutritional quality; Food processing.

1. INTRODUÇÃO

O *Dipteryx alata* Vogel é uma espécie arbórea, considerada fixadora de nitrogênio no solo, encontrada no Brasil central, em solos considerados férteis (BOTEZELLI; DAVIDE; MALAVASI, 2000). Esta árvore está presente com regularidade nos Cerradões e Matas Secas, difundido nos Estados de Tocantins, Goiás e Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (ARAKAKI et al., 2009).

O Brasil possui uma diversidade de plantas, cerca de 40000 espécies diferentes, e representa 20% da flora mundial. No entanto, esta riqueza vegetal brasileira não é completamente utilizada (OLIVEIRA, 2012).

O Cerrado, também conhecido como savana brasileira é o segundo maior bioma do Brasil, reúne cerca de 5% da flora mundial, que representa um terço da biodiversidade nacional. Os estudos de recuperação de frutos do cerrado brasileiro estão sendo desenvolvidos alinhados a projetos envolvendo Biodiversidade para Alimentação e nutrição (PINELI et al., 2015).

O baru é recurso natural nativo do cerrado, apresenta intensa frutificação na fase adulta, seus frutos são consumidos pela população local e comercializados em empórios nos centros urbanos (VERA et al., 2009).

O baru frutifica na época da seca e produz frutos com polpa carnosa, característica que denota sua importância para a alimentação da fauna nesta época (ALVES et al., 2010). A realização de estudos envolvendo espécies do cerrado é suma importância para divulgar conhecimento sobre as características nutricionais dos frutos, incentivar o manejo sustentável e o cultivo econômico destas espécies (VERA et al., 2009).

A pesquisa é um recurso que pode ser utilizado para produção de novos itens alimentícios, com elevado valor nutricional e que ofereça um custo benefício acessível, assim como pode ser utilizada para estimular a valorização e consumo das espécies nativas do cerrado e a utilização adequada de seus recursos, dessa forma contribuindo para a preservação de espécies (FRAGUAS et al., 2014; FASOLIN et al., 2007).

De acordo com Ramos et al. (2008) estudos estão sendo realizados com o intuito de avaliar a composição nutricional de frutos do cerrado e do pantanal quanto à

composição em nutrientes, tendo em vista o conhecimento de matérias-primas regionais. A caracterização química do valor nutricional de frutos do cerrado são informações importantes para aplicação tecnológica, avaliação do consumo e formulação de novos produtos (SILVA et al., 2008).

Devido à exploração dos recursos naturais do cerrado, destaca-se a importância de valorizar o aproveitamento racional deste bioma (SOARES JÚNIOR et al., 2007).

Promover a conscientização sobre a preservação de espécies economicamente aproveitáveis é de suma importância, uma vez que o cerrado é um dos ecossistemas menos preservados, por causa das queimadas causadas pelo homem, caça e pesca predatória, avanço da agricultura e pecuária (ROQUE, 2006).

O Brasil apresenta uma grande riqueza natural de frutas tropicais, todavia, poucas espécies estão disponíveis no mercado. Tal fato, relaciona-se possivelmente à falta de conhecimento dos sistemas de produção e de conservação pós-colheita destes materiais. No país, ocorre o consumo de grande variedade de frutas nativas, porém há poucos estudos sobre a viabilidade da introdução destes alimentos nos mercados domésticos (CLERICI e CARVALHO-SILVA, 2011).

Uma das alternativas para reduzir as perdas pós-colheita dos frutos e o processo de secagem, que reduz a atividade de água, inibindo a deterioração microbiana e as reações químicas que conduzem à deterioração dos alimentos. Além disso, prolonga a vida útil, auxilia na preservação, armazenamento e redução de custos no transporte dos alimentos, os mesmos, apresentam-se mais leves em razão da perda de água (SURIYA et al., 2016).

A transformação de alimentos pelo processo secagem e moagem pode ser uma alternativa para o aproveitamento da polpa do baru, obtendo como produto final uma farinha de baru.

1.1 REVISÃO DA LITERATURA

1.1.1 *Dipteryx alata* Vogel

O *Dipteryx alata* Vogel (FIGURA 1.1) pertence à família Fabaceae, que se encontra entre as principais famílias que compõem a flora dos numerosos ecossistemas do Brasil, com cerca de 210 gêneros e 2.694 espécies (FERNANDES et al., 2011).



FIGURA 1.1. Arbórea *Dipteryx alata* Vogel. Fonte: Arquivo pessoal.

A arbórea de baru floresce no Brasil central, produz um fruto exótico, que contém uma única semente oleaginosa comestível, comumente denominada amêndoa. O bioma Cerrado é caracterizado por um clima quente, semiúmido e sazonal, com verões chuvosos e invernos secos, apesar de apresentar condições climáticas extremas. As amêndoas do baru são ricas em nutrientes, tais como proteínas e lipídios, assim como níveis significativos de minerais, particularmente cálcio, ferro, magnésio, potássio e zinco, e outras substâncias como fitatos e taninos (SOUSA et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2012).

A espécie *Dipteryx alata* apresenta variações no nome de acordo com os locais em que é encontrada, é conhecida regionalmente como, baru, barueiro, pau-cumbaru, fruta-de-macaco, cumbaru, cumarurana, barujo, coco-feijão, castanha-de-burro e garampara (BOTEZELLI; DAVIDE; MALAVASI, 2000).

Considerada a terceira maior família de angiosperma, muitos gêneros e espécies da família Fabaceae apresentam importância econômica, são utilizados na alimentação humana, em recuperação de solos empobrecidos, na arborização urbana, em indústrias madeireira e química (OLIVEIRA e SIGRIST, 2008).

O gênero *Dipteryx* é composto por 15 espécies que são encontradas na região da Amazônia, nordeste, Brasil Central, e também na Venezuela e América Central (Costa Rica e Panamá). As espécies deste gênero podem ser utilizadas para fins medicinais (SILVÉRIO; CASTRO; MIRANDA, 2013).

O baru frutifica na época da seca e produz frutos com polpa carnosa, característica que denota sua importância para a alimentação da fauna nesta época (ALVES et al., 2010).

O fruto de baru possui cerca de 4-5 cm de comprimento, ovoide, epicarpo coriáceo, mesocarpo de polpa escura e esponjosa e endocarpo lenhoso. Cada fruto possui apenas uma semente que possui cerca de 2-2,5 cm de comprimento, elipsoide e apresenta coloração marrom-clara e aspecto brilhante. Produz cerca de 2.000 a 6.000 frutos por planta e a colheita é realizada entre setembro e outubro (SOARES JÚNIOR et al., 2007).

O fruto do barueiro apresenta epicarpo, mesocarpo e endocarpo, conforme FIGURA 1.2.

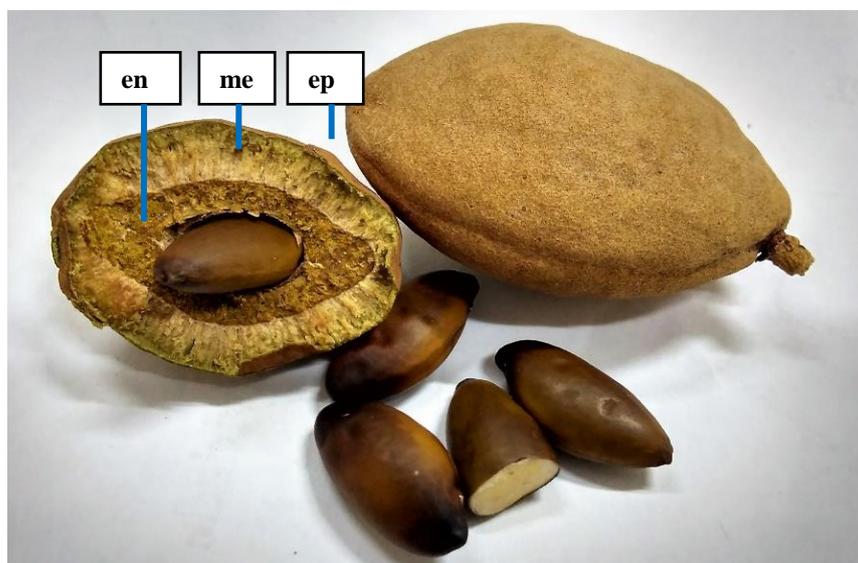


FIGURA 1.2. Imagem do fruto, amêndoa e corte transversal do fruto (*Dipteryx alata* Vogel): ep-epicarpo; me-mesocarpo; en-endocarpo. Fonte: Arquivo pessoal.

Na tabela 1.1 estão apresentados dados referentes a composição química do fruto baru.

TABELA 1.1. Composição centesimal da polpa e amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

	Polpa		
	Rocha e Cardoso-Santiago (2009) (g.100g ⁻¹) (Casca e polpa)	Lima et al. (2010) (g.100g ⁻¹) (Polpa)	Alves et al. (2010) (g.100g ⁻¹) (Polpa)
Composição			
Umidade	21,05 ± 0,05	24,45 ± 0,18	13,76 ± 0,57
Cinzas	1,79 ± 0,01	2,00 ± 0,06	4,34 ± 0,30
Lipídios	3,30 ± 0,26	3,57 ± 0,10	3,73 ± 0,14
Proteínas	4,45 ± 0,06	5,88 ± 0,10	4,17 ± 0,70
Carboidrato	65,01 ± 0,19	22,50	54,90
Fibra total	-	41,60 ± 0,10	19,10 ± 0,204
Solúvel	-	2,10 ± 0,17	-
Insolúvel	-	9,50 ± 0,20	-
VET (Kcal)	-	145,65	269,85
	Amêndoa		
	Siqueira et al. (2015) (g 100g ⁻¹)	Sousa et al. (2011) (g 100g ⁻¹)	Lima et al. (2010) (g 100g ⁻¹)
Composição			
Umidade	7,38 ± 0,19	3,49 ± 0,08	3,23 ± 0,08
Cinzas	2,46 ± 0,43	3,18 ± 0,01	3,03 ± 0,04
Lipídios	38,37 ± 0,07	41,95 ± 0,44	40,98 ± 0,74
Proteínas	19,72 ± 0,11	29,92 ± 0,37	26,97 ± 0,63
Carboidrato	19,47 ± 0,22	12,25	11,53
Fibra total	12,60 ± 0,30	9,21 ± 0,21	14,26 ± 0,13
Solúvel	-	2,03 ± 0,00	0,90 ± 0,05
Insolúvel	-	7,18 ± 0,21	13,35 ± 0,17
VE (kcal)	502,09 ± 0,22	546,23	522,82

A composição química do epicarpo e mesocarpo desperta interesse tecnológico devido a sua composição apresentar expressivos teores de amido, fibra insolúvel e açúcares, além de ser rica em vitaminas e sais minerais como o potássio, cobre ferro, cálcio, fósforo e magnésio (ROCHA e CARDOSO-SANTIAGO, 2009).

Os resíduos de frutos como o epicarpo e sementes, podem apresentar maior valor nutricional do que as suas respectivas partes comestíveis. O processamento de resíduos de frutos em forma de farinha reduz o volume, devido à retirada de água livre pelo processo de secagem, ocasionando na redução das reações químicas e microbiológicas, e produz um alimento seguro (SOQUETTA et al., 2016).

Dados sobre a extração vegetal divulgados pelo IBGE. (2015) destacam a amêndoa do baru como parte comercial do fruto, a produção anual total em 2015 foi de 327 toneladas de amêndoa de baru provenientes do estado de Goiás (175 toneladas), Minas Gerais (109 t) e Mato Grosso do Sul (43 t). No ano de 2014 a produção total foi de 69 toneladas, extraídas das florestas do estado de Goiás (19 t) e do Mato Grosso do Sul (50 t) (IBGE, 2014). Em 2013, obteve-se a produção total de 51 toneladas, 1 tonelada proveniente do estado de Goiás e 50 toneladas do Mato Grosso do Sul (IBGE, 2013).

A amêndoa do baru é utilizada para fins alimentícios e medicinais, o óleo da amêndoa apresenta propriedades antirreumáticas, além de ser rica em nutrientes, sendo empregada para enriquecer a composição de alimentos como granola, biscoitos e doces. Da casca do fruto, faz-se carvão. Iniciativas econômicas de pequenos produtores nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Distrito Federal e Minas Gerais, estão sendo tomadas em relação à comercialização e ao processamento da amêndoa (CARRAZZA e FIGUEIREDO, 2010).

De acordo com os dados da literatura, observa-se que a amêndoa e a parte comercial mais valorizada do fruto baru, no entanto, da casca do fruto faz-se carvão. Iniciativas econômicas de pequenos produtores nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Distrito Federal e Minas Gerais, estão sendo tomadas em relação à comercialização e ao processamento da amêndoa (CARRAZZA e FIGUEIREDO, 2010).

Da casca do fruto faz-se carvão. Iniciativas econômicas de pequenos produtores nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Distrito Federal e Minas Gerais, estão sendo tomadas em relação à comercialização e ao processamento da amêndoa (CARRAZZA e FIGUEIREDO, 2010). Repetido.

De acordo com a literatura a amêndoa do baru é a parte comercial mais valorizada do fruto baru. No entanto, o aproveitamento integral do fruto (epicarpo, mesocarpo e endocarpo) possibilitaria maximizar os recursos disponíveis. O estudo das potencialidades do fruto é de suma importância para verificar a viabilidade da produção novos alimentos, bem como o enriquecimento de alimentos industrializados. Assim como a possibilidade de aplicação dos resíduos na alimentação pode contribuir para evitar problemas de eliminação de resíduos (LIMA et al., 2014).

As amêndoas de baru contêm elevado teor de lipídeos, dispõe de consideráveis teores de ácidos graxos monoinsaturados, portam menores teores de ácidos graxos saturados que o amendoim (BENTO et al., 2014). Os ácidos graxos mais abundantes na

amêndoa de baru são o ácido graxo oleico e o linoleico (FIGURA 1.3) que representando 44, 5% e 31,7% respectivamente (TOGASHI e SCARBIERI, 1994).

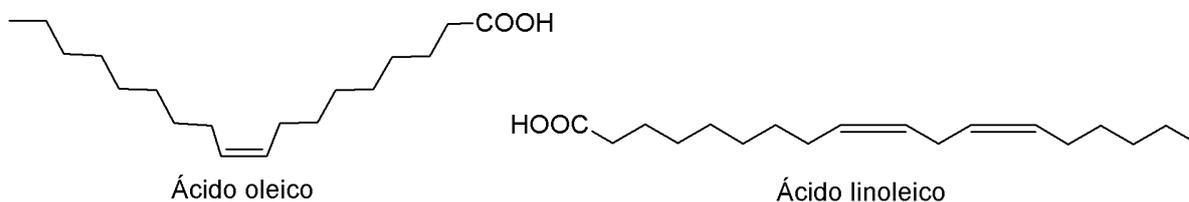


FIGURA 1.3. Estrutura química do ácido graxo monoinsaturado (possuem uma ligação dupla na cadeia carbônica): Ácido oleico e do Ácido graxo poli-insaturado (possuem duas ou mais ligações dupla na cadeia carbônica): ácido linoleico. Fonte: Damodaran et al. (2010).

Esta amêndoa apresenta composição característica semelhante as nozes, devido a este fato, tem sido utilizada em diferentes formulações em substituição às castanhas tradicionais, inclusive na culinária internacional (LIMA et al., 2010).

Em estudos realizados com o baru foram encontradas substâncias antinutricionais, tais como tanino na polpa do fruto, ácido fítico e inibidor de tripsina na amêndoa. O teor de taninos reduz com a maturação e o teor de fitatos e inibidor de tripsina podem ser reduzidos com o processo de aquecimento (SIQUEIRA et al., 2015; SANO; RIBEIRO E BRITO, 2004; TOGASHI e SCARBIERI, 1994).

1.1.2 Fitoquímicos

Nos últimos anos, o interesse nas espécies nativas da América do Sul vem crescendo, em razão do potencial em reduzir o risco de doenças. Em várias espécies vegetais, que têm sido propostas como fontes importantes de substâncias bioativas, estudos avaliam o potencial contra doenças crônicas em várias partes do mundo, particularmente os ecossistemas tropicais que são ricos nessas plantas (OLIVEIRA, 2012).

Os compostos fenólicos são metabolitos secundários das plantas, atuam como o sistema de defesa das plantas em resposta a estresse abiótico e a ação de agentes patógenos, apresentam ampla variedade de estruturas químicas, em que se encontra pelo menos um anel de benzeno, ligado a um ou mais grupos de hidroxila, assim como grupos

funcionais, como éteres e ácidos carboxílicos. Os ácidos fenólicos, flavonoides, taninos e estilbenos são exemplos de compostos fenólicos (ABBAS et al., 2017; LEMOS et al., 2012). Na FIGURA 1.4 estão dispostas algumas estruturas químicas de ácidos fenólicos.

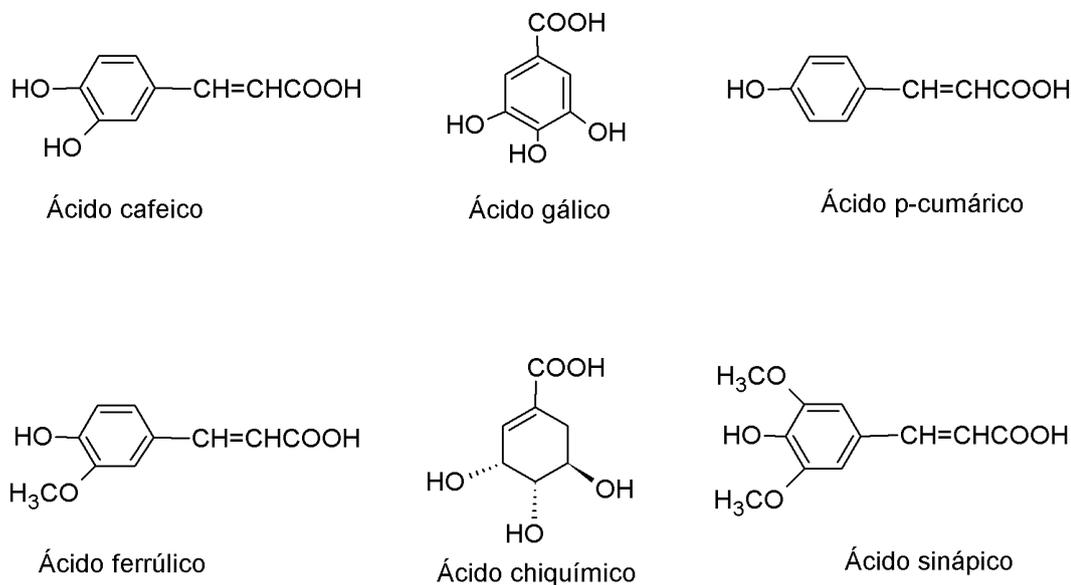


FIGURA 1.4. Estruturas química de alguns ácidos fenólicos. Fonte: Damodaran et al. (2010).

Os compostos fenólicos influenciam na cor e sabor dos alimentos, e, atualmente existe interesse no estudo desses compostos pelos benefícios que podem oferecer a saúde, em razão da atividade antioxidante destes compostos (DAMODARAN et al., 2010).

A polpa do baru fruto imaturo contém elevados teores de taninos, no entanto, durante o processo de maturação do fruto ocorre a redução destes compostos, apresentando-se com sabor adocicado e adstringente (ROCHA e CARDOSO-SANTIAGO, 2009).

Os taninos são responsáveis pela adstringência dos mesmos, devido à precipitação de glucoproteínas salivares (MONTEIRO; ALBUQUERQUE; ARAÚJO, 2005). Taninos fazem parte do grupo de compostos flavonoides, são compostos fenólicos produzidos por plantas como metabólitos secundários. Os Taninos podem precipitar proteínas e formar complexos com ferro no lúmen gastrointestinal, reduzindo a disponibilidade destes nutrientes (DÍAZ; CALDAS; BLAIR, 2010). As estruturas químicas dos flavonoides estão apresentadas na FIGURA 1.5.

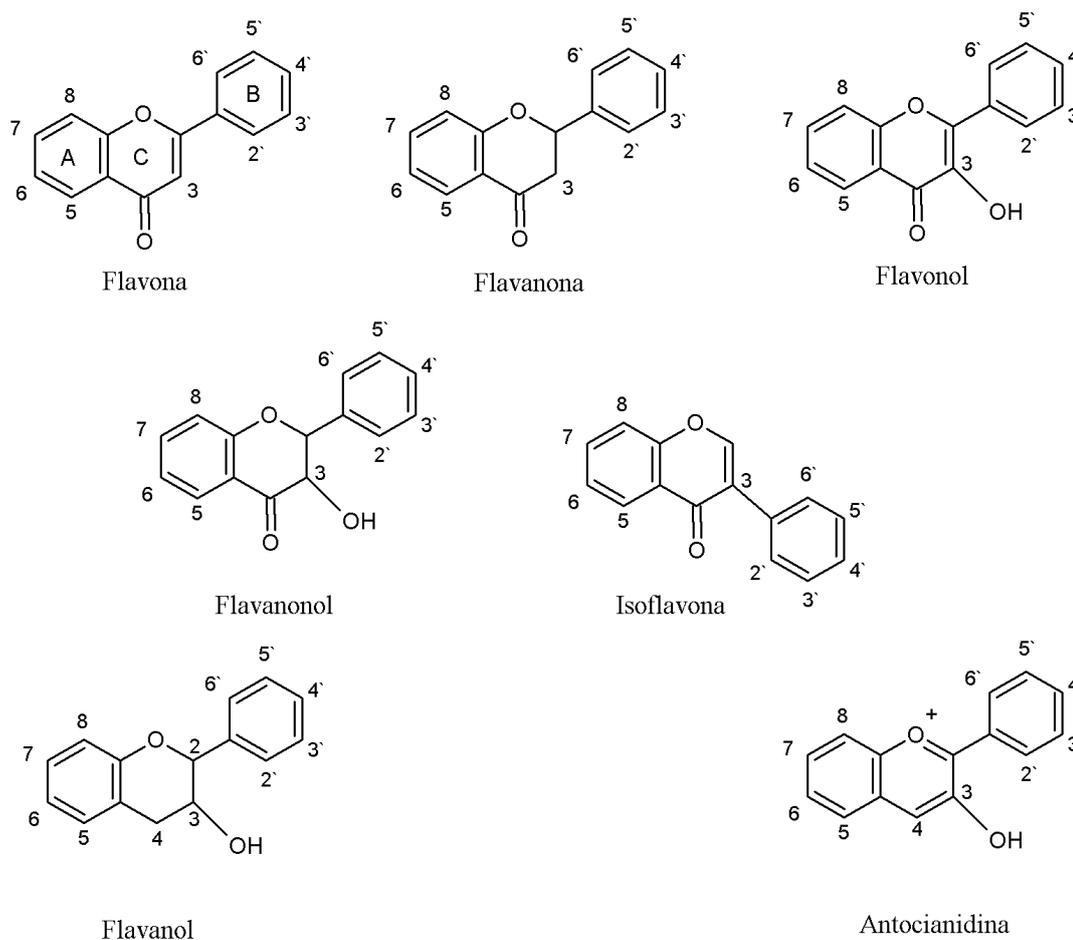


FIGURA 1.5. Estruturas química dos flavonoides: flavona, flavanona, flavonol, flavanonol, isoflavona, flavanol, antocianidina. Fonte: Damodaran et al. (2010).

Os fenóis totais e flavonoides presentes em produtos naturais, como frutas apresentam atividade antioxidante que apresenta efeito protetor da saúde, tais como o aumento a capacidade antioxidante do sangue por meio do consumo de frutos ricos em compostos fenólicos e a redução do risco de desenvolver doenças, tais como câncer, trato gastrointestinal (DEMBITSKY et al., 2011).

Os flavonoides são amplamente distribuídos no reino vegetal, possuem capacidade de eliminar radicais livres, desta forma atuam como antioxidante e também como quelantes metálicos (CHU; CHANG; HSU, 2000). Existem cerca de 2000 flavonoides de ocorrência natural, os quais muitos são encontrados em frutas comestíveis.

Estes compostos são classificados em sete grupos, as flavonas, flavononas, flavonolóis, isoflavonas, flavonóis e antocianinas (DAMODARAN et al., 2010).

Siqueira et al. (2015), avaliaram as amêndoas de baru *in natura* e encontraram teores de carotenoides de 11, 40 ($\mu\text{g g}^{-1}$). Fraguas et al. (2014) avaliaram o conteúdo de flavonoides totais de amêndoas liofilizadas e torradas a 150 °C e relataram valores de 9,63 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ e 1,61 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ respectivamente. A amêndoa de baru apresenta maiores teores de compostos fenólicos totais comparativamente ao amendoim, avelãs, castanha-do-brasil, castanha de caju, pinhões e macadâmias (PINELI et al., 2015).

Os carotenoides estão presentes em alguns frutos, são substâncias que podem trazer benefícios a saúde, podendo atuar como antioxidantes contra doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, distúrbios neurológicos, além de fortalecer o sistema imunológico (COIMBRA e JORGE, 2011). As estruturas químicas dos carotenoides são compostas por uma cadeia polienoica de 40 carbonos (FIGURA 1.6).

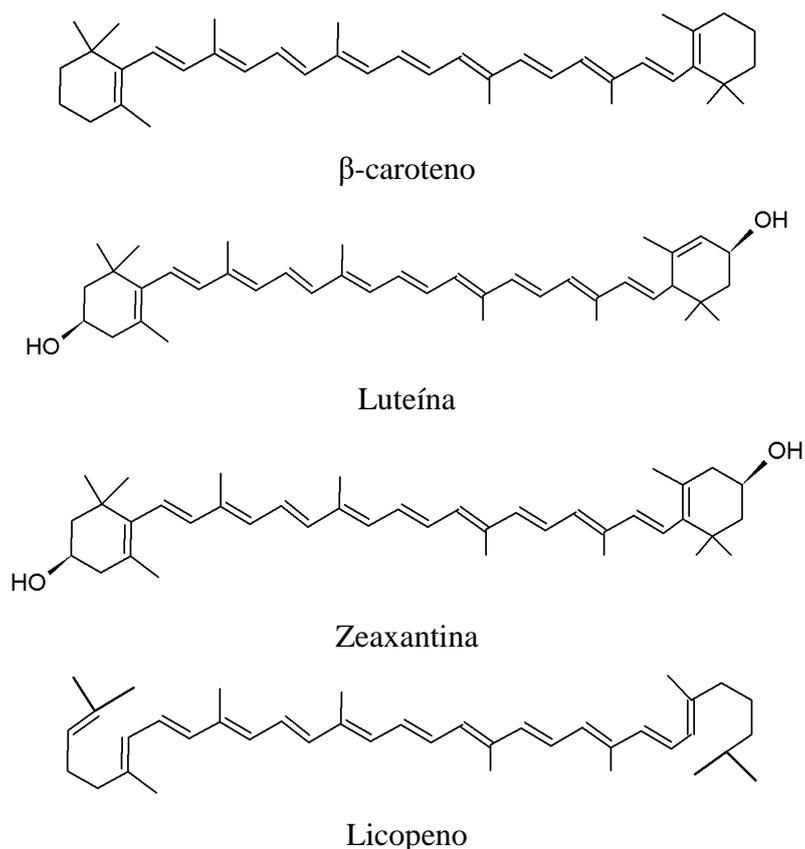


FIGURA 1.6. Estruturas química dos carotenoides: β-caroteno, Luteína, Zeaxantina, Licopeno. Fonte: Damodaran et al. (2010).

De acordo com Damodaran et al. (2010) existem mais de 600 carotenoides diferentes, são pigmentos naturais de coloração amarela, laranja e vermelha. O β -caroteno é amplamente encontrado nos alimentos, tais como cenoura, abóbora, manga, mamão entre outros. A luteína é encontrada em alimentos verde-escuro, a zeaxantina é isômero da luteína e estão presentes em laranja, pimentas, pera, kiwi, uva dentre outros.

Os compostos bioativos apresentam propriedades antioxidantes, e estão distribuídos ao longo de toda a planta, atuam como o sistema de defesa das plantas em resposta a stress abiótico e a ação de agentes patógenos (LEMOS et al., 2012). A avaliação dos teores de compostos bioativos, é um critério relevante utilizado na avaliação e otimização de novas tecnologias de secagem (MICHALSKA et al., 2017).

1.3 Secagem

O processo de secagem ocorre pela transferência de energia na forma de calor e massa entre o produto e o ar, pela diferença de pressão parcial de vapor de água entre o ar e a superfície do produto, esta diferença determina a transferência de vapor de água para o ar (HOFSKY et al., 2009). A secagem é uma etapa significativa no decorrer da fase pós-colheita de produtos agrícolas (SIQUEIRA et al., 2012).

O objetivo principal da secagem é reduzir o teor de água ao nível em que as reações de deterioração sejam minimizadas. O processo de secagem é um dos mais utilizados para a preservação de frutas e legumes (JIHÉNE et al, 2013).

A desidratação de alimentos por liofilização e por convecção de ar quente, são os processos mais apropriados para manter a qualidade biológica dos produtos. A liofilização é processo que requer custos de investimento mais elevados e mão de obra qualificada tais exigências torna este tipo de secagem restrito principalmente às indústrias. Entretanto, a secagem por convecção de ar quente exige pequenos investimentos para pequenos produtores e indústrias, tal processo resulta em produtos que podem durar até um ano (CORRÊA et al., 2011).

O processo de secagem pode provocar alterações físicas, estruturais, químicas, organolépticas e nutricionais que refletem diretamente na qualidade aceitabilidade e o valor nutricional do alimento, as alterações podem afetar atributos de qualidade como textura, cor e sabor (CHEN et al., 2016; JIHÉNE et al, 2013).

As alterações químicas que possivelmente são desencadeadas pelo processo de secagem envolvem a desativação ou aceleração da atividade enzimática, reações de

Maillard, oxidação de cor ou vitamina e desnaturação da membrana celular. O escurecimento dos alimentos submetidos ao aquecimento ou armazenamento ocorre em razão da reação de Maillard, as fases e compostos envolvidos nesta reação estão apresentadas nas FIGURA 1.7, FIGURA 1.8 e FIGURA 1.9.

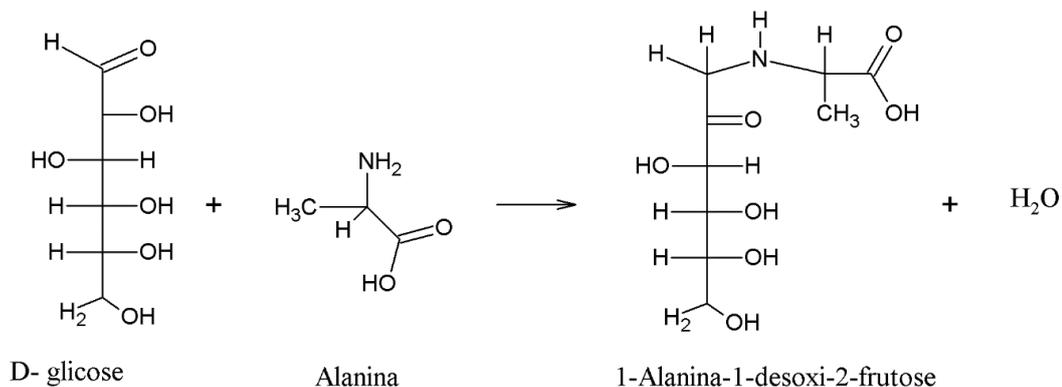


FIGURA. 1.7. Imagem descreve a representação da inicial da reação de Maillard. Fonte: Ribeiro e Seravalli (2007).

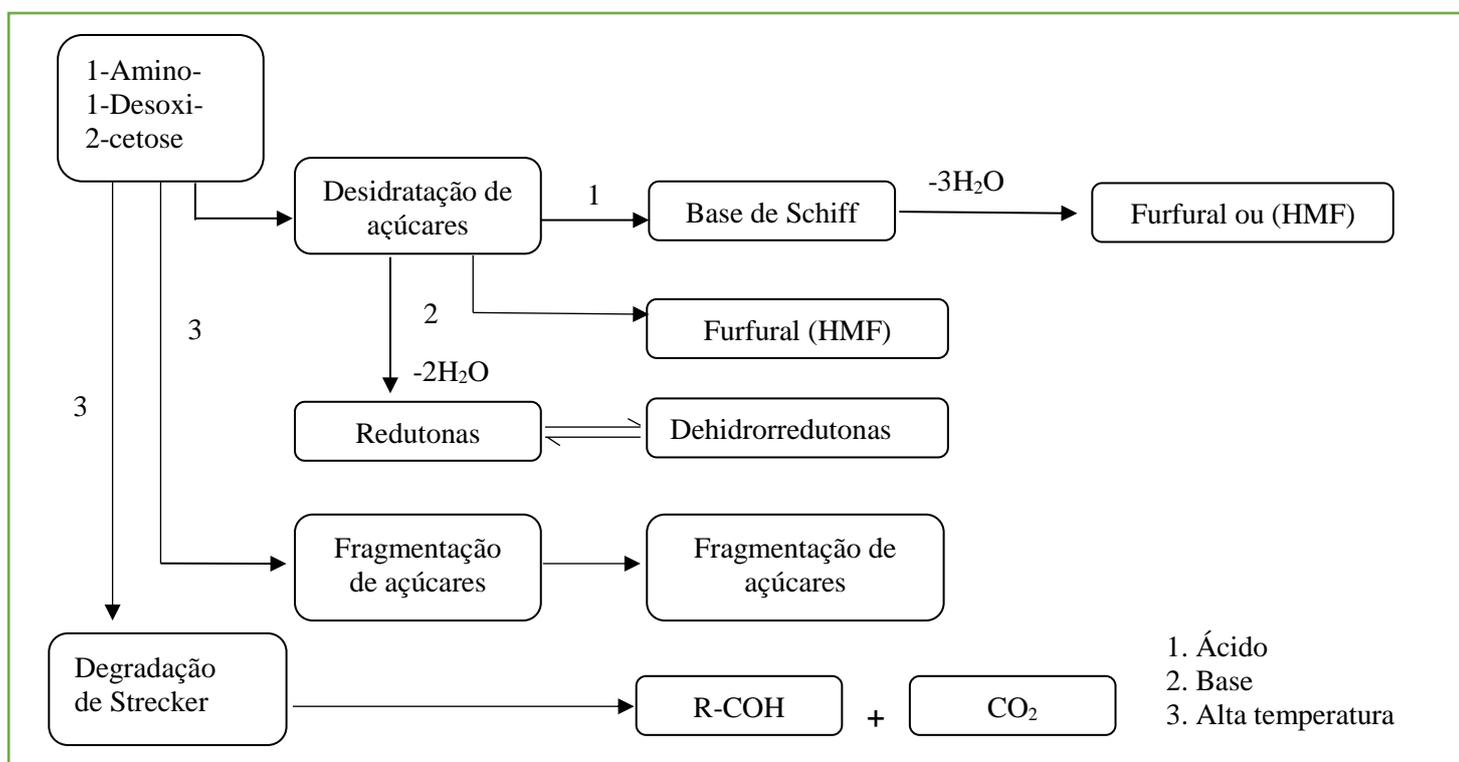


FIGURA. 1.8. Imagem descreve a representação da fase intermediária da reação de Maillard. Fonte: Ribeiro e Seravalli (2007).

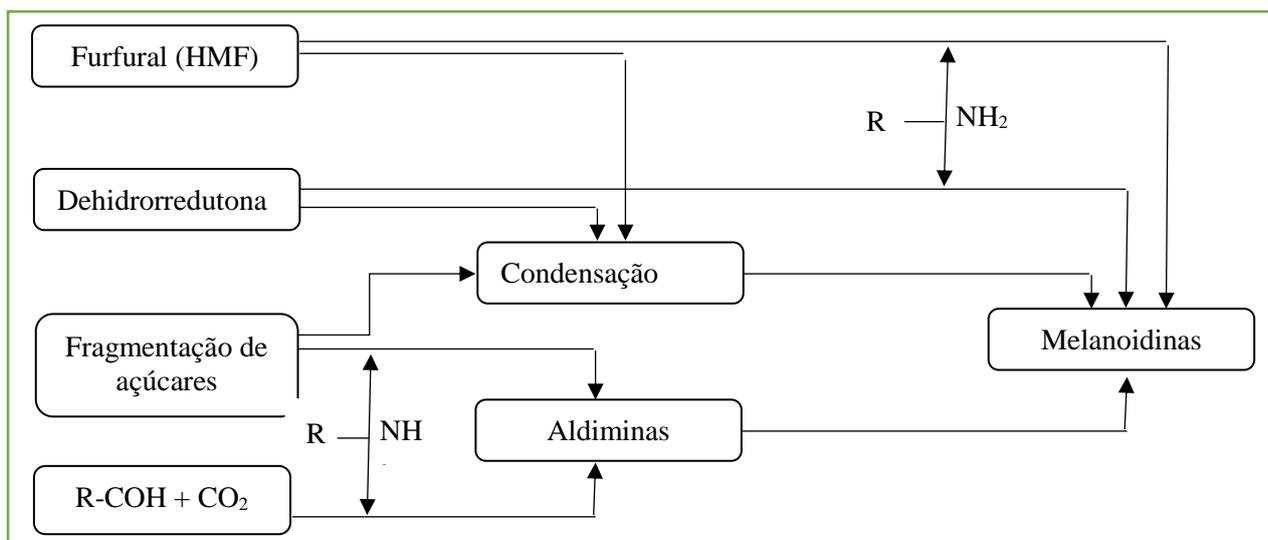


FIGURA. 1.9. Imagem descreve a representação da fase final da reação de Maillard que resulta na formação de melanoidinas. Ribeiro e Seravalli (2007).

Esta reação química que ocorre entre açúcar redutores, principalmente D-glicose e um grupo amina primário, geralmente, proveniente da cadeia lateral de uma molécula de proteína, o produto final desta reação é denominado melanoidinas, um polímero insaturado, cuja a cor se intensifica de acordo com o aumento do peso molecular deste pigmento, variando de marrom-claro a preto (DAMODARAN et al., 2010; RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

Um dos fatores que afeta a reação de Maillard é a temperatura, esta reação ocorre principalmente em temperaturas superiores a 70 °C, o incremento de cada 10 °C na temperatura provoca o aumento de 2 a 3 vezes na velocidade de escurecimento de determinado produto. No entanto, deve-se levar em considerações outros fatores que influenciam esta reação tais como, pH, atividade de água, tipo de açúcar redutor, presença de catalizadores e tempo da secagem (DAMODARAN et al., 2010; RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

O conhecimento das alterações que a secagem induz na composição química do alimento, principalmente sobre os nutrientes de interesse para especificidade de aplicação do material, pode auxiliar na escolha do melhor método de secagem (MICHALSKA et al., 2017). Desta forma, é de suma importante avaliar o efeito da secagem sobre as propriedades físicas, químicas, nutricionais e funcionais dos alimentos.

1.1.4 Transformação de alimentos pelos processos tecnológicos

A transformação de alimentos preocupa-se com a qualidade nutricional e sensorial, tenciona facilitar o consumo e elaborar novos alimentos. Utiliza-se de diversas operações para a preparação de matérias-primas, dentre elas o método de redução de tamanho como, picagem, moagem, entre outros (PEREDA et al., 2005).

A maioria dos países apresenta uma taxa rápida de crescimento de 3,3%, para o mercado de frutas e legumes desidratados. Frutas e legumes desidratados são largamente utilizados pelas indústrias de alimentos. As frutas em pó são utilizadas como produtos intermédios na indústria de bebidas, bem como agente aromatizante, corantes naturais e aditivos funcionais elevando o valor nutritivo dos alimentos (KARAM et al., 2016).

Ao longo dos últimos anos, ocorreu aumento no consumo de frutas e legumes em razão da busca de melhor qualidade de vida, estes alimentos possuem nutrientes importantes para alimentação, e podem ser consumidos *in natura* ou processados. A farinha é um tipo de alimento processado, que pode ser incorporado a dieta devido ao baixo custo, além de ser fonte de carboidratos, nutrientes essenciais e fibras, que promovem benefícios para a saúde (BRITO et al., 2017).

Existe interesse tecnológico sobre as potencialidades do baru, tanto da semente, quanto da polpa. Pesquisas vêm sendo desenvolvidas buscando avaliar as possibilidades de utilizar este fruto como ingrediente na indústria alimentícia (ALVES et al., 2010). A semente do baru representa 5% do rendimento do fruto inteiro. Entretanto, a polpa ainda é pouco utilizada na alimentação humana. O aproveitamento da polpa para outras finalidades representa aumento de mais de 50% do percentual de rendimento aproveitável do fruto (ROCHA e CARDOSO-SANTIAGO, 2009). O Brasil é um país que apresenta grande atividade agrícola e conseqüentemente produz elevadas quantidades de resíduos agroindustriais, pela falta de aproveitamento destes resíduos, os mesmos podem se tornar fonte de poluição ambiental. Se faz importante avaliar o potencial destes resíduos a fim de buscar um possível aproveitamento dos mesmos na indústria de alimentos (MELO e ANDRADE, 2010).

O desperdício de cascas de frutas e vegetais resultam em perdas de nutrientes tais como minerais e fibras. A elaboração de farinhas de resíduos de frutas é uma alternativa para o enriquecimento de alimentos e produção de produtos de panificação isentos de glúten (Lima et al., 2015). O termo glúten refere-se à uma fração proteica presente em cereais tais como o trigo, centeio, cevada, aveia dentre outros, o glúten é

formado por importantes proteínas de armazenamento que constituem entre 70% e 80% do teor total de proteína dos grãos (RZYCHON et al., 2017).

O glúten é constituído por proteínas insolúveis em água denominadas prolaminas e gluteninas. A prolina e glutamina compreendem 15% e 35% respectivamente, da composição total de aminoácidos. O glúten de trigo compreende duas frações de proteínas, as de gliadina monoméricas e as proteínas de glutenina poliméricas (BROMILOW et al., 2017).

Na figura 1.9 está apresentado a estrutura química do glúten de trigo.

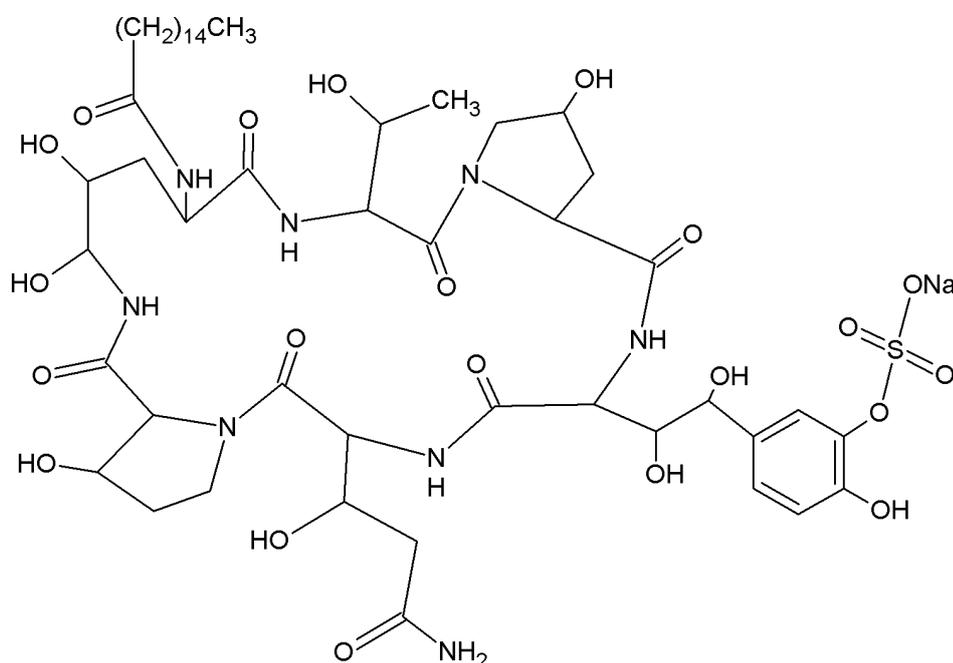


FIGURA 1.10. Fórmula estrutural do glúten de trigo. Fonte: SULZBACH; BRAIBANTE e STORGATTO (2015).

A rede proteica denominada glúten é formada quando as proteínas que o constituem glúten se encontram na presença de água e sofrem ação mecânica. O glúten é formado no decorrer do processo de amassamento dos cereais, tais como o trigo, centeio e cevada (JAN; SAXENA e SINGH, 2016; SULZBACH; BRAIBANTE e STORGATTO, 2015).

O glúten está amplamente inserido em produtos alimentares, no entanto existem pessoas intolerantes a esta proteína, o glúten é indutor de alguns distúrbios imunomediados, tais como a doença celíaca, alergia dietética ao trigo e sensibilidade ao

glúten, podendo resultar em doença inflamatória do intestino delgado, alguns sintomas gastrointestinais são dor abdominal, náuseas e diarreia (RZYCHON et al., 2017).

A doença celíaca acomete cerca de 1% da população mundial e atualmente ainda é considerada uma doença sem cura (BROMILOW et al., 2017).

O único tratamento para pessoas intolerantes ao glúten disponível é a eliminação do glúten da sua dieta (RZYCHON et al., 2017).

Assim como as farinhas de cereais isentos de glúten (arroz, milho e sorgo) e farinhas de castanha de água indiana, as farinhas produzidas da polpa e amêndoa de baru também eximes de glúten, podem ser uma alternativa para o enriquecimento de produtos alimentares, tais como pão, macarrão, biscoitos, lanches, etc (MIR; DON BOSCO e SHAH, 2017; O'SHEA, *et al.*, 2014).

Existe uma crescente demanda por produtos sem glúten, isto. Por causa do progressivo aumento de população celíaca, assim como pessoas com certo grau de sensibilidade ao glúten, ou mesmo aqueles que se privam do consumo do glúten como escolha de estilo de vida saudável (NOYA et al., 2017).

No Brasil, derivados proteicos da soja e do milho têm sido utilizados na suplementação ou em substituição parcial da farinha de trigo na produção de pão, biscoito e macarrão (FASOLIN et al., 2007).

As farinhas do fruto baru, podem ser uma alternativa para o enriquecimento de alimentos, uma vez que este fruto possui elevado valor nutricional. Além disso a elaboração de alimentos utilizando frutos do cerrado podem ser uma alternativa para ampliar o consumo e a comercialização destes frutos. A produção de farinha de frutos propicia melhor aproveitamento dos mesmos, uma vez que propicia uma vida de prateleira mais prolongada (OZORES; STORCK; FOGAÇA, 2015).

Farinha é o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer previamente processos tecnológicos. As características físicas, químicas, enzimáticas, tecnológicas funcionais e sensoriais são utilizadas para determinar a qualidade das farinhas, estes fatores são relevantes para o processamento, planejamento, e comercialização de produtos. A partir da determinação da composição centesimal é possível classificar o produto em relação aos padrões de qualidade e identidade (ANVISA, 1978; BOEN et al., 2007; BORGES et al., 2011).

1.4 REFERÊNCIAS

- ABBAS, O.; COMPÈRE, G.; LARONDELLE, Y.; POMPEU, D.; ROGEZ, H.; BAETEN, V. Phenolic compound explorer: a mid-infrared spectroscopy database. **Vibrational Spectroscopy**, V. 92, n.1, p. 111-118, 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Farinhas**. Resolução CNNPA n. 12. Diário Oficial da União, 1978. Disponível em:< http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78_farinhas.htm>. Acesso em: 20/12/2015.
- ALVES, A. M.; MENDONÇA, A. L. de; CALIARI, M.; CARDOSO SANTIAGO, R. de. A. Avaliação química e física de componentes do baru (*Dipteryx alata* Vog.) Para estudo da vida de prateleira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 266-273, 2010.
- ARAKAKI, A. H.; SCHEIDT, G. N.; PORTELLA, A. C.; ARRUDA, E. J. de; COSTA, R. B. O baru (*Dipteryx alata* Vog.) como alternativa de sustentabilidade em área de fragmento florestal do Cerrado, no Mato Grosso do Sul. **Interações**, v. 10, n.1, p. 31-39, 2009.
- BOEN, T. R.; SOEIRO, B. T.; FILHO, E. R. P.; PALLONE, J. A. L. Avaliação do teor de ferro e zinco e composição centesimal de farinhas de trigo e milho enriquecidas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 4, p. 590-596, 2007.
- BORGES, J. T. da. S.; PIROZI, M. R.; PAULA, C. D. de.; RAMOS, D. L.; CHAVES, J. B. P. Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 83-96, 2011.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A.C; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro Procedências de *Dipteryx alata* Vogel (baru). **Cerne**, v. 6, n. 1, p.09-10, 2000.
- BRITO, A. L. B.; OLIVEIRA, A. F.; NOGUEIRA, A. R. A.; PESSOA, A. G. G, PONTES, L. F. B. L. Determination of inorganic constituents and physicochemical characterization of functional flour samples. **Microchemical Journal**, v. 132, n. 1, p. 112–118, 2017.
- BROMILOW, S.; GETHINGS, L. A.; BUCKLEY, M.; BROMLEY, M.; SHEWRY, P. R.; LANGRIDGE, J. I.; MILLS, E. N. C. A curated gluten protein sequence database to support development of proteomics methods for determination of gluten in gluten-free foods. **Journal of Proteomics**, v. 163, n. 1, p. 67–75, 2017.
- CARRAZZA, L; FIGUEIREDO, I. **Cerrado que te quero vivo**: Produtos e meios de vida sustentáveis apoiados pelo programa de pequenos projetos ecossociais. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2010. 40 p.
- CHEN, X., LI, X.; MAO, X.; HUANG, H.; MIAO, J.; GAO, W. Study on the effects of different drying methods on physicochemical properties, structure, and in vitro digestibility of *Fritillaria thunbergii* Miq. (Zhebeimu) flours. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, n. 1, p. 266 –274, 2016.
- CLERICI, M.T. P. S.; CARVALHO-SILVA, L. B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown in Brazil. **Food Research International**, v. 44, n.7, p. 1658 –1670, 2011.
- CORRÊA, S. C.; CLERICI, M. T. P. S.; GARCIA, J. S.; FERREIRA, E. B.; EBERLIN, M. N.; AZEVEDO, L. Evaluation of dehydrated marolo (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying. **Food Research International**, v. 44, n.7, p. 2385–2390, 2011.

- DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.
- DEMBITSKY, V. M.; POOVARODOM, S.; LEONTOWICZ, H.; LEONTOWICZ, M.; VEARASILP, S.; TRAKHTENBERG, S.; GORINSTEIN, S. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. **Food Research International**, v. 44, n.7, p. 1671–1701, 2011.
- FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C. DE.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 524-529, 2007.
- FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C. de; CASTANHO, P. S.; OLIVEIRA NETTO, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 524-525, 2007.
- FERNANDES, J. M.; GARCIA, F. C. P. SIQUEIRA, L. C. de. MAROTTA, C. P. B. Leguminosae em fragmentos de floresta estacional semidecidual, Araponga, MG: árvores e lianas. **Hoehnea**, v. 38, n. 1, p. 9-29. 2011.
- FRAGUAS, R. M.; SIMÃO, A. A; LEAL, R. S; SANTOS. C. M. dos. ROCHA, D. A; TAVARES, T. S; MARQUES, T. R; DUARTE, M. H; MARCUSSI, S; ABREU, C. M. P. Chemical composition of processed baru (*Dipteryx alata* Vog.) almonds: Lyophilization and roasting. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 13, p. 1061-1069, 2014.
- HOFISKY, V. A; GOMES, J. P; BARROS NETO, A. L; SILVA, F. L. H. da; ALMEIDA, F. de. A. C. Cinética de secagem de abacaxi pérola em fatias. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.11, n.2, p.123-128, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DA GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e silvicultura**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. v. 30, 48 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DA GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e silvicultura**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. v. 29, 56 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DA GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e silvicultura**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. v. 28, 69 p.
- JAN, R.; SAXENA, D. C.; SINGH, S. Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten - free cookies made from raw and germinated *Chenopodium album* flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 71, n. 1, p. 281-287, 2016.
- JIHÉNE, L.; AMIRA, T.; SABER, C.; FETHI, Z. Impact of Infra-red drying temperature on total phenolic and flavonoid contents, on antioxidant and antibacterial activities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **Journal of Environmental Science, Toxicology And Food Technology**, v. 6, n. 5, p. 38-46, 2013.
- KARAM, M. C.; PETIT, J.; ZIMMER, D.; DJANTOU, E. B. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. **Journal of Food Engineering**, v. 188, n. 1, p. 32-49, 2016.
- LEMONS, M. R. B.; SIQUEIRA, E. M. DE. A. ARRUDA, S. F. A.; ZAMBIAZI, R. C. The effect of roasting on the phenolic compounds and antioxidant potential of baru nuts [*Dipteryx alata* Vog.]. **Food Research International**, v. 48, n.2, p. 592–597, 2012.
- LIMA, B.N.B.; LIMA, F.F.; TAVARES, M.I.B.; COSTA, A.M.M.; PIERUCCI, A.P.T.R. Determination of the centesimal composition and characterization of flours from fruit seeds. **Food Chemistry**, n.1, v. 151, p. 293–299, 2014.
- LIMA, J. C. R; FREITAS, J. B. de; CZEDER, L. de. P; FERNANDES, D. C; NAVES, M. M. V. Qualidade microbiológica, aceitabilidade e valor nutricional de barras de cereais

- formuladas com polpa e amêndoa de baru. **Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 331-343, 2010.
- LIMA, P. J.; PORTELA, J. V. F.; MARQUES, L-R.; ALCÂNTARA, M. A.; EL-AOUAR, Â. A. Farinha de entrecasca de melancia em biscoitos sem glúten. **Ciência Rural**, v. 45, p.1688-1694, 2015.
- MELO, E. de, A.; ANDRADE, R. A. M. de. S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 3, p. 453-457, 2010.
- MICHALSKA, A.; WOJDYŁO, A.; ŁYSIAK, G. P, LECH, K.; FIGIEL, A. Functional relationships between phytochemicals and drying conditions during the processing of blackcurrant pomace into powders. **Advanced Powder Technology**, v. 28, n. 5, p. 1340–1348, 2017.
- MICHALSKA, A.; WOJDYŁO, A.; ŁYSIAK, G. P, LECH, K.; FIGIEL, A. Functional relationships between phytochemicals and drying conditions during the processing of blackcurrant pomace into powders. **Advanced Powder Technology**, v. 28, n. 5, p. 1340–1348, 2017.
- MIR, S. A.; DON BOSCO, S. J.; SHAH, M. A. Technological and nutritional properties of gluten-free snacks based on brown rice and chestnut flour. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 2017. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2017.02.002>>. Acesso em: 09/09/2017.
- NOYA, I.; VASILAKI, V.; STOJCESKA, V.; GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; KLEYNHANS, C.; TASSOU, S.; MOREIRA, M. T.; KATSOU, E. An environmental evaluation of food supply chain using life cycle assessment: a case study on gluten free biscuit products. **Journal of Cleaner Production**, 2017. Disponível em: < <http://doi:10.1016/j.jclepro.2017.08.226> >. Acesso em: 09/09/2017.
- OLIVEIRA V. B.; YAMADA, L. T.; FAGG, C. W.; BRANDÃO, M. G. L. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 48, n.1, p. 170–179, 2012.
- OLIVEIRA, M. I. B; SIGRIST, M. R. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 2, p. 195-207, 2008.
- O'SHEA, N.; ARENDT, E.; GALLAGHER, E. The state of the art research gluten. **Journal of Food Science**, v. 79, p. 1067-1076, 2004.
- OZORES, B.; STORCK, C. R.; FOGAÇA, A. de. O. Aceitabilidade e características tecnológicas de bolo enriquecido com farinha de maracujá. **Disciplinarum Scientia**, v. 16, n. 1, p. 61-69, 2015.
- PEREDA, J. A. O; RODRÍGUEZ, M. I. C; ÁLVAREZ, L. F; SANZ, M. L. G; MINGUILLÓN, G. D. G. de. F; PERALES, L. de. la. H. CORTECERO, M. D. S. **Tecnologia de Alimentos: Componentes dos alimentos e Processos**. São Paulo: Artmed, 2005. 294 p.
- PINELI, L. de. L. de. O.; CARVALHO, M. V. de.; AGUIAR, L. A. de.; OLIVEIRA, G. T. de.; CELESTINO, S. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; CHIARELLO, M. D. Use of baru (Brazilian almond) waste from physical extraction of oil to produce flour and cookies. **Food Science and Technology**, v. 60, n.1, p. 50-55, 2015.
- RIBEIRO, E. P. SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007. 184 p.
- ROCHA, L. S.; CARDOSO SANTIAGO, R. de. A. Implicações nutricionais e sensoriais da polpa e casca de baru (*Dipterix alata* Vog.) na elaboração de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 820-825, 2009.

- ROQUE, P. **A colonização do cerrado**: savanas e celeiro do mundo. São Paulo: Prêmio, 2006. 203 p.
- RZYCHON, M., BROHÉE, M., CORDEIRO, F., HARASZI, R., ULBERTH, F., O'CONNOR, G. The feasibility of harmonising gluten ELISA measurements. **Food Chemistry**, v. 243, n. 1, p. 144 – 154, 2017.
- SANO, S. M.; RIBEIRO, J. P.; BRITO, M. A. **Baru**: biologia e uso. 1 ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 52 p.
- SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G. MARTINS, D. M. de. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, v.38, n.6, p.1790-1793, 2008.
- SILVÉRIO, M.D.O; CASTRO, C.F.S; MIRANDA, A.R. Avaliação da atividade antioxidante e inibitória da tirosinase das folhas de **Dipteryx alata** Vogel (Baru). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.15, n.1, p.59-60, 2013.
- SIQUEIRA, A. P. S; PACHECO, M. T. B; NAVES, M. M. V. Nutritional quality and bioactive compounds of partially defatted baru almond flour. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 1, p. 127-132, 2015.
- SIQUEIRA, E. M. de. A.; MARIN, A. M. F.; CUNHA, M. de. S. B. da.; FUSTINONI, A. M.; SANT'ANA, L. P. de.; ARRUDA, S. F. Consumption of baru seeds [*Dipteryx alata* Vog.], a Brazilian savanna nut, prevents iron-induced oxidative stress in rats. **Food Research International**, v. 45, n.1, p. 427–433, 2012.
- SOARES JÚNIOR, M. S; CALIARI, M; TORRES, M. C. L; VERA, R; TEIXEIRA, J. de. S. T; 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.
- SOQUETTA. M. B; STEFANELLO, F. S; HUERTA, K. da. M; MONTEIRO, S. S; ROSA, C. S. da; TERRA, N. N. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry**, v.199, n.1, p. 471–478, 2016.
- SOUSA, E. P. de; SILVA, L. M. de. M; SOUSA, F. C. de; FERRAZ, R. R; FAÇANHA, L. M. Caracterização físico-química da polpa farinácea e semente do jatobá. **Revista Verde**, v. 7, n. 2, p. 117-121, 2012.
- SOUSA, M. S. B; VIEIRA, L. M. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 3, p. 202-210, 2011.
- SULZBACH, A. C.; BRAIBANTE, M. E. F.; STORGATTO, G. A. A Bioquímica do Glúten através de Oficinas Temáticas. **Ciência e Natura**, v. 37 n. 3, p. 767-776, 2015.
- SURIYA, M.; BARANWAL, G.; BASHIR, M.; REDDY, C. K.; HARIPRIYA, S. Influence of blanching and drying methods on molecular structure and functional properties of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) flour. **Food Science and Technology**, v. 68, n.1, p. 235 - 243, 2016.
- TOGASHI, M.; SGARBIERI, V. C. Caracterização química parcial do fruto do baru (*Dipteryx alata* Vogel). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 14, n. 1, p. 85-95, 1994.
- VERA, R; SOARES JUNIOR, M. S; NAVES, R. V; SOUZA, E. R. B. de; FERNANDES, E. P; CALIARI, M; LEANDRO, W. M. Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no cerrado do estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 112-118, 2009.

2. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar o efeito da secagem do fruto baru (*Dipteryx alata* Vogel) sobre as características nutricionais, físicas, químicas e funcionais tecnológicas de farinhas produzidas a partir da junção do epicarpo e mesocarpo do baru e da amêndoa, de frutos isentos de tratamento térmico e frutos submetidos a diferentes condições de secagem.

Objetivos Específicos

Produzir a farinha do epicarpo e mesocarpo dos frutos isentos de tratamento térmico e frutos submetidos à secagem nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C;

Realizar a caracterização das farinhas avaliando o teor de água, carboidratos totais, proteína, cinzas, fibras, lipídeos, valor energético, pH, acidez, sólidos solúveis, massa específica, granulometria e teores de macro e micro minerais.

Avaliação da atividade antioxidante, compostos fenólicos, carotenoides e flavonoides.

Analisar as farinhas por espectroscopia de infravermelho e microscopia eletrônica de varredura.

Verificar a coloração das farinhas por reflectometria a partir das leituras de L* (luminosidade), a* e b* (parâmetros de Hunter) e croma (Cr).

Avaliar as características tecnológicas funcionais das farinhas, tais como índices de absorção em água, leite e óleo, índices de solubilidade em água e leite, atividade emulsificante, estabilidade da emulsão, capacidade de formação de espuma e estabilidade de espuma.

3. CAPITULO I

PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DAS FARINHAS DA AMÊNDOA, EPICARPO E MESOCARPO DOS FRUTOS DE BARU SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da secagem do fruto baru sobre as características nutricionais e físico-químicas das farinhas do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMB40; FEMB60; FEMB80; FEMB100) e das farinhas da amêndoa de baru (FAB40; FAB60; FAB80; FAB100) em relação as amostras isentas de secagem (FEMBCT e FABCT). A secagem dos frutos foi realizada nas temperaturas de 40, 60, 80, 100 °C em estufa com circulação forçada. As FEMB e FAB apresentaram teor de água dentro da especificação estabelecida pela legislação. As FEMB denotaram consideráveis conteúdos de carboidratos, valor energético e minerais (K, Ca, P, Zn e Cu). A secagem proporcionou aumento da disponibilidade de compostos fenólicos e antioxidante nas amostras das FEMB de acordo com a elevação da temperatura de secagem. A secagem não alterou os conteúdos de cinzas, proteínas das FEMB, no entanto reduziu o pH, acidez e sólidos solúveis das FEMB e das FAB. E provocou a redução dos compostos fenólicos, atividade antioxidante, carotenoides e flavonoides da FAB. No entanto, não alterou significativamente os teores de lipídeos da FAB em todas as condições de secagem avaliadas, as FAB apresentaram valores relevantes de minerais (K, Ca, P, Mg, Zn, Cu e Fe). Os resultados da análise FT-IR demonstram perda de nutrientes nas farinhas FEMB e FAB.

Palavras-chave: Atividade antioxidante; Compostos fenólicos; Minerais.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of drying baru on the nutritional and physico-chemical characteristics of baru mesocarp (FEMB40; FEMB60; FEMB80; FEMB100) and baru kernel flour (FAB40; FAB60; FAB80; FAB100) in relation to the drying-free samples (FEMBCT and FABCT). The drying of the fruits was carried out at temperatures of 40, 60, 80, 100 °C in greenhouse with forced circulation. The FEMB and FAB presented water content within the specification established by the legislation. The FEMB denoted considerable contents of carbohydrates, energy value and minerals (K, Ca, P, Zn and Cu). Drying provided increased phenolic and antioxidant availability in the FEMB samples according to the drying temperature increase. Drying did not alter the contents of ashes, proteins of the FEMB, however it reduced the pH, acidity and soluble solids of FEMB and FAB. And caused the reduction of phenolic compounds, antioxidant activity, carotenoids and flavonoids of FAB. However, it did not significantly alter the FAB lipid contents in all the drying conditions evaluated, the FAB presented relevant values of minerals (K, Ca, P, Mg, Zn, Cu and Fe). The results of the FT-IR analysis show nutrient loss in FEMB and FAB meal.

Key words: Antioxidant activity; Phenolic compounds; Minerals.

3.1.INTRODUÇÃO

O *Dipteryx alata* é uma angiosperma nativa do Cerrado, tanto a árvore quanto o fruto são denominados popularmente como baru. O fruto é uma drupa fibrosa, formato oval, cor acastanhada, textura lisa, monospermico, apresenta uma semente única no interior do endocarpo. O baru floresce de novembro a maio e produz frutos de julho a outubro (PINELI et al, 2015; LEMOS et al., 2012).

O baru possui o epicarpo fino, de aspecto macio e quebradiço, o mesocarpo apresenta consistência macia, farináceo, espesso, constituindo a polpa de coloração amarelo-esverdeado ou marrom com uma camada esponjosa na parte interna (FERREIRA et al., 1998). É um fruto sazonal, a dissipação costuma ocorrer na estação seca, frutificando de janeiro a março, excepcionalmente até julho nos cerrados do Centro-Oeste (OLIVEIRA E SIGRIST, 2008).

A realização de estudos sobre as espécies do cerrado é suma importância para divulgar conhecimento sobre as características nutricionais dos frutos, incentivar o manejo sustentável e o cultivo econômico destas espécies (VERA et al., 2009).

De acordo com Magalhães (2014), responsáveis por microempresas da cadeia produtiva do baru no estado de Goiás, relataram enfrentar algumas dificuldades para viabilizar o seu negócio devido a sazonalidade do fruto, falta de divulgação do baru ao consumidor e falta de informações técnicas sobre a fabricação de produtos à base de baru.

A transformação de frutas frescas em farinha da fruta, proporciona aumento na versatilidade e estabilidade do alimento. A transformação de alimentos pelo processo de secagem e moagem pode ser uma alternativa para o aproveitamento das potencialidades dos frutos do *Dipteryx alata* (TAN et al., 2017). A secagem inibe o crescimento de microrganismos em virtude da redução do teor de água, atenuando as reações de deterioração dos alimentos, no entanto, efeitos adversos podem afetar as propriedades físicas químicas e nutricionais (DING et al., 2012; JIHÉNE et al., 2013).

Os processos de desidratação de alimentos acarretam uma série de alterações físicas e químicas, tais como à gelatinização do amido, interações dos componentes e reações de escurecimento. Estas alterações podem resultar em melhorias das propriedades organolépticas, aumento na disponibilidade de nutrientes, na capacidade antioxidantes,

promover a inativação de compostos tóxicos e provocar alterações na atividade enzimática pela ação do calor (DEGIRMENCIOGLU et al., 2016).

Em razão da crescente demanda por alimentos nutritivos e seguros, e importância de estudar a viabilidade de alimentos produzidos a partir de espécies nativas do Cerrado, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da secagem do fruto baru, sobre as características nutricionais, físico-químicas de farinhas produzidas a partir da junção do epicarpo e mesocarpo do baru e da amêndoa, de frutos isentos de tratamento térmico e frutos submetidos a diferentes condições de secagem.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos foram coletados na época de safra entre os meses de setembro e outubro, em barueiros localizados no município de Santa Helena Goiás, GO , a 17°48' S 50°35' O e altitude de 568 metros. Os frutos foram colhidos após a sua queda natural no solo e selecionados de acordo com a integridade do pericarpo e encaminhados para o Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Inicialmente, foram avaliados os teores de água inicial dos frutos utilizando método de secagem em estufa a 105 °C até peso constante (AOAC, 1997). Os frutos *in natura* apresentaram teor de água de 43% (b.s.). Em seguida foram pesados e divididos em 5 porções de 1 kg dos frutos, em seguida foram lavados com escova macia e água destilada e submetidos ao processo de sanitização, conforme Medeiros et al. (2010). Os frutos foram submersos em água clorada a 150 ppm, e permaneceram por 15 minutos, em seguida foram lavados em água corrente para remoção do cloro residual.

3.2.1. Secagem dos frutos

Porções de 1kg de baru foram dispostas em bandejas perfuradas de aço inox perfazendo uma camada de 5 cm e submetidas à secagem a 40, 60, 80, 100 °C que propiciaram as umidades relativas médias de 25,1; 12,2; 5,3 e 1,7%, em estufa de circulação de ar até não haver mais variação na massa da amostra.

3.2.2. Obtenção das Farinhas de baru

Após a secagem, os frutos apresentaram com aspecto rígido. Devido a este fator, para remover o epicarpo juntamente com o mesocarpo, os frutos foram imersos em água por 18 horas. Uma porção de frutos *in natura*, também foi submetida as mesmas

condições. Para todos os tratamentos o mesocarpo foi retirado juntamente com o epicarpo do baru, manualmente com o auxílio de uma faca de aço inox previamente sanitizada.

As amêndoas foram extraídas do interior do endocarpo lenhoso utilizando um equipamento de quebrar coco de baru (Pitbul - Metal mix). As amostras extraídas foram dispostas em bandejas e submetidas a secagem em estufa a 40 °C por 24 horas, para produzir as farinhas. As amostras foram moídas (moinho elétrico DIOGOMAQ) e peneiradas (peneira de aço inox de 1 mm). As farinhas foram embaladas em sacos plásticos de polipropileno, e armazenadas a 2 °C em B.O.D., até a realização das análises.

Na TABELA 3.1 estão dispostas informações sobre os tratamentos, farinhas produzidas. O fluxograma, apresentado na FIGURA 3.1 representa o processamento do fruto baru para a elaboração das farinhas.

TABELA 3. 1. Informações sobre os tratamentos das farinhas de baru.

Tratamentos	Farinhas produzidas	Abreviação
Amostra controle (frutos isentos de tratamento térmico)	Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru controle	FEMBCT
Secagem do fruto a 40 °C	Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru	FEMB40
Secagem do fruto a 60 °C	Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru	FEMB60
Secagem do fruto a 80 °C	Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru	FEMB80
Secagem do fruto a 100 °C	Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru	FEMB100
Amostra controle (frutos isentos de tratamento térmico)	Farinha da amêndoa de baru controle	FABCT
Secagem do fruto a 40 °C	Farinha da amêndoa de baru	FAB40
Secagem do fruto a 60 °C	Farinha da amêndoa de baru	FAB60
Secagem do fruto a 80 °C	Farinha da amêndoa de baru	FAB80
Secagem do fruto a 100 °C	Farinha da amêndoa de baru	FAB100

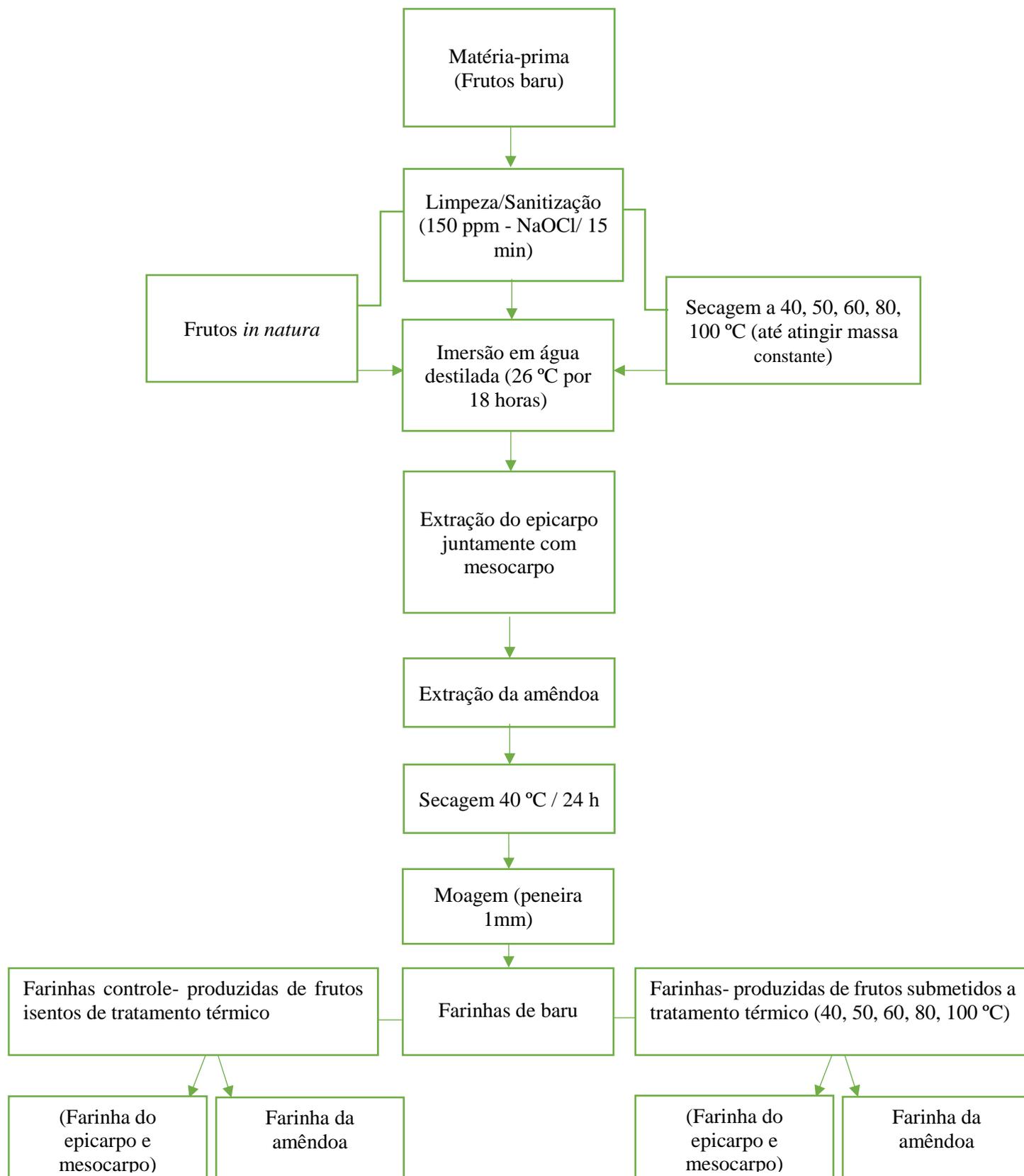


FIGURA 3.1. Fluxograma de processamento dos frutos de baru para obtenção das farinhas. Fonte: Arquivo Pessoal.

3.2.3. Composição Centesimal

3.2.3.1. Teor de água

O teor de água foi determinado pelo método de secagem em estufa (130 ± 1 °C) de acordo com método AACC (44-15 A). Foram pesados 3 g da farinha de baru, em cápsula de alumínio previamente secas em estufa a 130 °C. As amostras foram mantidas em estufa até apresentarem massa constante. Em seguida resfriadas em dessecador (AACC, 2000). O teor de água foi calculado pela equação 1.

$$X = \frac{ma}{ma + Mms} \cdot 100 \quad (1)$$

em que:

X = Teor de água (% b.u.);

ma = massa de água;

Mms = massa da matéria seca.

3.2.3.2. Proteína bruta

Determinou-se a proteína bruta pelo método de Kjeldahl, no qual foi avaliado o teor de nitrogênio orgânico total de acordo com método AACC 46-12.

Foram pesados 0,25 g da amostra no tubo de ensaio, 1,0 g do catalizador, e 6,0 mL de ácido sulfúrico PA foram adicionados aos tubos com as amostras, foi preparado a prova branco, adicionando todos reagentes citados acima no mesmo exceto a amostra.

Os tubos foram colocados na estante e levados para o bloco digestor com aquecimento de 400 °C até a digestão completa da amostra (quando a coloração da amostra no final da digestão apresentar a cor verde-claro).

Após término da digestão, os tubos foram retirados do bloco digestor para esfriar. Em seguida foi ligado o aquecimento de água da caldeira do equipamento destilador de nitrogênio (Modelo TE-0364 Marca Tecnal).

Uma solução de hidróxido de sódio 50% foi adicionada ao reservatório do equipamento, conectando na saída do condensador um erlenmeyer de 250 mL com 10 mL de ácido bórico a 2% mais 5 gotas de solução indicadora.

O tubo com a amostra foi conectado no destilador, verificando se a válvula do reservatório de hidróxido de sódio estava fechada. Com a caldeira desligada, a válvula foi

aberta para liberar lentamente o hidróxido de sódio (25 mL) dentro do tubo com a amostra até que a mesma ficar enegrecida.

O aquecimento da caldeira foi acionado para iniciar a destilação por arraste da amônia (NH₃), quando o volume da solução do erlenmeyer atingiu 75 mL, o aquecimento da caldeira foi desligado. A solução destilada foi titulada com ácido clorídrico 0,1N até coloração rósea (AACC, 2000).

Após a análise, foram realizados cálculos a partir das equações 2 e 3 para determinação de proteína da amostra.

$$y = \frac{(VL - VB) \times (0,014 \times 100) \times 6,25 \times N \times Fc}{MA} \quad (2)$$

$$\text{Proteína \% (b.s.)} = \frac{y \cdot 100}{(100 - X)} \quad (3)$$

em que:

y = proteína (b.u.);

VB = mL gastos do titulante da prova branco;

VL = mL gastos do titulante;

0,014 = meq Nitrogênio;

6,25 = Fator de conversão do teor de N em proteína;

N = Normalidade do titulante;

Fc = Fator de correção da normalidade do titulante;

MA = Massa da amostra;

X = % teor de água.

3.2.3.3. Cinzas (resíduo mineral fixo)

O resíduo mineral fixo foi determinado de acordo com método AOAC 923.03. Foram pesados 2 g de farinha de baru em cadinhos de porcelana previamente secos em mufla e resfriados em dessecador, com massa previamente estabelecida. As amostras foram colocadas na mufla (550 ± 15 °C) e permaneceram até completa incineração da

matéria orgânica (cerca de 5 horas) as amostras foram retiradas da mufla, resfriadas em dessecador e pesadas (AOAC, 2000).

Os resíduos por incineração foram calculados a partir da equação 4.

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{(B - A) \times 100}{MA} \quad (3)$$

em que:

A= Massa do cadinho vazio;

B= Massa do cadinho com amostra após secagem;

MA= Massa da amostra.

3.2.3.4. Lipídeos

A determinação de lipídios foi realizada de acordo com método AOAC 925.38, extraídos por meio da técnica de Soxhlet. Foram pesados 2 g de cada farinha em um papel de filtro que foi fechado e amarrado com fio de lã previamente desengordurado. As amostras foram transferidas para o aparelho de soxhlet, este foi conectado ao balão de fundo chato (previamente secos em estufa a 105 °C) e foram adicionados ao aparelho de soxhlet 450 mL de hexano P.A. O balão foi acondicionado a manta aquecedora e o aparelho de soxhlet foi conectado ao condensador de bolas.

O balão foi mantido sob aquecimento por 8 horas (quatro a cinco gotas por segundo). Após a extração o papel de filtro amarrado foi retirado e realizado em seguida a destilação do hexano. O resíduo extraído será levado à estufa a 105 °C, por cerca de uma hora, resfriado em dessecador até a temperatura ambiente. As operações de aquecimento e pesagem foram repetidas de 30 minutos em 30 minutos até obtenção das massas constantes até no máximo 2 horas (AOAC, 2000). Os resultados foram expressos em % de lipídeos, calculados a partir da equação 5:

$$\text{Lipídeos (\%)} = \frac{m}{Mms} \times 100 \quad (5)$$

em que:

m = massa de lipídios, g;

Mms = massa da matéria seca.

3.2.3.5. Valor energético

O valor calórico foi determinado por meio da equação 6, utilizando-se dos seguintes fatores de conversão de Atwater: proteínas, 4 kcal g⁻¹; carboidratos, 4 kcal g⁻¹; lipídeos, 9 kcal g⁻¹ (MERRIL e WATT, 1973; DE ANGELIS, 1977).

$$\text{Valor calórico (kcal/100g)} = (\text{PB} \times 4) + (\text{CHOt} \times 4) + (\text{L} \times 9) \quad (6)$$

em que:

PB = proteína bruta;

CHOt= carboidratos totais;

L = lipídeos.

3.2.3.6. Carboidratos

Para determinar o teor de carboidratos foi utilizado o método de cálculo por diferença descrita por Sniffen e Perez (1992), de acordo com a equação 7, na qual foi considerada a matéria integral e o resultado foi expresso em g.100 g⁻¹.

$$\text{CHOt} = 100 - (\text{PB} + \text{L} + \text{C} + \text{X}) \quad (7)$$

em que:

CHOt= carboidratos totais;

X= teor de água;

L = lipídeos;

PB = proteína bruta;

C = cinzas.

3.2.4. Análises Físico-Químicas

3.2.4.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi realizada de acordo o método de AOAC 943.02. Foram pesados 6 g da amostra e transferidas para um erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se em seguida 60 mL de água destilada a 25 °C.

As amostras foram agitadas até formar uma suspensão uniforme (cerca de 10 minutos de agitação em agitador magnético). Em seguida foram mantidas em repouso por

10 minutos e o líquido sobrenadante transferido para um béquer, foi submetido a leitura do pH utilizando um pHmetro digital devidamente calibrado (AOAC, 2000).

3.2.4.2. Acidez titulável

Foram utilizadas as soluções de farinha e água previamente preparada para a leitura do pH, a suspensão foi filtrada através de papel de filtro Whatman para remover o resíduo. A titulação foi realizada com solução de hidróxido de sódio 0,1N sob agitação constante, até a solução atingir o pH de 8,2 durante a titulação o pH foi controlado por meio de um pHmetro (CAVENDER et al., 2014).

O índice de acidez foi determinado pela equação 8.

$$AT = \frac{V \times f \times N}{MA} \quad (8)$$

em que:

AT= Acidez titulável;

V = Quantidade de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação;

f = Fator de correção da solução de hidróxido de sódio;

MA = Massa da amostra em g;

N = Concentração da solução de hidróxido de sódio.

3.2.4.3. Sólidos solúveis totais

Foram adicionados 10 g da farinha a 100 mL de água destilada em um erlenmeyer a solução foi submetida à agitação (em agitador magnético por 10 minutos), e em seguida filtradas, foram efetuadas leitura do filtrado a 20 °C em um refratômetro digital. Os resultados foram expressos em °Brix (CAVENDER et al., 2014).

3.2.4.4 Massa específica aparente

A massa específica aparente foi determinada por meio da relação entre a massa e a leitura direta do volume ocupado, utilizando uma proveta, que foi previamente tarada, em seguida foram adicionados farinha até a marca de 10 mL da proveta.

A amostra foi embalada e bateu-se suavemente a base da proveta na bancada a altura de 5 cm até não haver mais diminuição do nível da amostra. A massa da amostra e o volume foram registrados massa específica aparente foi calculada utilizando a massa da amostra por unidade de volume ocupado expressa em g/mL (WANI et al., 2015).

3.2.5 Minerais

A avaliação dos minerais foi realizada empregando a digestão via seca das farinhas de acordo com Carmo et al. (2000), 500 mg de farinha incinerado em mufla a 550 °C por 4 horas, as cinzas foram dissolvidas em 25 mL de solução de 0,1 mol de ácido nítrico.

Após filtração, o cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) foram determinadas por Espectrometria de Emissão Atômica utilizando o equipamento Espectrômetro de Absorção Atômica (AAS-Vario 6, Analytik Jena). O teor de fósforo foi avaliado por colorimetria, e o potássio por Fotômetro de Chama (TEIXEIRA et al. 2005).

A concentração dos elementos, em mg L⁻¹ na amostra foi determinada pela equação 9.

$$C = \frac{L \times b \times d}{v} \quad (9)$$

em que:

C= Concentração dos elementos;

L = leitura da amostra, mg/L;

b = volume do balão para o qual a cinza da amostra foi transferida, mL;

d = fator de diluição da amostra;

v = volume da amostra, mL.

3.2.6 Compostos bioativos

3.2.6.1 Fenólicos totais

Os extratos da farinha da amêndoa foram preparados utilizando 2,0 g de farinha e 20 mL de metanol ambos foram adicionados a tubos falcon cobertos, a solução foi homogeneizada e submetida a sonicação durante 10 min, após 60 minutos de repouso à temperatura ambiente foram filtradas utilizando papel de filtro. O volume total foi elevado para 50 mL com a adição de metanol (LEMOS et al., 2012).

Para o preparo dos extratos da farinha do epicarpo e mesocarpo foram misturados 5,0 g de farinha a 40 mL de metanol 50%, a solução foi homogeneizada e após 60 minutos de repouso à temperatura ambiente, foi centrifugada a 3.000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. A

partir do resíduo da primeira extração, adicionou-se 40 mL de acetona 70%, a solução foi homogeneizada, após repouso por 60 minutos à temperatura ambiente, seguiu-se com centrifugação das amostras novamente durante 15 minutos, o sobrenadante foi transferido para o balão volumétrico de 100 mL contendo o primeiro sobrenadante e o volume completado para 100 mL com água destilada (RUFINO et al., 2007; BRAND-WILLIAMS et al., 1995). Uma alíquota de 0,2 mL da solução foi misturada com 1 mL de reagente de Folin-Ciocalteu 2 N (diluído 1:10).

Depois de ser mantido durante 8 min no escuro, 0,8 ml de solução de carbonato de sódio a 7,5% (Na_2CO_3 foi adicionado à solução). Após incubação a 25 °C durante 2 h, mediu-se a absorvância da solução a 765 nm utilizando espectrofotômetro (BEL[®]/Spectro S-2.000).

Uma curva padrão será realizada utilizando ácido gálico em concentrações de 0 a 500 mg L⁻¹, para construir uma curva de calibração. Todas as etapas desta análise foram realizadas ao abrigo da luz. Realizou-se o cálculo do teor de fenólicos totais, a partir da equação da reta obtida, os valores serão expressos em mg de ácido gálico em 100 g de farinha (SOQUETTA et al., 2016).

3.2.6.2 Carotenoides totais

A avaliação de carotenoides totais tanto para farinha da amêndoa quanto para farinha do epicarpo e mesocarpo foram extraídos, utilizando solução de 200 mg/L de BHT (o BHT foi dissolvido em uma solução (1: 1) de acetona e etanol em volume de 1000 mL). Foram adicionados a alíquota de 25 mL da solução de BHT dois gramas de farinha, esta solução foi homogeneizada em erlenmeyer revestido de papel alumínio em ambiente escuro, e filtrada através de papel de filtro Whatman N ° 4.

O volume do filtrado foi ajustado para 100 ml, e a absorvância foi medida utilizando espectrofotômetro, em comprimento de onda de 470 nm. Todas as etapas desta análise foram realizadas ao abrigo da luz e os resultados foram expressos em µg de carotenoides totais em equivalente de luteína por grama da amostra. (GROSS, 1991; TALCOTT e HOWARD, 1999); RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; CISNEROS et al, 2004).

Os teores de carotenoides totais foram calculados conforme a equação (10).

$$\text{Carotenoides Totais } (\mu\text{g g}^{-1}) = \left(\frac{(\text{Abs} \cdot V) \cdot 10^6}{A^{1\%} \cdot 100 \cdot \text{Ma}} \right) \quad (10)$$

em que:

Abs = absorvância a 470 nm;

V = volume total do extrato;

$A^{1\%}_{\text{cm}}$ = coeficiente de absorção do carotenoide luteína utilizando o solvente etanol com valor de 2550;

Ma = massa da amostra em gramas.

3.2.6.3 Flavonoides totais

Os teores de flavonoides totais foram determinados de acordo com o método espectrofotométrico descrito por Dewanto et al. (2002). Uma alíquota de 0,25 mL de extrato foi misturada com 1,25 mL de água destilada em tubo de ensaio seguido pela adição de 75 μL de uma solução a 5% de NaNO_2 .

Após 6 min, adicionou-se 150 μL de uma solução de $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ a 10% e deixou repousar durante 5 min em seguida foi adicionado 0,5 mL de NaOH 1M. O volume da mistura foi elevada a 2,5 mL com água destilada, realizou a homogeneização da amostra e a absorvância foi medida imediatamente contra o branco a 510 nm utilizando um espectrofotômetro. Todas as etapas desta análise foram realizadas ao abrigo da luz.

Os resultados foram expressos como média calculados a partir de uma curva de calibração construída com o padrão pirocatequina em concentrações de 0 a 25 mg L^{-1} . Realizou-se o cálculo do teor de flavonoides, a partir da equação da reta obtida por regressão linear, os valores foram expressos em mg de EP (equivalentes de pirocatequina) por 100g de amostra.

3.2.6.4 Atividade antioxidante Ensaio com DPPH

A capacidade antioxidante foi determinada, utilizando o radical estável 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH), que sofre redução pelos antioxidantes com a mudança de coloração violeta para amarela, proporcional à concentração da substância redutora da amostra (SIQUEIRA et al., 2015). As avaliações seguiram de acordo com

Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995) e modificado por Sánchez-Moreno, Larrauri e Sauro-Calixto (1998), e descrita por Lemos et al. (2012).

Foram utilizados os extratos previamente preparados para a análise de compostos fenólicos, uma alíquota de 10 μL de extrato foram transferidas para tubos protegidos com folha de alumínio em seguida foram adicionados 90 μL de metanol e 3,9 mL de solução de DPPH (2,4 mg de DPPH em 100 mL de álcool metílico) preparada no momento da análise, totalizando um volume final de 4,0 mL. A reação ocorreu no escuro e realizou-se as leituras em espectrofotômetro UV-Visível a 517 nm, após 2, 5, 10, 20 e 30 minutos do início da reação. Todas as determinações foram realizadas em triplicata e acompanhadas de um controle (solução de DPPH).

Todas as etapas desta análise foram realizadas ao abrigo da luz. Determinou-se a capacidade de sequestro o radical DPPH a partir de uma curva padrão obtida com Trolox (0 a 300 $\mu\text{mol/L}$) e DPPH. Os resultados foram expressos como TE, ou seja, a capacidade antioxidante Trolox equivalente (μmol de Trolox/100 g de matéria seca).

3.2.6.5 Atividade antioxidante Ensaio com ABTS

Foram preparadas a solução aquosa de $\text{ABTS}^{\cdot+}$ (7 mM de ABTS), e solução aquosa de persulfato de potássio (140 mM de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$). O radical $\text{ABTS}^{\cdot+}$ foi preparado a partir da reação 5 mL da solução aquosa 7 mM de ABTS e 88 μL de solução de persulfato de potássio, esta solução estoque foi mantida no escuro à temperatura ambiente, por 16 horas. Em seguida, retirou-se 1 mL desta mistura e adicionou álcool etílico até obter uma absorbância de 0,70 nm \pm 0,05 nm a 734 nm.

A solução estoque foi utilizada somente no dia da análise. Para determinação da atividade antioxidante uma alíquota de 30 μL do extrato das farinhas foi transferida para tubos de ensaio com 3,0 mL do radical $\text{ABTS}^{\cdot+}$ e homogeneizar em agitador de tubos.

As leituras das amostras foram realizadas em espectrofotômetro UV-visível a 734 nm, após 6 minutos da mistura, o álcool etílico foi utilizado como branco, para calibrar o espectrofotômetro. Todas as etapas desta análise foram realizadas ao abrigo da luz. Determinou-se a capacidade de purgar o radical $\text{ABTS}^{\cdot+}$ utilizando curva padrão obtida com Trolox (0 a 300 $\mu\text{mol/L}$) e $\text{ABTS}^{\cdot+}$.

Os resultados foram expressos como TE, ou seja, a capacidade antioxidante Trolox equivalente (μmol de Trolox / 100 g de matéria seca) (NENADIS et al., 2004).

3.2.7 Espectrometria de absorção de infravermelho

As farinhas foram caracterizadas por espectroscopia de absorção infravermelha transformada de Fourier (FTIR), em um espectrômetro Varian Excalibur 3100 FT-IR em modo de transmissão, cada espectro foi coletado de uma média de 120 varreduras e resolução de 2 cm^{-1} , e os resultados foram relatados como valores médios. Cada amostra (2 mg) foi macerada e homogeneizada com brometo de potássio (KBr) (100 mg) (previamente seco em estufa sem circulação de ar, a $55 \text{ }^\circ\text{C}$ por 15 min) em seguida foram preparadas pastilhas da mistura, para realizar as leituras das mesmas e obter os espectros. A calibração foi realizada utilizando KBr como branco e o espectro foi registrado dentro da gama de $500\text{-}4000 \text{ cm}^{-1}$.

3.2.8 Análise estatística

Os resultados foram analisados utilizando software estatístico SISVAR[®] versão 6.0. Os resultados foram expressos como média \pm desvios-padrão em tabelas e gráficos. As análises foram realizadas em triplicata e os valores médios dos resultados dos 5 tratamentos de farinha do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMBCT, FEMB40, FEMB60, FEMB80 e FEMB100) foram avaliados por análise de variância (ANOVA) seguida do teste de médias de Tukey a 5% de significância.

Os resultados das avaliações dos 5 tratamentos de farinhas da amêndoa (FABCT, FAB40, FAB60, FAB80, FAB100) também foram avaliados por análise de variância (ANOVA) seguida do teste de médias de Tukey a 5% de significância. Os resultados de espectroscopia de absorção de infravermelho transformada de Fourier foram expressos em gráficos.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de água das farinhas do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMB) apresentados na TABELA 3.2, variaram de 9,6 a $10,7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, as farinhas da amêndoa apresentaram teores de água de $3,29 - 4,95 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, estes valores se encontram dentro dos limites estabelecidos pela estabelecidos pela Resolução RDC nº 263 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) (BRASIL, 2005) que determina teores máximos de 15% (b.u) de teor de água para alimentos designados farinhas.

TABELA 3.2. Teores médios referente ao teor de água, cinzas, lipídeos das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMB)			
Tratamentos	Teor de água (g 100g ⁻¹)	Cinzas (g 100g ⁻¹)	Lipídeos (g 100g ⁻¹)
FEMBCT	9,64 ± 0,17 a	4,44 ± 0,16 a	4,82 ± 0,67 a
FEMB40	10,65 ± 0,33 b	3,43 ± 0,24 a	4,83 ± 0,06 a
FEMB60	10,61 ± 0,22 b	4,87 ± 0,25 a	4,23 ± 0,26 a
FEMB80	9,61 ± 0,31 a	4,46 ± 1,01 a	3,86 ± 0,39 ab
FEMB100	10,37 ± 0,04 b	4,31 ± 0,67 a	2,97 ± 0,40 b
CV (%)	2,33	13,17	9,87
Farinha da amêndoa de baru (FAB)			
Tratamentos	Teor de água (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Lipídeos (g/100g)
FABCT	4,90 ± 0,25 a	3,77 ± 0,12 a	46,65 ± 1,48 a
FAB40	4,95 ± 0,05 ab	3,37 ± 0,23 a	45,83 ± 2,30 a
FAB60	4,93 ± 0,23 ab	3,31 ± 1,21 a	41,00 ± 5,14 a
FAB80	3,29 ± 0,34 c	3,12 ± 0,72 a	40,07 ± 3,59 a
FAB100	4,29 ± 0,26 b	3,64 ± 0,01 a	37,94 ± 4,03 a
CV (%)	5,46	18,67	8,32

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV).

As amostras FEMB40, FEMB60, FEMB100 apresentaram valores médios teor de água de 10,65 g 100 g⁻¹, 10,61 g 100 g⁻¹, 10,65 g 100 g⁻¹, respectivamente, os quais diferiram do valor médio de teor de água das amostras FEMBCT (9,64 g 100 g⁻¹) e FEMB80 (9,61 g 100 g⁻¹) (TABELA 3.2). As amostras FEMB40, FEMB60 e FEMB100 (TABELA 3.2) apresentaram maiores valores de teor água, estes resultados podem ter ocorrido pela imersão das amostras em água realizada para extrair o epicarpo e o mesocarpo para produzir as farinhas em virtude da dureza do fruto. As amostras foram imersas em água pelo mesmo período, no entanto os frutos secos nas temperaturas de 40, 60 e 100 °C possivelmente absorveram água em quantidades diferentes, influenciando no teor de água final das farinhas.

Conforme pode ser observado na (TABELA 3.2) ao processar o baru em forma de farinha obtêm-se um ganho em relação a redução de teor de água inicial do fruto *in natura* de 43% (b.s.). A redução do teor de água prolonga a vida útil e previne a deterioração e contaminação durante o armazenamento, dessa forma preserva a qualidade e estabilidade dos alimentos (CELESTINO., 2010).

Na TABELA 3.2 pode ser observado que as farinhas da amêndoa de baru (FABCT, FAB40, FAB60, FAB80 e FAB100) apresentaram menor teor de água que as farinhas do epicarpo e mesocarpo do baru (FEMBCT, FEMB40, FEMB60, FEMB80 e FEMB100), isto ocorreu possivelmente devido aos valores elevados de lipídeos presentes nas farinhas da amêndoa de baru. A interação da água com substâncias hidrofóbicas, tais como os ácidos graxos é termodinamicamente desfavorável ($\Delta > 0$), a água e os grupos apolares possuem relação antagônica (DAMODARAN et al., 2010).

A secagem não influenciou significativamente os teores de cinzas das amostras FEMBCT, FEMB40, FEMB60, FEMB80, FEMB100 com valores médios de 4,44 g 100 g⁻¹, 3,43 g 100 g⁻¹, 4,87 g 100 g⁻¹, 4,46 g 100 g⁻¹, 4,31 g 100 g⁻¹, respectivamente (TABELA 3.2). Os teores de cinzas das amostras FEMBCT, FEMB40, FEMB60, FEMB80 e FEMB100 apresentaram-se próximo aos resultados obtidos por Alves et al. (2010) com níveis de cinzas de 4,34 g 100 g⁻¹ em polpa de baru. Estudos que avaliaram a polpa do baru relataram valores de cinzas de 3,50 g 100 g⁻¹ (ARAUJO et al., 2013). Togashi e Sgarbieri. (1994) relataram teores de cinzas de 2,99 g 100 g⁻¹.

Leão et al. (2017), relataram valores de cinzas de 2,34 g 100 g⁻¹ na caracterização das farinhas do epicarpo + mesocarpo de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). Pereira et al. (2016) constataram 2,06 % de cinzas na farinha de jatobá (*Hymenaea stilbocarpa*). Fasolin et al. (2007) encontraram valores de 2,62 g 100 g⁻¹ de cinzas em farinha de banana verde. Coelho e Wosiacki (2010), caracterizaram a farinha do resíduo de extração (bagaço) de maçã, que apresentou 1,46 g 100 g⁻¹ de resíduo mineral. Corrêa et al. (2011) ao caracterizar a farinha de marolo (*Annona crassiflora*), um fruto nativo do Cerrado, produzida a partir da polpa submetida a secagem a 50 °C - 70 °C, verificaram que não houve variação dos teores de cinzas da polpa fresca (3,38 g 100 g⁻¹) e da farinha do fruto (3,44 g 100 g⁻¹).

Os teores de cinzas das amostras FABCT, FAB40, FAB60, FAB80 e FAB100 também não diferiram entre os tratamentos, apresentando valores médios de 3,77 g 100 g⁻¹, 3,37 g 100 g⁻¹, 3,31 g 100 g⁻¹, 3,12 g 100 g⁻¹, 3,64 g 100 g⁻¹, respectivamente. As amostras FABCT, FAB40, FAB60, FAB80 e FAB100 (TABELA 3.2) apresentaram valores de cinzas próximos aos valores relatados na avaliação da amêndoa de baru por Lima et al. (2010) relatou teores de 3,03 g 100 g⁻¹, Sousa et al. (2011) encontrou o valor de 3,18 g 100 g⁻¹.

Lima et al. (2014) caracterizaram as farinhas de sementes de cereja, farinhas das sementes jaca, farinhas das sementes laranja, farinhas das sementes melão casaba, farinhas das sementes de pêsego e farinhas das sementes de cereja do Suriname, os teores de cinzas variaram de 2,4 a 3,9 %. O teor de cinzas representa o conteúdo total bruto de minerais presentes nas amostras (DAMODARAM et al., 2010). Desta forma os resultados das farinhas de baru encontram-se de acordo com a literatura, uma vez que a composição dos minerais apresentam estabilidade ao calor (ARICI et al., 2016).

Em relação ao conteúdo de lipídeos das FEMB, observa-se na TABELA 3.2, que ocorreu redução significativa do teor de lipídeos de acordo com o aumento da temperatura da secagem. Os resultados de lipídeos (TABELA 3.2) da FEMBCT (4,82 g 100 g⁻¹), diferiram das amostras FEMB80 (3,86 g 100 g⁻¹) e FEMB100 (2,97 g 100 g⁻¹) portanto ocorreu redução nos valores de lipídeos em temperaturas mais elevadas (80 e 100 °C).

De acordo com Damodaran et al. (2010), o oxigênio é uma substância solúvel em óleo, cuja presença pode ocasionar a oxidação lipídica, o aumento da temperatura é capaz de propiciar o aumento da velocidade da oxidação de lipídeos. Um dos fatores que pode ter influenciado a degradação dos lipídeos das amostras FEMB80 e FEMB100 é a possível oxidação devido a secagem sob temperaturas mais elevadas (80 e 100 °C). Outro fator que influencia a degradação dos lipídeos e a ação das lipases, enzimas que são liberadas quando a matriz celular é rompida, estas enzimas podem provocar a hidrólise dos triacilgliceróis. O processo de moagem para obtenção de farinha pode ter alterado a matriz celular do fruto (DAMODARAN et al., 2010).

Carvalho et al. (2016) reportaram níveis de lipídeos na polpa de baru *in natura* equivalente a 3,27 g 100 g⁻¹. Alves et al. (2010) encontraram valor de 3,73 g 100 g⁻¹ de lipídeos em amostras de polpa de baru. Leão et al. (2017), relataram valores de lipídeos de 0,32 g 100 g⁻¹, na caracterização das farinhas do epicarpo + mesocarpo de pequi. Fasolin et al. (2007) relataram valores de 1,89 g 100 g⁻¹ de lipídeos ao avaliar a farinha de banana verde. Silva et al. (2001) avaliaram a farinha de jatobá-do-cerrado, encontraram valores, lipídeos 3,03 g 100g⁻¹, de proteína de 7,60 g 100g⁻¹, de cinzas 4,60 g 100g⁻¹ e carboidratos de 30,90 g 100g⁻¹.

Observa-se na TABELA 3.2, que os teores de lipídeos das amostras de FAB não apresentaram diferenças entre os tratamentos FABCT (46,65 g 100 g⁻¹), FAB40 (45,83 g 100 g⁻¹), FAB60 (41,00g 100 g⁻¹), FAB80 (40,07 g 100 g⁻¹), FAB100 (37,94 g 100 g⁻¹).

Caetano et al. (2017) encontraram teor de lipídeos de 56,12 g 100 g⁻¹ em farinha da amêndoa de baru parcialmente desengordurada. Lima et al. (2014) avaliaram o percentual de lipídeos das farinhas de sementes de cereja (37%), farinhas das sementes jaca (*Artocarpus integrifolia*) (2,5%), farinhas das sementes laranja (*Artocarpus integrifolia*) (29%), farinhas das sementes melão casaba (*Cucumis melo*) (33%), farinhas das sementes de pêssego (39%) e farinhas das sementes de cereja do Suriname (*Eugenia uniflora*) (3%).

Vallilo, Tavares e Aued. (1990) relataram valores de 41,65 g 100 g⁻¹, Fernandes et al. (2010) descreveram teores de lipídeos de 41,97 g 100 g⁻¹ e Takemoto et al. (2011) encontraram valor de 38,2 g 100 g⁻¹. Bento et al. (2014) realizaram um estudo, que envolvia a inclusão diária de 20 g por 6 semanas de amêndoas de baru na dieta de indivíduos levemente hipercolesterolêmicos, concluíram que amêndoa reduziu as concentrações séricas de colesterol, colesterol total e não HDL-c, estes resultados demonstraram que a amêndoa de baru pode ser incluída nas dietas para auxiliar na redução do risco de doença cardiovascular (DCV).

TABELA 3.3. Teores médios em base seca de proteínas, carboidratos totais e valor energético, das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMB)			
Tratamentos	Proteínas (g/100g)	Carboidratos totais (g/100g)	Valor energético (Kcal/100g)
FEMBCT	3,19 ± 0,47 a	77,43 ± 0,40 a	365,86 ± 2,76 a
FEMB40	4,24 ± 0,03 a	76,57 ± 0,30 a	366,71 ± 1,47 a
FEMB60	3,37 ± 0,81 a	76,33 ± 1,06 a	356,89 ± 1,07 b
FEMB80	3,81 ± 0,40 a	77,79 ± 1,69 a	361,12 ± 5,82 ab
FEMB100	2,99 ± 0,38 a	78,93 ± 1,40 a	354,41 ± 1,94 b
CV (%)	13,89	1,40	0,86
Farinha da amêndoa de baru (FAB)			
Tratamentos	Proteínas (g/100g)	Carboidratos totais (g/100g)	Valor energético (Kcal/100g)
FABCT	16,08 ± 0,84 a	28,47 ± 0,60 a	598,0 ± 5,3 a
FAB40	12,06 ± 0,57 b	33,75 ± 2,43 ab	595,7 ± 10,6 a
FAB60	10,55 ± 1,02 b	40,21 ± 4,52 b	572,7 ± 29,6 a
FAB80	21,47 ± 0,22 c	32,05 ± 3,59 ab	574,7 ± 18,3 a
FAB100	17,94 ± 0,94 a	36,19 ± 4,10 ab	557,9 ± 19,1 a
CV (%)	4,96	9,81	3,20

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV).

Os teores de proteína e carboidratos totais das amostras FEMBCT, FEMB40, FEMB60, FEMB80 e FEMB100 (TABELA 3.3) não diferiram.

Os teores de proteínas das amostras FEMB apresentaram-se de acordo com os encontrados na literatura. Estudos que avaliaram a polpa de baru, reportaram valores de 4,17 g 100 g⁻¹ para proteínas (ALVES et al., 2010). Carvalho et al. (2016) relataram teores de 3,68 g 100 g⁻¹ de proteínas. Nos trabalhos de Togashi & Sgarbieri (1994) foram relatados valores de 5,56 g 100 g⁻¹ de proteína na polpa de baru, Filgueiras & Silva. (1975) encontraram teores de 10,13 g 100 g⁻¹ (FILGUEIRAS e SILVA, 1975). As variações nos teores de nutrientes se devem possivelmente a forma e região de cultivo e ao método de análise utilizado (ROCHA e CARDOSO-SANTIAGO, 2009).

Leão et al. (2017), avaliaram a farinha do epicarpo + mesocarpo de pequi, neste estudo relataram valores de proteína de 3,25 g 100 g⁻¹. Pereira et al. (2016), encontraram teores de proteínas equivalentes a 2,56% ao avaliar a farinha de jatobá. Silva et al., (2001) encontraram valor de proteína de 7,60 g 100g⁻¹ na farinha de jatobá-do-cerrado, e valor de 8,37 g 100g⁻¹ nas farinhas de Jatobá-da-mata.

Os teores de proteínas das FAB40, FAB60, FAB80, diferiram em relação a amostra controle (FABCT) apresentando variações no conteúdo de proteínas entre os tratamentos. Os teores de proteínas das amostras FAB, mostraram-se próximos aos relatados por Caetano et al. (2017) os quais encontraram valores proteína de 10,87 g 100 g⁻¹ para amêndoa baru, e 12,67 g 100 g⁻¹ para a farinha de baru parcialmente desengordurada. Porém inferiores aos descritos no estudo de Fraguas et al. (2014), que relataram teores de 32,04 g 100 g⁻¹ de proteína em amêndoa de baru liofilizada e 36,08 g 100 g⁻¹ em amêndoas de baru torradas a 150 °C por 30 minutos.

O teor médio de carboidratos totais das amostras FEMB foi de 77,41 g 100 g⁻¹ (TABELA 3.2) valor superior aos relatados nos estudos de Rocha e Cardoso-Santiago (2009) que encontraram teor de carboidratos de 65,01 g 100 g⁻¹ na caracterização de amostras de epicarpo e mesocarpo de baru. Assim como de Araujo et al. (2013), que encontraram teores de carboidratos de 63,19 g 100 g⁻¹ em polpa de baru.

A polpa de baru apresenta em cerca 63% de carboidratos, composto principalmente por amido, fibras insolúveis e açúcares (SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004).

Soquetta et al. (2016) caracterizaram farinhas produzidas a partir epicarpo de kiwi e farinhas dos resíduos de kiwis ambas farinhas produzidas de frutos

com maturação e variedade diferentes, os valores de carboidratos totais variaram de 34,53% a 53,73%, e o valor energético das farinhas variaram de 227,60 Kcal 100 g⁻¹ a 316,26 Kcal 100 g⁻¹. Os teores de carboidratos das amostras de FAB (TABELA 3.3), foram profícuos ao relatado no estudo de Ortolan et al. (2016), com magnitude de 29,38 g 100 g⁻¹ e valor calórico de 558,33 Kcal 100 g⁻¹ para farinha da amêndoa de baru.

Os teores de carboidratos das amostras FAB40, FAB60, FAB80 e FAB100 apresentaram diferenças em relação a FABCT, apresentando menor concentração, este comportamento ocorreu pela utilização do método de cálculo por diferença descrita por Sniffen e Perez. (1992) para determinar os carboidratos totais, conseqüentemente as amostras que apresentar de forma geral maior perda na composição de proteínas, lipídeos, cinzas, e teor de água, apresentará maiores teores de carboidratos totais. Desta forma, utilizar o cálculo por diferença para determinar os teores de carboidratos totais para avaliar o efeito da secagem em alimentos pode superestimar o conteúdo de carboidratos totais se ocorrer perdas significativas de nutrientes de acordo com o aumento da temperatura de secagem.

Quanto ao valor energético, as amostras FEMB60 (356,89 Kcal 100 g⁻¹), FEMB80 (361,12 Kcal 100 g⁻¹), FEMB100 (354,41 Kcal 100 g⁻¹) apresentaram diferenças (p>0,05) em relação a amostras FEMBCT (365,86 Kcal 100 g⁻¹) (TABELA 2.3). Os resultados do valor energético das FEMB encontram-se próximos ao relatado por Sano et al. (2004), cerca de 300 Kcal 100 g⁻¹ para a polpa de baru. Os valores energéticos das amostras de FAB não diferiram (p>0,05) entre os tratamentos avaliados. Os valores energéticos das amostras FAB foram próximos aos valores relatados na literatura e superiores aos valores das FEMB, pelo elevado teor de lipídeos da amêndoa.

No estudo de Fernandes et al. (2010) as amêndoas de baru de seis árvores nativas do estado de Goiás, apresentaram valor energético variando entre 526,09 - 542,14 Kcal 100 g⁻¹. Caetano et al., (2017) encontraram valor energético de 607,75 Kcal 100 g⁻¹ e valor energético de 561,92 Kcal 100 g⁻¹ para a farinha de baru parcialmente desengordurada.

As farinhas da amêndoa de baru apresentaram elevados teores de nutrientes, comparativamente com os valores apresentados para a farinha de trigo farinha na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, cujo valor energético é de 360 Kcal 100 g⁻¹, proteínas 9,8 g 100 g⁻¹, lipídios 1,4 g 100 g⁻¹ e de cinzas 0,8 g 100 g⁻¹ (TACO, 2011).

As farinhas de baru podem ser uma alternativa de farinha isenta de glúten para o enriquecimento e formulações de alimentos.

Soares Júnior et al. (2007) avaliaram a qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha de amêndoa de baru, os biscoitos foram produzidos com farinha de trigo e fécula de mandioca e foram avaliados a adição nas concentrações de 2%, 4%, 6% e 8% de farinha de amêndoa de baru na formulação dos biscoitos. Não houve diferenças em relação ao sabor e textura e a adição da farinha de amêndoa de baru propiciou a elevação nos teores de proteínas, lipídeos, ferro, cálcio e fibra e reduziu o teor de carboidratos totais.

Rocha e Cardoso-Santiago (2009) avaliaram a viabilidade da aplicação da casca e polpa do baru na formulação de pães do tipo forma, neste estudo, o farelo de trigo comumente utilizado, foi substituído por diferentes proporções (25, 50, 75 e 100%) de casca e polpa de baru. Quanto aos atributos de aparência, textura e sabor os pães apresentam aceitação, além disso observaram a redução do valor energético e acréscimo nos teores de fibra alimentar total entre diferentes formulações.

TABELA 3.4. Valores médios e desvio padrão de pH, acidez e sólidos solúveis (SS) e massa específica aparente das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMB)				
Tratamentos	Ácidez (meq NaOH.100 g ⁻¹)	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Massa específica aparente (g/mL)
FEMBCT	7,01 ± 0,42 a	5,95 ± 0,05 a	6,12 ± 0,11 a	0,74 ± 0,01 a
FEMB40	7,54 ± 0,58 ab	5,65 ± 0,03 b	2,65 ± 0,10 b	0,60 ± 0,01 d
FEMB60	8,61 ± 0,17 c	5,66 ± 0,03 b	2,69 ± 0,05 b	0,66 ± 0,01 c
FEMB80	8,06 ± 0,25 bc	5,31 ± 0,04 c	2,54 ± 0,04 b	0,69 ± 0,00 b
FEMB100	8,34 ± 0,10 bc	5,32 ± 0,00 c	2,57 ± 0,04 b	0,67 ± 0,02 bc
CV (%)	4,42	0,58	2,22	1,49
Farinha da amêndoa de baru (FAB)				
Tratamentos	Ácidez (meq NaOH.100 g ⁻¹)	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Massa específica aparente (g/mL)
FABCT	4,64 ± 0,17 ab	6,47 ± 0,02 a	4,35 ± 0,02 a	0,45 ± 0,01 a
FAB40	4,69 ± 0,25 ab	6,46 ± 0,01 a	4,41 ± 0,15 a	0,45 ± 0,01 a
FAB60	4,47 ± 0,17 a	6,49 ± 0,01 a	4,54 ± 0,17 a	0,45 ± 0,01 a
FAB80	4,80 ± 0,17 ab	6,35 ± 0,04 b	4,43 ± 0,07 a	0,46 ± 0,02 b
FAB100	5,03 ± 0,10 b	6,10 ± 0,01 c	2,60 ± 0,20 b	0,48 ± 0,02 c
CV (%)	3,74	0,32	3,38	0,85

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV).

Na TABELA 3.4, estão apresentados os valores de pH, acidez e sólidos solúveis (SS) e massa específica aparente das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Em relação aos níveis de acidez das farinhas de baru, observa-se na TABELA 3.4, que a secagem provocou aumento significativo nas amostras FEMB40 (7,54 meq NaOH 100 g⁻¹), FEMB60 (8,61 meq NaOH 100 g⁻¹), FEMB80 (8,06 meq NaOH 100 g⁻¹), FEMB100 (8,34 meq NaOH 100 g⁻¹), comparativamente com a amostra FEMBCT (7,01 meq NaOH 100 g⁻¹).

As amostras FAB60 e FAB100 apresentaram valores de acidez de 4,47 meq NaOH 100 g⁻¹ e 5,03 meq NaOH 100 g⁻¹ respectivamente, estes valores diferiram dos demais tratamentos. A legislação brasileira não estabelece parâmetros de qualidade específicos para farinha de frutas, no entanto a Resolução nº 12 de 1978 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), estabelece um limite máximo de 3% de acidez para a farinha de trigo comum (ANVISA, 1978).

Comparando as farinhas de baru (FEMB e FAB) com a farinha de trigo comum, observa-se que as farinhas de baru apresentam valores superiores de acidez e pH abaixo da neutralidade, indicando que as farinhas apresentam caráter ácido.

Os níveis de acidez de um alimento podem ser resultantes de compostos naturais presentes no alimento, bem como pode ser proveniente do processo de fermentação, deterioração, ou efeito do processamento pelo qual o alimento foi submetido (FERNANDES et al., 2008).

O pH das amostras FEMB40 (5,65), FEMB60 (5,66), FEMB80 (5,31), FEMB100 (5,32) (TABELA 3.4) foram diferentes em relação a amostra FEMBCT (5,95). Observou-se a diminuição do pH e aumento na acidez titulável das farinhas com o aumento da temperatura de secagem. Estes resultados demonstraram que quando se eleva a temperatura de secagem os frutos de baru se tornam mais ácidos.

De acordo com a literatura as soluções com pH < 7 a 25 °C são ácidas, e pH > 7 são básicas, e pH igual a 7 são neutras (KOTZ et al., 2012). Os valores de pH das amostras de FEMB e FAB variaram de 5,31 - 6,49, portanto apresentaram pH ligeiramente ácidos (pH 5,0 – 6,5). Alimentos ácidos apresentam vantagens em relação a conservação, uma vez que a acidificação inibe o crescimento de microrganismos (PEREDA et al., 2005).

Pereira et al. (2016), caracterizaram a farinha produzida do fruto jatobá, neste estudo relataram valores de pH de 5,92 e acidez expressa em percentual de ácido cítrico de 2,74%.

Corrêa et al. (2011) avaliaram as farinhas de marolo (*Annona crassiflora*) liofilizada e farinhas de marolo seca por secagem convectiva com ar quente (realizada em um secador com circulação de ar nas condições de 50 °C durante 20 h, seguida de 70 °C por 11 h). As farinhas liofilizadas apresentaram valores de pH de 5,34 e acidez de 1,07 g 100 g⁻¹ de ácido málico, as farinhas secas por convecção com ar quente apresentaram valores de pH de 5,42 e acidez de 1,07 g 100 g⁻¹ de ácido málico.

Os valores de pH das amostras FAB80 (6,35) e FAB100 (6,10) reduziram significativamente em relação a amostra controle FABCT (6,47) (TABELA 3.4). Os valores de pH das FAB foram próximos aos valores encontrados por Fraguas et al. (2014), que avaliaram a amêndoa de baru liofilizada (pH: 6,59) e a amêndoa torrada a 150 °C (pH: 6,50). A avaliação do pH pode ser utilizada para determinar a deterioração do alimento em razão do crescimento de microrganismos, atividades de enzimas e retenção do sabor e odor de produtos de frutas (FERNANDES et al., 2008).

As mostras FEMB40 (2,65 °Brix), FEMB60 (2,69 °Brix), FEMB80 (2,54 °Brix), FEMB100 (2,57 °Brix) apresentaram baixo teor de sólidos solúveis, e apresentaram diferenças significativas comparativamente com amostra FEMBCT (6,12 °Brix).

O teor de sólidos solúveis da amostra FAB100 (2,60 °Brix) também reduziu significativamente em relação a amostra FABCT (4,35 °Brix) (TABELA 3.4).

Os sólidos solúveis apresentam correlação com teores de açúcares e ácidos orgânicos, quanto maior a quantidade de açúcares e ácidos orgânicos maiores os valores dos sólidos solúveis totais (SILVA et al., 2002; CANUTO et al., 2010).

Os alimentos podem sofrer a reação de Maillard devido ao tratamento térmico, esta reação ocasiona à degradação dos açúcares em ácidos, uma vez que a polpa de baru possui cerca de 60% de carboidratos, a reação de Maillard pode ter ocorrido ocasionando a redução do conteúdo de sólidos solúveis totais e o aumento da acidez nas farinhas produzidas dos frutos secos (MUZAFFAR e KUMAR, 2015; ALVES et al., 2010).

Os valores da massa específica das amostras FEMB40, FEMB60, FEMB80, FEMB100, foram 0,60 g mL⁻¹, 0,66 g mL⁻¹, 0,69 g mL⁻¹, 0,67 g mL⁻¹, respectivamente, (TABELA 3.4) reduziram significativamente quando se aumentou a temperatura de secagem, e se mostraram diferentes da amostra FEMBCT (0,74 g mL⁻¹) foram necessários uma quantidade de massa maior da amostra FEMBCT para ocupar o mesmo volume avaliado para as demais farinhas.

Fazaeli et al. (2012), avaliaram a massa específica aparente de pós de amoreira,

obtidos pelo processo de secagem por aspersão (spray drying), utilizadas três temperaturas de entrada de ar 110, 130 e 150 °C, neste estudo observaram que o aumento da temperatura do ar de entrada provocou a redução da massa específica aparente.

Menores valores de massa específica aparente indicam que possivelmente existe maior quantidade de ar dentro de uma massa, portanto maior susceptibilidade a oxidação do produto, ocasionando a redução da estabilidade ao longo do armazenamento. Além disso, quanto mais leve o produto maior o volume ocupado, consequentemente maiores gastos com embalagens (SANTHALAKSHMY et al., 2015).

A massa específica aparente das amostras FAB80 (0,46 g mL⁻¹) e FAB100 (0,48 g mL⁻¹), diferiram ($p \leq 0,05$) das FAB60 (0,45 g mL⁻¹), FAB40 (0,45 g mL⁻¹) e FABCT (0,45 g mL⁻¹) (TABELA 3.4), apresentaram maiores valores de massa específica aparente, em temperaturas mais elevadas, mostrando efeito inverso as FEMB. 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 (CAPARINO et al., 2012).

TABELA 3.5. Valores médios referente aos teores de (macrominerais) potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMB)				
Tratamentos	K (mg 100g ⁻¹)	Ca (mg 100g ⁻¹)	P (mg 100g ⁻¹)	Mg (mg 100g ⁻¹)
FEMBCT	1187,00 ± 272 a	115,88 ± 6,97 a	113,63 ± 6,19 a	80,00 ± 7,5 a
FEMB40	1041,67 ± 72,1 a	83,16 ± 16,2 bc	89,70 ± 2,51 c	3,93 ± 0,60 b
FEMB60	1083,33 ± 72,2a	94,91 ± 2,79 ab	103,77 ± 5,02 b	10,52 ± 1,60 b
FEMB80	875,00 ± 125 a	87,89 ± 7,11 bc	93,32 ± 0,69 c	7,91 ± 1,5 b
FEMB100	1125,00 ± 125 a	67,37 ± 11,58 c	107,59 ± 4,88 ab	4,00 ± 0,65 b
CV (%)	14,33	11,17	2,73	16,50
Farinha da amêndoa de baru (FAB)				
Tratamentos	K (mg 100g ⁻¹)	Ca (mg 100g ⁻¹)	P (mg 100g ⁻¹)	Mg (mg 100g ⁻¹)
FABCT	1375,0 ± 125 a	120,92 ± 15,7 a	373,60 ± 6,27 a	87,75 ± 1,00 a
FAB40	1250,0 ± 125 a	90,53 ± 7,1 bc	357,92 ± 10,72 ab	81,38 ± 2,62 b
FAB60	1291,7 ± 72,2 a	108,95 ± 1,3 ab	373,20 ± 1,84 ab	83,75 ± 1,25 ab
FAB80	1125,0 ± 125 a	126,97 ± 13,8 a	357,11 ± 9,13 ab	87,75 ± 2,75 a
FAB100	1187,50 ± 62,5 a	74,21 ± 1,60 c	354,30 ± 3,19b	88,50 ± 1,50 a
CV (%)	8,49	9,50	1,95	2,29

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV).

Os teores de potássio, cálcio, fósforo e magnésio das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel) estão dispostos na TABELA 3.5.

Os teores de cálcio, fósforo, e magnésio das amostras FEMB40, FEMB60, FEMB80, FEMB100, apresentaram valores significativamente reduzidos em relação a FEMBCT (TABELA 3.5). Dentre os macrominerais avaliados o potássio é presente em maior concentração nas farinhas de baru, em relação ao tratamento térmico não houve diferença ($p > 0,05$) entre as condições de secagem.

Silva et al. (2008) identificaram um teor de cálcio de 116,7 mg 100 g⁻¹ para fruto chichá (*Sterculia striata* A. St. Hil. & Naud), e teor de 78 mg 100 g⁻¹ em murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich).

O Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos EUA, estipula valores diários de ingestão de minerais com base em ingestão calórica de 2.000 calorias, para adultos e crianças com quatro ou mais anos de idade, a recomendação diária de potássio é de 3,5 mg (FDA, 2015). Na (TABELA 3.5) observa-se que as FEMB e FAB de baru possuem elevados teores de potássio.

Borges et al. (2009) caracterizaram a farinha de banana verde, obtida pela secagem do fruto a 70 °C em estufa de circulação de ar forçado. A farinha de banana verde apresentou um teor de 1180 mg 100 g⁻¹ de potássio sendo considerada uma fonte rica deste mineral.

Dentre as amostras de FEMB submetidas a tratamento térmico a FEMB60 apresentou os maiores valores de cálcio (94,91 mg 100 g⁻¹) este valor que representa 9,49% da ingestão diária recomendada (IDR), magnésio (10,52 mg 100 g⁻¹) valor que significa 4,04% da IDR já FEMB100 apresentou maior valor de fósforo (107,59 mg 100 g⁻¹) valor que representa 15,37% da IDR (ANVISA, 2005).

A IDR de minerais necessários para suprir às necessidades nutricionais de adulto, de acordo com o estabelecido na RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005, da Anvisa, recomenda a ingestão diária de 1000 mg cálcio, 700 mg de fósforo, 260 mg de magnésio (ANVISA, 2005). As farinhas de baru (FEMB e FAB) apresentaram potencial teores destes minerais.

Os conteúdos de potássio das FAB não diferiram entre os tratamentos, no entanto os teores de cálcio das amostras FAB40 (90,53 mg 100 g⁻¹), FAB60 (108,95 mg 100 g⁻¹) e FAB100 (74,21 mg 100 g⁻¹) diferiram em relação a amostra FABCT (120,92 mg 100 g⁻¹) (TABELA 3.5).

As amostras FAB40, FAB60, FAB80 e FAB100 apresentaram valores médios de potássio de 357,92 mg 100 g⁻¹, 373,20 mg 100 g⁻¹, 357,11 mg 100 g⁻¹, 354,30 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Estes valores diferiram do teor de potássio da FABCT (373,60 mg 100 g⁻¹). Em relação aos teores de magnésio as amostras FAB40 (81,38 mg 100 g⁻¹) e FAB60 (83,75 mg 100 g⁻¹) apresentaram valores significativamente menor que a FABCT (87,75 mg 100 g⁻¹) (TABELA 3.5).

Fraguas et al. (2014) estudaram a amêndoa torrada a 150 °C, encontraram teores de potássio de 122,31 mg 100 g⁻¹, cálcio de 102,65 mg 100 g⁻¹, fósforo de 703,14 mg 100 g⁻¹ e magnésio de 277,15 mg 100 g⁻¹. Os valores de fósforo e magnésio FAB baru foram inferiores aos relatados neste estudo.

Vera et al. (2009) avaliaram teores minerais em amêndoas coletadas em onze regiões do estado de Goiás, encontraram valores de potássio variando de 740 – 1250 mg 100 g⁻¹, e teores de cálcio de 300 – 350 mg 100 g⁻¹.

Os valores de potássio se mostraram próximos aos teores da FAB, no entanto, os teores de cálcio das FAM foram inferiores aos valores encontrados neste estudo com amêndoas *in natura*. As diferenças nos teores de nutrientes apresentadas pelas FEMB e FAB com a literatura, deve -se provavelmente as diferenças de estágio de maturação do fruto, composição do solo, diferenças climáticas (TOGASHI e SGARBIERI, 1994).

No estudo de Takemoto et al. (2001), caracterizaram quimicamente a amêndoa de baru, dentre os macronutrientes avaliados, o potássio apresentou maior concentração (827 mg 100 g⁻¹), seguido do fósforo (358 mg 100 g⁻¹). As farinhas da amêndoa de baru apresentaram comportamento semelhante, apresentando valores potássio variando entre 1125,0 – 1375,0 mg 100 g⁻¹, e valores de fósforo entre 354,30 - 373,60 mg 100 g⁻¹.

A avaliação dos teores de minerais é de suma importância, uma vez que os mesmos desempenham funções relevantes no organismo dos seres vivos. O cálcio é o mineral mais abundante no organismo, desempenha funções reguladoras em processos bioquímicos e fisiológicos de animais e plantas. O fósforo desempenha função vital na estrutura de membranas celulares da maioria dos processos metabólicos (DAMONDARAN et al., 2010).

Os teores de ferro, zinco, cobre e manganês das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel) estão dispostos na TABELA 3.6

Os teores de minerais Fe, Zn e Cu, presentes nas FEMB não apresentaram variações independentemente das condições de secagem (TABELA 3.6).

Estes resultados condizem com o comportamento os teores de cinzas das farinhas de baru, os quais não diferiram ($p>0,05$), para os tratamentos FEMBCT, FEMB40, FEMB60, FEMB80, FEMB100, avaliados. No entanto os teores de manganês das amostras FEMB40 ($0,49 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), FEMB60 ($0,64 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), FEMB80 ($0,77 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), FEMB100 ($0,78 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) foram significativamente menores que o teor de manganês da amostra FEMBCT ($1,01$) (TABELA 3.6).

TABELA 2.6. Valores médios referentes aos teores de (microminerais) em base seca de ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMB)				
Tratamentos	Fe ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	Zn ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	Cu ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	Mn ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)
FEMBCT	$3,59 \pm 1,39$ a	$8,75 \pm 1,70$ a	$3,38 \pm 0,39$ a	$1,01 \pm 0,05$ a
FEMB40	$2,96 \pm 0,31$ a	$8,03 \pm 0,15$ a	$3,29 \pm 0,11$ a	$0,49 \pm 0,01$ c
FEMB60	$3,12 \pm 0,53$ a	$8,42 \pm 0,13$ a	$3,12 \pm 0,12$ a	$0,64 \pm 0,14$ bc
FEMB80	$3,27 \pm 0,37$ a	$8,33 \pm 0,33$ a	$3,21 \pm 0,20$ a	$0,77 \pm 0,11$ b
FEMB100	$3,42 \pm 0,23$ a	$8,18 \pm 0,23$ a	$3,17 \pm 0,18$ a	$0,78 \pm 0,02$ ab
CV (%)	21,60	9,42	6,89	11,56
Farinha da amêndoa de baru (FAB)				
Tratamentos	Fe ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	Zn ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	Cu ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	Mn ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)
FABCT	$6,78 \pm 0,83$ a	$8,68 \pm 0,43$ a	$3,76 \pm 0,11$ a	$0,71 \pm 0,06$ a
FAB40	$5,43 \pm 0,25$ a	$8,67 \pm 0,14$ a	$3,51 \pm 0,06$ a	$0,71 \pm 0,21$ a
FAB60	$5,43 \pm 0,72$ a	$9,43 \pm 0,18$ a	$3,73 \pm 0,13$ a	$0,83 \pm 0,01$ a
FAB80	$5,48 \pm 0,76$ a	$10,05 \pm 0,45$ a	$3,67 \pm 0,13$ a	$0,50 \pm 0,12$ a
FAB100	$4,19 \pm 1,94$ a	$8,88 \pm 1,43$ a	$3,64 \pm 0,25$ a	$0,80 \pm 0,36$ a
CV (%)	19,32	7,73	4,05	24,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV).

Os teores de minerais Fe, Zn e Cu, presentes nas FEMB não apresentaram variações independentemente das condições de secagem (TABELA 3.6). Estes resultados condizem com o comportamento os teores de cinzas das farinhas de baru, os quais não diferiram ($p>0,05$), para os tratamentos FEMBCT, FEMB40, FEMB60, FEMB80, FEMB100, avaliados.

No entanto os teores de manganês das amostras FEMB40 ($0,49 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), FEMB60 ($0,64 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), FEMB80 ($0,77 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), FEMB100 ($0,78 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$)

foram significativamente menores que o teor de manganês da amostra FEMBCT (1,01) (TABELA 3.6).

A amêndoa baru possui alto teor de minerais, principalmente o cálcio, ferro, magnésio, potássio e de zinco (Sousa et al., 2011). Ferro, zinco, manganês e cobre, são micronutrientes essenciais para a saúde humana em baixas concentrações, enquanto potássio, cálcio e magnésio, são macronutrientes, necessários em concentrações mais elevadas (BRITO et al., 2017).

No estudo realizado por Silva et al. (2008), que avaliaram os teores de zinco e ferro em a macaúba, caju-do-cerrado, araticum, murici, gabiroba, cagaita, mangaba, puçá, araçá, chichá e pitomba, os teores mais elevados de zinco e ferro foram encontrados no fruto chichá, com equivalente a 2,33 mg 100 g⁻¹ de zinco, e teor de ferro de 8,43 mg 100 g⁻¹. As farinhas de baru apresentaram teores expressivos de zinco, superior aos 11 frutos do cerrado avaliados neste estudo.

O valor referência de ingestão diária de minerais é de 14 mg de ferro, 7 mg de zinco, 900 µg de cobre e 2,3 mg de manganês (ANVISA, 2005). As amostras de FAB não apresentaram diferenças entre os tratamentos em relação ao conteúdo de Fe, Zn, Cu e Mn (TABELA 3.6).

Pineli et al. (2015), avaliaram a farinha de baru parcialmente desengordurada, encontraram valores de, 13,29 mg 100 g⁻¹ de ferro, 7,62 mg 100 g⁻¹ de zinco e 2,04 mg 100 g⁻¹ de cobre.

Sousa et al. (2011), avaliaram o teor de minerais de amêndoas e nozes exóticas do cerrado brasileiro, incluindo a amêndoa de baru, amêndoa de pequi, castanha de caju e amendoim, e observaram que a amêndoa baru assada apresentou maiores concentrações de cálcio que as demais frutas exóticas.

As diferenças nos teores de nutrientes apresentadas pelas FEMB e FAB com a literatura, deve-se provavelmente as diferenças de estágio de maturação do fruto, composição do solo, diferenças climáticas (TOGASHI e SGARBIERI, 1994).

Os minerais são compostos estáveis ao calor, o teor de água das farinhas pode ser um fator que influenciou nas diferenças apresentadas nos níveis Ca, P, Mg e Mn, para os tratamentos térmicos dos frutos para produção das farinhas (ARICI et al., 2016). Os minerais também são resistentes a luz, a oxidação, no entanto pode ocorrer a perda de minerais pelo processo de lixiviação (PEREDA et al., 2005).

As diferenças observadas nos resultados de minerais nas FEMB e nas FAB, pode ter ocorrido em razão do possível arraste dos minerais solúveis em água ao longo do processo de imersão dos frutos em água para extração da polpa dos frutos secos.

Os valores referentes aos conteúdos de fenólicos totais, atividade antioxidante, flavonoides e carotenoides das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel) estão apresentados na TABELA 3.7.

TABELA 3.7. Valores médios da capacidade antioxidante equivalente de trolox determinada por dois métodos, utilizando os radicais DPPH e ABTS e teor de fenólicos totais das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMB)			
Tratamentos	Atividade antioxidante		Fenólicos totais (mg GAE ^a 100 g ⁻¹)
	ABTS ($\mu\text{mol trolox g}^{-1}$)	DPPH ($\mu\text{mol trolox g}^{-1}$)	
FEMBCT	13,82 \pm 0,33 e	9,53 \pm 0,75 d	186,2 \pm 2,96 d
FEMB40	16,57 \pm 0,81 d	10,3 \pm 1,06 c	256,1 \pm 0,87 c
FEMB60	20,04 \pm 0,73 c	9,15 \pm 0,96 d	255,9 \pm 1,65 c
FEMB80	28,05 \pm 0,54 b	11,4 \pm 0,98 b	376,1 \pm 0,43 b
FEMB100	34,51 \pm 2,11 a	12,8 \pm 1,42 a	444,49 \pm 3,70 a
CV (%)	4,89	1,96	0,75
Farinha da amêndoa de baru (FAB)			
Tratamentos	Atividade antioxidante		Fenólicos totais (mg GAE ^a 100 g ⁻¹)
	ABTS ($\mu\text{mol trolox g}^{-1}$)	DPPH ($\mu\text{mol trolox g}^{-1}$)	
FABCT	18,90 \pm 0,097 a	9,72 \pm 0,67 a	197,54 \pm 1,76 a
FAB40	16,07 \pm 3,39 ab	8,50 \pm 0,63 a	123,33 \pm 2,89 b
FAB60	6,94 \pm 1,73 c	2,23 \pm 0,30 c	40,14 \pm 1,53 d
FAB80	7,45 \pm 2,03 c	2,24 \pm 0,31 c	41,88 \pm 0,91 d
FAB100	13,29 \pm 2,57 b	5,44 \pm 0,70 b	7 9,42 \pm 0,66 c
CV (%)	18,25	9,82	1,80

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV). ^aÁcido Gálico equivalente;

As atividades antioxidantes das farinhas foram avaliadas utilizando ensaio com os radicais ABTS^{•+} e DPPH[•] os métodos apresentaram comportamento semelhante nas amostras FEMB, exceto a amostra FEMB60. Os resultados da atividade antioxidante obtidos a partir do ensaio com ABTS das amostras FEMB40, FEMB60, FEMB80 e

FEMB100 diferiram da amostra FEMBCT. No ensaio utilizando DPPH, as amostras FEMB40, FEMB80 e FEMB100, diferiram da amostra FEMBCT (TABELA 3.7).

Na TABELA 3.7, observa-se que a atividade antioxidante das amostras FEMB obtidos no ensaio de ABTS apresentaram aumento progressivo em relação a FEMBCT, mesmo comportamento pode ser observado no conteúdo de fenólicos totais das amostras FEMB com a elevação da temperatura de secagem. Os valores do conteúdo de compostos fenólicos das amostras FEMB40 e FEMB60 não diferiram entre si.

Os teores de compostos fenólicos mais elevados (444,49 mg GAE^a 100 g⁻¹) foram observados na FEMB100, assim como a atividade antioxidante da FEMB100 (34,51 $\mu\text{mol troloxg}^{-1}$) (TABELA 3.7.).

O aumento da atividade antioxidante da FEMB, encontra-se em concordância com a elevação do conteúdo de fenólicos totais, uma vez que os valores mais elevados de compostos fenólicos podem ser responsáveis pela maior atividade antioxidante (PIGA; CARO; CORDA, 2003).

Leão et al. (2017) encontraram valores de atividade antioxidante de 1154,42 $\mu\text{mol trolox g}^{-1}$ na farinha do epicarpo + mesocarpo de pequi, utilizando o ensaio com ABTS. Relataram valores de 17,42 g de GAE para o teor de polifenóis totais.

Madrau et al. (2009) relataram aumento nas propriedades redutoras de damascos da variedade Cafona após secagem ao ar a 75 °C; os valores antioxidantes foram quatro vezes mais elevados em frutos secos a 75 °C comparativamente aos frutos secos a 55 °C.

Comportamento semelhante foi observado no estudo de Azeez et al. (2017), no qual avaliaram o efeito da secagem do tomate em estufa a vácuo nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, e verificaram que os conteúdos de compostos fenólicos, a atividade antioxidante e os teores de licopeno aumentaram com o aumento da temperatura e a redução do tempo de secagem.

As amostras FEMB mostraram conteúdo total de compostos fenólicos superiores ao da farinha de mesocarpo Babassu (98,3 mg de GAE/100 g) (MANIGLIA e TAPIA-BLACIDO, 2016). Melo e Andrade (2010), avaliaram as farinhas da casca dos frutos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), uma drupa denominada umbu. A secagem deste resíduo para produção de farinha foi realizada em estufa com circulação de forçada de ar a 40°C. Foram produzidas farinha de resíduos de umbu maduro e farinha de resíduos de umbu semimaduro, as quais apresentaram teores de fenólico totais (equivalente de catequina) de 454,21 mg 100g⁻¹ e 466,17 mg 100g⁻¹, respectivamente.

Na TABELA 3.7, observa-se que as amostras FEMB apresentaram aumento dos compostos bioativos em temperaturas elevadas, já nas FAB ocorreu a diminuição. Este comportamento demonstra que termolabilidade de compostos fenólicos não depende apenas da sua estrutura, mas também da matriz alimentar (LEMOS et al., 2012).

Estes resultados demonstram que a secagem do fruto nas temperaturas de 40, 60, 80, e 100 °C degrada os compostos bioativos da amêndoa de baru, porém os torna mais disponíveis nas amostras FEMB, conseqüentemente observa-se que a secagem altera a qualidade do produto final. Inicialmente deve-se levar em consideração que as concentrações dos compostos fenólicos nos alimentos de origem vegetal são influenciadas por fatores ambientais, como tipo de solo e fatores climáticos ou por práticas agrícolas, que englobam as formas de cultivo. Além disso, os teores de fenólicos sofrem redução com o amadurecimento (ARAÚJO, 2011).

Em relação ao processamento dos alimentos de acordo com a literatura, longos tempos de processamento e a aeração no processo de secagem podem ocasionar a perda de componentes bioativos, pelo processo de oxidação (MICHALSKA et al., 2017; TONTUL E TOPUZ, 2017).

O processamento dos alimentos também pode ocasionar a formação de compostos fenólicos devido a disponibilidade de precursores de moléculas fenólicas ou por interconversão não enzimática entre moléculas fenólicas (AYDIN e GOCMEN, 2015).

A secagem pode ocasionar alta pressão de vapor e temperatura dentro do tecido vegetal ocasionando a evaporação da água intracelular, resultando na ruptura de polímeros de parede celular, que pode desencadear reações químicas que provocam alterações na estrutura lignocelulósica e promovem a desnaturação de proteínas, resultando em maior disponibilidade de compostos fenólicos na matriz da planta. Além disso, durante o processo de aquecimento pode ocorrer a formação de melanoidinas, provenientes da reação de Maillard, estas substâncias apresentam grau variável de atividade antioxidante, possivelmente ocasiona aumento da capacidade antioxidante em alimentos submetidos a tratamento térmico a altas temperaturas (DEGIRMENCIOGLU et al., 2016; AYDIN e GOCMEN, 2015; LEMOS et al., 2012;).

As amostras FAB40 e FAB60 não diferiram entre si no que se refere a atividade antioxidante e conteúdo de fenólicos totais, no entanto diferiram das amostras FABCT, FAB80 e FAB100. As amostras FAB40, FAB60, FAB80 e FAB100 apresentaram

diferenças em relação a amostra controle (FABCT) (TABELA 3.7). O conteúdo de compostos bioativos das FAB foram próximo aos valores relatados por Pineli et al. (2015) para farinha da amêndoa de baru parcialmente desengordurada, com teores de compostos fenólicos de 121,34 mg GAE^a 100 g⁻¹, e capacidade antioxidante determinada por ensaio de ABTS de 10,36 μmol trolox g⁻¹.

No entanto, os teores de fenólicos totais da FAB apresentaram-se inferiores ao conteúdo de compostos fenólicos da farinha da amêndoa controle (588,11 mg GAE^a 100 g⁻¹) (SIQUEIRA et al., 2015). Santos et al. (2016) encontraram teor de 792.74 mg GAE 100g⁻¹ amostra de amêndoa de baru fresca.

Lemos et al. (2012), avaliaram os compostos fenólicos e capacidade antioxidante das amêndoas *in natura* e torradas com casca e sem casca, relatando que a torrefação causou a redução dos compostos fenólico em castanhas de baru sem cascas. Esse resultado sugere que os compostos fenólicos das amêndoas de baru são termolábeis. A redução dos compostos fenólicos das farinhas de baru, pode estar relacionado a sensibilidade dos compostos bioativos presentes na amêndoa ao calor.

TABELA 3.8. Valores médios teores de flavonoides totais e carotenoides das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMB)		
Tratamentos	Flavonoides totais (mg EP ^b 100 g ⁻¹)	Carotenoides (μg g ⁻¹)
FEMBCT	6,70 ± 0,38 ab	10,44 ± 0,22 a
FEMB40	6,90 ± 0,40 ab	5,41 ± 0,17 bc
FEMB60	5,53 ± 0,40 b	4,82 ± 0,43 b
FEMB80	6,60 ± 0,40 ab	4,43 ± 0,35 b
FEMB100	7,66 ± 0,85 a	5,94 ± 0,09 c
CV (%)	7,81	6,24
Farinha da amêndoa de baru (FAB)		
Tratamentos	Flavonoides totais (mg EP ^b 100 g ⁻¹)	Carotenoides (μg g ⁻¹ de Luteína)
FABCT	11,23 ± 0,47 a	3,98 ± 0,30 a
FAB 40	13,82 ± 0,72 b	2,41 ± 0,17 b
FAB 60	8,22 ± 0,23 d	2,93 ± 0,13 b
FAB 80	10,16 ± 0,23 bc	2,47 ± 0,30 b
FAB 100	9,24 ± 0,47 cd	2,94 ± 0,13 b
CV (%)	4,38	10,28

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV). ^bPirocatequina equivalente.

Na TABELA 3.8, observa-se que teores médios de flavonoides das farinhas FEMBCT, FEMB40, FEMB80 não diferiram.

A FEMB60 (5,53 mg PE 100 g⁻¹) apresentou menores teores de flavonoides e os valores mais elevados foram observados na FEMB100 (7,66 mg PE 100 g⁻¹) comparativamente com a FEMBCT (6,70 mg PE 100 g⁻¹). Os diferentes tratamentos térmicos não provocaram comportamento específico no conteúdo de flavonoides das farinhas de baru.

Em relação ao conteúdo de flavonoides as amostras FAB diferiram entre os tratamentos, a amostra FAB40 se destacou apresentando teor de flavonoides de 13,82 mg PE 100 g⁻¹, a amostra FABCT (11,23 mg PE 100 g⁻¹) apresentou maior concentrações em relação as amostras FAB60 (8,22 mg PE 100 g⁻¹), FAB80 (10,16 mg PE 100 g⁻¹) e FAB100 (9,24 mg PE 100 g⁻¹) (TABELA 3.8).

Fraguas et al. (2014) realizaram um estudo avaliando amêndoas liofilizadas e torradas a 150 °C, relataram comportamento semelhante e constataram que as amêndoas torradas reduziram 30% dos compostos fenólicos e 83,28% dos flavonoides em relação às amostras liofilizadas.

O estudo de Michalska et al. (2017) avaliaram o conteúdo de flavonoides em bagaço de groselha fresca e seca por secagem convectiva nas temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90 °C, relatando que a maior queda nos teores de flavonoides totais foi observada durante entre 50 °C e 60 °C, enquanto um aumento adicional na temperatura não causou a redução no teor desses compostos.

Azeez et al. (2017), avaliando o efeito da secagem do tomate em estufa a vácuo nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, observaram os teores de flavonoides e de β – caroteno diminuiu com o aumento da temperatura e do tempo de secagem.

Com relação ao conteúdo de carotenoides, os tratamentos de secagem do fruto apresentaram diferenças no teor de carotenoides das farinhas FEMB e FAB comparativamente com as amostras controles (FEMBCT e FABCT) (TABELA 3.8).

Observa-se que ocorreu a redução de teor de carotenoides nas farinhas produzidas a partir submetidos a tratamento térmico.

As amostras FEMB60 e FEMB80 não diferiram entre si em relação ao conteúdo de carotenoides, o mesmo comportamento foi observado entre os tratamentos das amostras FAB40, FAB60, FAB80 e FAB100 (TABELA 3.8).

Siqueira et al. (2015), avaliaram três produtos as amêndoas inteiras a farinhas de amêndoas de baru in natura e a farinha de baru autoclavadas a 130 °C, e verificaram que os teores de carotenoides foram respectivamente 11, 40 ($\mu\text{g g}^{-1}$) 1,43 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 1,47 ($\mu\text{g g}^{-1}$). Não houve diferenças entre as farinhas in natura e a submetida a tratamento térmico. Possivelmente, o processamento térmico não é o único fator que pode ter degradado os carotenoides da FAB.

Scala e Crapisteb. (2008), avaliaram o teor de carotenoides em pimentas secas a 50, 60 e 70 °C em secador experimental de fluxo cruzado com ar e velocidade de ar de 0,2 e 1,2 m s⁻¹. Neste estudo, observaram que o aumento na temperatura do ar de secagem tem efeito negativo na qualidade dos carotenoides.

Melo e Andrade (2010), avaliaram as farinhas da casca do fruto umbu, as quais apresentaram teores de carotenoides totais (equivalente de β -caroteno) de 6,31 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 7,47 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente para farinha de resíduos de umbu maduro e farinha de resíduos de umbu semimaduro. A redução do teor de carotenoides com a elevação da temperatura, pode estar relacionada a solubilidade dos carotenoides em gorduras, uma vez que os tratamentos de secagem das farinhas de baru, promoveram a redução do conteúdo de lipídeos das farinhas (Tabela 3.2).

Embora a secagem tenha degradado o conteúdo de carotenoides, as amostras submetidas a secagem apresentaram valores mais elevados do conteúdo de antioxidantes e compostos fenólicos comparativamente com a farinha controle. Diferentes tipos de compostos fenólicos apresentam diferentes atividades antioxidantes, que dependem da sua estrutura (CHEN et al., 2017).

Nas FIGURA 3.2 e FIGURA 3.3, estão apresentados os espectros de infravermelho transformada de Fourier (FTIR) de absorção, das amostras FEMB e FAB. Verifica-se na FIGURA 3.2 a diminuição da intensidade das bandas nas regiões de 800 a 1200 cm^{-1} , 1047 cm^{-1} para os tratamentos FEMB40, FEMB60 e FEMB100 (FIGURA 3.7).

De acordo com Chen et al. (2017), a região de 800 a 1200 cm^{-1} representam as vibrações de alongamento de ligações entre C-C, C-OH e C-H. As bandas de 1047 e 1022 cm^{-1} estão relacionadas às estruturas ordenadas e amorfas do amido.

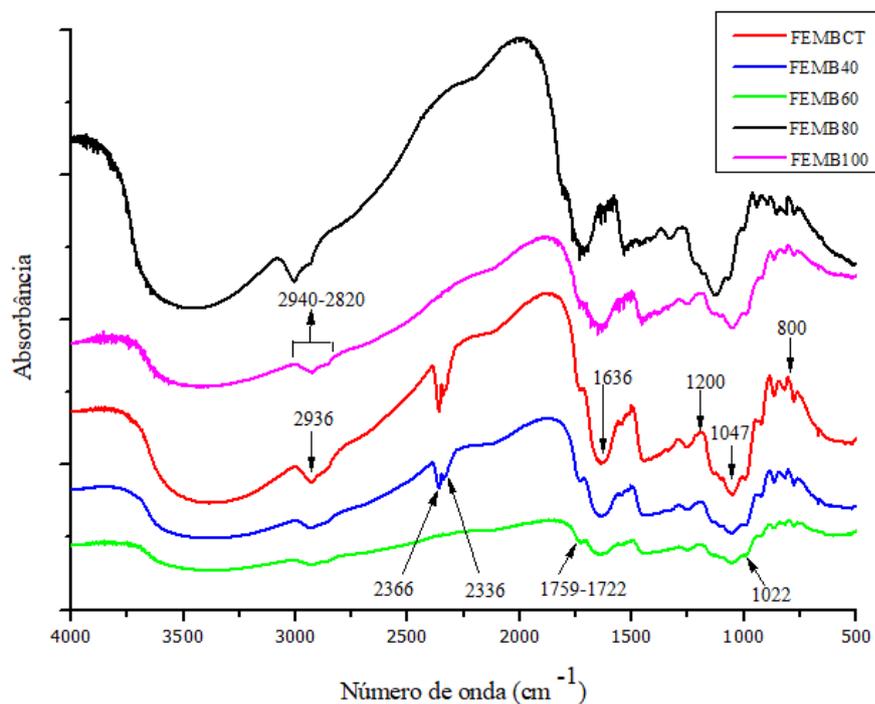


FIGURA 3.2. Espectros de infravermelho de transformada de Fourier (FTIR) absorção das farinhas produzidas a partir do epicarpo e mesocarpo de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

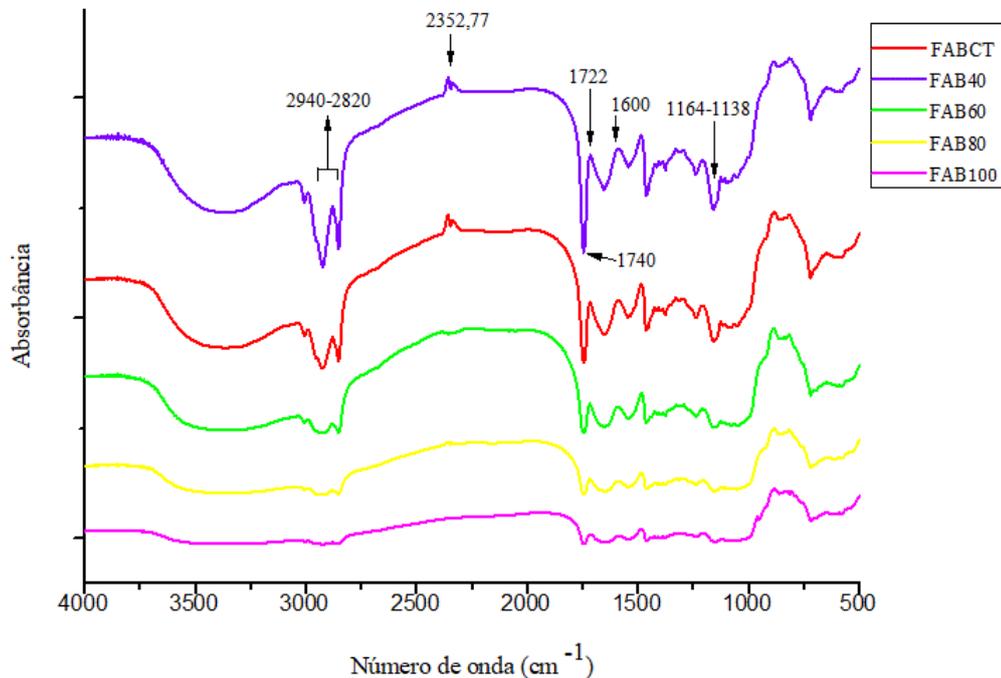


FIGURA 3.3. Espectros de infravermelho de transformada de Fourier (FTIR) absorção das farinhas da amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Verifica-se nas FIGURA 3.2 e FIGURA 3.3, a presença de bandas na região de 1400- 900 cm^{-1} . Na FIGURA 3.3, a intensidade das bandas na região de 1138-1164 cm^{-1} reduziu de acordo que aumentou a temperatura do tratamento térmico das amostras.

Bandas nas regiões de absorvância de 1138- 1165 cm^{-1} e 1400- 900 cm^{-1} são características dos carboidratos (CRAIG et al., 2015).

Na FIGURA 3.2, estão representadas as bandas referentes às deformações moleculares das FEMB, é possível verificar a presença da banda 1636,56 cm^{-1} a menor intensidade desta banda foi observada na amostra FEMB60 as amostras FEMB40, FEMB100 também apresentaram redução comparativamente com a amostra FEMBCT.

As amostras FEMBCT, FEMB40, FEMB60 e FEMB100 (FIGURA 3.2) apresentaram banda na região de 1636 cm^{-1} de diferentes intensidades, banda nessa região pode ser atribuída as vibrações da molécula H-O-H (BASHIR et al., 2017).

Ocorreu a redução da intensidade das bandas na região 1740-1600 cm^{-1} e 1722-1759 cm^{-1} nas amostras FAB60, FAB80 e FAB100 comparativamente com a FABCT (FIGURA 3.3). As bandas na região 1740-1600 cm^{-1} podem ser atribuídas aos grupos amida I e amida II, os quais estão associados às proteínas (LEÃO et al., 2017). E, as bandas na região 1722-1759 cm^{-1} podem ser atribuídas aos lipídeos (CRAIG et al., 2015).

Somente as amostras FEMBCT e FEMB40 (FIGURA 3.2) apresentaram bandas na região de 2366-2336 cm^{-1} , indicando possíveis perdas de substâncias em razão da secagem em temperaturas mais elevadas (60, 80 e 100 °C). Na FIGURA 3.3, também pode ser observado que a secagem provocou diminuição nas intensidades da banda na região de 2352,77 cm^{-1} à medida que aumentou a temperatura de secagem.

A presença de bandas de 3100 e 2000 cm^{-1} estão associadas a presença de grupos N-H e NH_3 , na região 3352 cm^{-1} ocorre a presença de amida primária assimétrica (SILVERSTEIN; WEBSTER e KIEMLE, 2005).

As amidas são componentes das proteínas a redução da intensidade das bandas na 2366 – 2336 cm^{-1} , pode ter ocorrido em razão da perda de proteínas. As proteínas sofrem desnaturação induzida pela exposição a alta temperatura (DENG et al., 2014).

Na FIGURA 3.2, podem ser observados que as bandas na região 2940-2820 cm^{-1} , principalmente na região 2936 cm^{-1} das amostras FEMB40, FEMB60 e FEMB100 sofreram redução da intensidade de acordo com o aumento da temperatura de secagem. As amostras FAB60, FAB80 e FAB100 apresentaram comportamento semelhante na região 2940-2820 cm^{-1} (FIGURA 3.3).

A absorção referente a deformação axial de C-H ocorre na região de 3000 – 2840 cm^{-1} . A banda de 2936 cm^{-1} pode ser observada na FIGURA 3.7, representa a deformação axial de C-H. (SILVERSTEIN; WEBSTER e KIEMLE, 2005).

De acordo com Craig et al. (2015) as bandas na região 2940-2820 cm^{-1} estão associadas ao alongamento simétrico e assimétrico das ligações envolvendo CH nos grupos CH_2 e CH_3 . A presença do alongamento assimétrico e simétrico de CH_2 está fortemente relacionado à presença de lipídios, assim como bandas nas regiões 2810-2848 cm^{-1} , 2908-2920 cm^{-1} .

3.4. CONCLUSÃO

A secagem dos frutos baru (*Dipteryx alata* Vog.) propicia a redução do teor de água inicial, pH e acidez, lipídeos e sólidos solúveis. A massa específica aparente das amostras FEMB reduziram com o aumento da temperatura de secagem, no entanto as FAB80 e FAB100 apresentaram comportamento inverso. A secagem não altera o conteúdo de cinzas, das farinhas (FEMB e FAB) apresentaram significativos teores de potássio, cálcio, fósforo zinco e cobre.

As amostras de FEMB submetidas ao tratamento térmico apresentaram maiores conteúdos de compostos fenólicos, atividade antioxidante e conteúdo de flavonoides exceto para o tratamento FEMB100, no entanto degradou os carotenoides. Observou-se a degradação dos fenólicos totais, atividade antioxidante, flavonoides e carotenoides nas amostras de FAB. Os resultados da análise FT-IR demonstram que a secagem pode ocasionar possíveis perdas de nutrientes nas farinhas (FEMB e FAB), principalmente nas temperaturas mais elevadas.

Tanto as amostras de FEMB, quanto as FAB apresentaram potencial para enriquecer alimentos, estas farinhas podem ser uma alternativa de alimento sem glúten, e com expressivos teores de compostos bioativos.

3.5 REFERÊNCIAS

- AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9 ed. Saint Paul, 2000.
- ABDUL AZIZ, N. A., LEE, M. W., RAJEEV, B., & LAI, H. C. Evaluation of processed green and ripe mango peel and pulp flours (*Mangifera indica* var. Chokanan) in terms of chemical composition, antioxidant compounds and functional properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 3, p. 557 – 563, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Farinhas**. Resolução CNNPA n. 12. Diário Oficial da União, 1978. Disponível em:< http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78_farinhas.htm>. Acesso em: 20/12/2015.

AGÊNCIA NACIONAL DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Resolução RDC Nº 269, de 22 de setembro de 2005. Diário Oficial da União, 2005. Disponível em:< <http://coffito.gov.br/nsite/wp-content/uploads/2016/08/resoluo-rdc-n-269-2005-ingesto-diria-recomendada-idr-de-protenas-vitaminas-e-minerais.pdf>>. Acesso em: 20/05/2017.

ALVES, A. M.; MENDONÇA, A. L. de; CALIARI, M.; CARDOSO SANTIAGO, R. de. A. Avaliação química e física de componentes do baru (*Dipteryx alata* Vog.) Para estudo da vida de prateleira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 266-273, 2010.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official methods of Analysis. 16ed, 3rd rev, 1997.

ARAÚJO, J. M. A. Química de Alimentos: teoria e prática. 5 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 601 p.

ARAUJO, W. O. de.; SANTOS, D. M. dos.; ASCHERI, D. P. R. Otimização do processo de extração de açúcares redutores da Polpa do baru. **Revista Agrotecnologia**, v. 4, n. 2, p. 118 - 133, 2013.

ARICI, M.; YILDIRIM, R. M.; OZÜLKÜ, G.; YAS, B.; TOKER, O. S. Physicochemical and nutritional properties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour as affected by drying temperature and air velocity. **Food Science and Technology**, v. 74, n. 1, p. 434 – 440, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: A.O.A.C. 17th ed., 2000.

AYDIN, E; GOCMEN, D. The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. **Food Science and Technology**, v. 60, n.1, p. 385-392, 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** (2017). Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2017.03.002>>. Acesso: 17 de maio de 2017.

BASHIR, K.; SWER, T. L.; PRAKASH, K. S.; AGGARWAL, M. Physico-chemical and functional properties of gamma irradiated whole wheat flour and starch. **Food Science and Technology**. v. 76, n.1, p. 131 – 139, 2017.

BENTO, A.P. et al. Baru almond improves lipid profile in mildly hypercholesterolemic subjects: a randomized, controlled, crossover study. **Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases**, v.24, p.1330-1336, 2014.

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.

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

- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília 23 set. 2005.
- BRITO, A. L. B.; OLIVEIRA, A. F.; NOGUEIRA, A. R. A.; PESSOA, A. G. G.; PONTES, L. F. B. L. Determination of inorganic constituents and physicochemical characterization of functional flour samples. **Microchemical Journal**, v. 132, n.1, p. 112–118, 2017.
- CAETANO, K. A.; CEOTTO, J. M.; RIBEIRO, A. P. B.; MORAIS, F. P. R. de.; FERRARI, R. A.; PACHECO, M. T. B.; CAPITANI, C. D. Effect of baru (*Dipteryx alata* Vog.) addition on the composition and nutritional quality of cookies. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 239-245, 2017.
- CANUTO, G. A. B., XAVIER, A. A. O., NEVES, L. C., & BENASSI, M. D. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, n. 32, v. 4, p. 1196-1205, 2010.
- CAPARINO, O.A., TANG, J., NINDO, C.I., SABLANI, S.S., POWERS, J.R., FELLMAN, J.K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine 'Carabao' var.*) powder. **Journal of Food Engineering**, v.111, n.1, 135-148, 2012.
- CARMO, C. A. F. DE. S. DO.; ARAÚJO, W. S. DE. BERNARDI, A. C. DE. C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na EMBRAPA solos**. Embrapa Solos. Circular Técnica. 21. Ed, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000, 41 p.
- CARVALHO, A. A.; BARBOSA, E. S. P.; SIQUEIRA, K. F. Aproveitamento de Resíduos de Processamento de Castanha de Baru para Desenvolvimento de Gelado Comestível. **Revista Processos Químicos**, v. 10, n. 20, p. 287-293, 2016.
- CAVENDER, G., LIU, M., HOBBS, D., FREI, B., STRIK, B., & ZHAO, Y. Effects of different organic weed management strategies on the physicochemical, sensory, and antioxidant properties of machine-harvested blackberry fruits. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 10, p. 2107 - 2116, 2014.
- CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. 1 ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.
- CHEN, X.; LI, X.; MAO, X.; HUANG, H.; WANG, T.; QU, Z.; MIAO, J.; GAO, W. Effects of drying processes on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant properties of yam flours. **Food Chemistry**, v. 224, n.1, p. 224–232, 2017.
- CHU, YANG-HWA.; CHANG, CHAO-LIN.; HSU, HSIA-FEN. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 5, p. 561 – 566, 2000.
- CISNEROS, M.; BENAVIDES, J.; BRENES, C. H.; RITO-PALOMARES, M. Recovery in aqueous two-phase systems of lutein produced by the green microalga *Chlorella protothecoide*. **Journal of Chromatography B**, v. 807, n.1, p. 105-110, 2004.
- COELHO, L. M.; WOSIACKI, G. Avaliação sensorial de produtos panificados com adição de farinha de bagaço de maçã. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 582-588, 2010. SOQUETTA, M. B.; STEFANELLO, F. S.; HUERTA, K. DA, M.; MONTEIRO, S. S.; ROSA, C. S. DA.; TERRA, N. N. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made

- from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry**, n.1, v. 199, p. 471–478, 2016.
- COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jervá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. **Food Research International**, v. 44, n.7, p. 2139–2142, 2011.
- CORRÊA, S. C.; CLERICI, M. T. P. S.; GARCIA, J. S.; FERREIRA, E. B.; EBERLIN, M. N.; AZEVEDO, L. Evaluation of dehydrated marolo (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying. **Food Research International**, v. 44, n.7, p. 2385–2390, 2011.
- CORRÊA, S.C.; CLERICI, M.T.P.S.; GARCIA, J.S.; FERREIRA, E.B.; EBERLIN, M.N.; AZEVEDO, L. Evaluation of dehydrated marolo (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying. **Food Research International**, n.1, v. 44, p. 2385–2390, 2011.
- CRAIG, A. P.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; IRUDAYARAJ, J.; ILELEJI, K. Fourier transform infrared spectroscopy and near infrared spectroscopy for the quantification of defects in roasted coffees. **Talanta**, v. 134, n. 1, p. 379–386, 2015.
- DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Química de Alimentos de Fennema. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.
- DEGIRMENCIOGLU, N.; GÜRBÜZ, O.; HERKEN, E. N.; YILDIZ, A. Y. The impact of drying techniques on phenolic compound, total phenolic content and antioxidant capacity of oat flour tarhana. **Food Chemistry**, v. 194, n.1, p. 587–594, 2016.
- DENG, Y.; LUO Y.; WANG, Y.; YUE, J.; LIU, Z.; ZHONG, Y.; ZHAO, Y.; YANG, H. Drying-induced protein and microstructure damages of squid fillets affected moisture distribution and rehydration ability during rehydration. **Journal of Food Engineering**. v. 123, p. 23–31, 2014.
- DEWANTO, V.; WU, X.; ADOM, K. K.; LIU, A. R. H. Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 10, p. 3010–3014, 2002.
- DING, S. H.; AN, K. J.; ZHAO, C. P.; LI, Y.; GUO, Y. H.; WANG, Z. F. Effect of drying methods on volatiles of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 3, p. 515-524, 2012.
- FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C. DE.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 524-529, 2007.
- FAZAELI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; ASHTARI, A. K.; OMID, M. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and bioproducts processing**, v. 90, n. 4, p. 667–675, 2012.
- FDA- Food and Drug Administration. **Orientação para a Indústria: Um Guia de Rotulagem de Alimentos** (14. Apêndice F: Calcular a Porcentagem de Valor Diário para os Nutrientes Apropriados). Disponível em <<http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/LabelingNutrition/ucm064928.htm>> (2013). Acesso: acessado em 20.05.17).
- FERNANDES, A. F; PEREIRA, J; GERMANI, R; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* Linu). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n.1, p. 56-65, 2008.
- FERNANDES, D. C.; FREITAS, J. B.; CZEDERA, L. P.; NAVESB, M. M. V. Nutritional composition and protein value of the baru (*Dipteryx alata* Vog.) almond from the Brazilian Savanna. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n.10, p. 1650–1655, 2010.

- FERREIRA, R. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. de. M. Caracterização morfológica de fruto, semente, plântula e muda de *Dipteryx alata* Vogel - baru (leguminosae papilionoideae). **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 073-087, 1998.
- FILGUEIRAS, T. S.; SILVA, E. Estudo preliminar do baru. **Brasil Florestal**, v. 6, n. 22, p. 33-39, 1975.
- FRAGUAS, R. M.; SIMÃO, A. S.; LEAL, R. S.; SANTOS, C. M.; ROCHA, D. A.; TAVARES, T. S.; MARQUES, T. R.; DUARTE, M. H.; MARCUSSI, S.; ABREU, C. M. P. Chemical composition of processed baru (*Dipteryx alata* Vog.) almonds: Lyophilization and roasting. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 13, p. 1061-1069, 2014.
- GROSS, J. **Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 351p.
- JIHÉNE, L.; AMIRA, T.; SABER, C.; FETHI, Z. Impact of Infra-red drying temperature on total phenolic and flavonoid contents, on antioxidant and antibacterial activities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, v. 6, n. 5, p. 38-46, 2013.
- KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química Geral e Reações Químicas**. v. 1, 6 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 611 p.
- LEÃO, D. L.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; BASTOS, R.; COIMBRA, M. A. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v. 225, p. 146–153, 2017.
- LEÃO, D. L.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; BASTOS, R.; COIMBRA, M. A. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v. 225, p. 146–153, 2017.
- LEMO, M. R. B.; SIQUEIRA, E. M. de. A.; ARRUDA, S. F.; ZAMBIAZI, R. C. The effect of roasting on the phenolic compounds and antioxidant potential of baru nuts (*Dipteryx alata* Vog.). **Food Research International**, v. 48, n. 2, p. 592–597, 2012.
- LIMA, B.N.B.; LIMA, F.F.; TAVARES, M.I.B.; COSTA, A.M.M.; PIERUCCI, A.P.T.R. Determination of the centesimal composition and characterization of flours from fruit seeds. **Food Chemistry**, n.1, v. 151, p. 293–299, 2014.
- LIMA, J. C. R.; FREITAS, J. B. de; CZEDER, L. de. P; FERNANDES, D. C; NAVES, M. M. V. Qualidade microbiológica, aceitabilidade e valor nutricional de barras de cereais formuladas com polpa e amêndoa de baru. **Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 331-343, 2010.
- MADRAU, M. A.; PISCOPO, A.; SANGUINETTI, A. M.; CARO, A. D.; POIANA, M.; ROMEU, F. V.; PIGA, A. Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. **European Food Research and Technology**, v. 228, n.3, p. 441– 448, 2009.
- MAGALHÃES, R. M. A cadeia produtiva da amêndoa do baru (*Dipteryx alata* vog.) no cerrado: uma análise da sustentabilidade da sua exploração. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 665-676, 2014.
- MANIGLIA, B. C.; TAPIA-BLACIDO, D. R. Isolation and characterization of starch from babassu mesocarp. **Food Hydrocolloids**, v. 55, n. 1, p. 47 – 55, 2016.
- MELO, E. de, A.; ANDRADE, R. A. M. de. S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 3, p. 453-457, 2010.

- MENSINK, M. A.; FRIJLINK, H. W.; MAARSCHALK, K. V. D. V.; HINRICHS, W. L. J. How sugars protect proteins in the solid state and during drying (review): Mechanisms of stabilization in relation to stress conditions. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 114, n. 1, p. 288–295, 2017.
- MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington, DC: US Department of Agriculture, 1973 (Agriculture Handbook, 74).
- MICHALSKA, A.; WOJDYŁO, A.; ŁYSIAK, G. P, LECH, K.; FIGIEL, A. Functional relationships between phytochemicals and drying conditions during the processing of blackcurrant pomace into powders. **Advanced Powder Technology**, v. 28, n. 5, p. 1340–1348, 2017.
- MUZAFFAR, K; KUMAR, P. Moisture sorption isotherms and storage study of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, v. 291, n.1, p. 322–327, 2016.
- NENADIS, N.; WANG, L.F.; TSIMIDOU, M. ZHANG, H.Y. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS·+ assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 15, p. 4669–4674, 2004.
- OLIVEIRA, M. I. B; SIGRIST, M. R. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Bot Revista Brasileira De Botânica**, v. 31, n. 2, p. 195-207, 2008.
- ORTOLAN, A. V.; EING, K. K. C.; SANTOS, M. M.R.; CANDIDO, C. J.; SANTOS, E. F. dos. S. NOVELLO, D. Adição de farinha de baru em cupcakes: caracterização físico-química e sensorial entre crianças. **O Mundo da Saúde**, v. 40, n. 2, p. 213-220, 2016.
- PEREDA, J. A. O.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L.F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. de. F.; PERALES, L. de la. H. CORTECERO, M. D. S. **Tecnologia de Alimentos**. v. 1, Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.
- 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.
- PIGA, A.; CARO, A. D.; CORDA, G. From Plums to Prunes: Influence of Drying Parameters on Polyphenols and Antioxidant Activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 12, p. 3675–368, 2003.
- PINELI, L. de. L. de. O.; CARVALHO, M. V. de.; AGUIAR, L. A. de.; OLIVEIRA, G. T. de.; CELESTINO, S. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; CHIARELLO, M. D. Use of baru (Brazilian almond) waste from physical extraction of oil to produce flour and cookies. **Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 50-55, 2015.
- ROCHA, L. S.; CARDOSO SANTIAGO, R. de. A. Implicações nutricionais e sensoriais da polpa e casca de baru (*Dipteryx alata* Vog.) na elaboração de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 820-825, 2009.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A Guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI, 2001. 64 p.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO E. S. de.; MORAIS, S. M. de.; SAMPAIO C. de. G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; CALIXTO-SAURA, F. D. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Comunicado Técnico. **Embrapa**, v. 127, p. 1-4, 2007.
- SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J.A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, n. 2, p.270-276. 1998.

- SANO, S. M.; RIBEIRO, J. P.; BRITO, M. A. **Baru**: biologia e uso. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. (Documentos, 116).
- SANTHALAKSHMY, S.; DON BOSCO, S. J.; 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, P. DOS.; AGUIAR, A. C. DE.; VIGANÓ, J.; BOEING, J. S.; VISENTAINER, J. V.; MARTÍNEZ, J. Supercritical CO₂ extraction of cumbaru oil (*Dipteryx alata* Vogel) assisted by ultrasound: Global yield, kinetics and fatty acid composition. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 107, n. 1, p. 75–83, 2016.
- SCALA, K. D.; CRAPISTE, G. Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper. **Food Science and Technology**, v. 41, n. 5, p. 789–795, 2008.
- SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G. MARTINS, D. M. de. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.
- SILVA, M. R.; SILVA, M. S.; MARTINS, K, A.; BORGES, S. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcares. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 21, n. 2, p. 176-182, 2001.
- SILVA, P.S.L.; SÁ, W.R.; MARIGUELE, K.H.; BARBOSA, A.P.R.; OLIVEIRA, O.F. Distribuição do teor de sólidos solúveis totais em frutos de algumas espécies de clima temperado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 15, n. 1/2, p.19-23, 2002.
- SILVERSTEIN, Robert M.; WEBSTER, Francis X.; KIEMLE, David J. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 7. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2005.
- SIQUEIRA, A. P. S; PACHECO, M. T. B; NAVES, M. M. V. Nutritional quality and bioactive compounds of partially defatted baru almond flour. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 1, p. 127-132, 2015.
- SNIFFEN, C.J.; PEREZ, V. D. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, n.11, p. 3562-3577, 1992.
- SOQUETTA. M. B; STEFANELLO, F. S; HUERTA, K. da. M; MONTEIRO, S. S; ROSA, C. S. da; TERRA, N. N. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry**, v.199, n.1, p. 471–478, 2016.
- SOUSA, A. G. DE. O.; FERNANDES, D. C.; ALVES, A. M.; FREITAS, J. B. DE.; NAVES, M. M. V. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2319–2325, 2011.
- TACO-Tabela brasileira de composição de alimentos. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 4 ed. Campinas (SP): NEPA/UNICAMP; 2011.
- TAKEMOTO, E.; OKADA, I. A.; GARBELOTTI, M. L.; TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S. Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 60, n. 2, p. 113-117, 2001. TAN, X.; LI, X.; CHENA, L.; XIE, F.; LI, L.; HUANGC, J. Effect of heat-moisture treatment on multi-scale structures and physicochemical properties of breadfruit starch. *Carbohydrate Polymers*. v. 161, n. 1, p. 286–294, 2017.
- TALCOTT, S. T.; HOWARD, L. R. Phenolic Autoxidation Is Responsible for Color Degradation in Processed Carrot Puree. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 5, p. 2109-2115, 1999.
- TOGASHI, M.; SGARBIERI, V. C. Caracterização química parcial do fruto do baru.

Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 14, n. 1, p. 85-95, 1994.

TONTUL, I.; TOPUZ, A. Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). Food Science and Technology, v. 80, n. 1, p. 294 – 303, 2017.

VALLILO, M. I.; TAVARES, M.; AUED, S. Composição química da polpa e da semente do fruto do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog) - caracterização do óleo da semente. Revista do Instituto Florestal. v. 2, n. 2, p. 115-125, 1990.

VERA, R.; SOARES JUNIOR, M. S.; NAVES, R. V.; SOUZA, E. R. B. de; FERNANDES, E. P.; CALIARI, M.; LEANDRO, W. M. Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no cerrado do estado de Goiás, Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 31, n. 1, p. 112-118, 2009.

WANIA, I. A.; WANIA, A. A.; GANIA, A.; MUZZAFFARA, S.; GULB, M. K.; MASOODIA, F. A.; WANIA, T. A. Effect of gamma-irradiation on physico-chemical and functional properties of arrowhead (*Sagittaria sagittifolia* L.) tuber flour. Food Bioscience, v. 11, n. 1, p. 23–32, 2015.

4. CAPITULO II

EFEITO DA SECAGEM DOS FRUTOS DE BARU (*Dipteryx alata Vogel*) SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS E FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DA FARINHAS DA AMÊNDOA, EPICARPO E MESOCARPO

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da secagem sobre características físicas e tecnológicas funcionais de farinhas de baru, produzidas da amêndoa, epicarpo e mesocarpo de frutos isentos de secagem e de frutos submetidos à secagem artificial por convecção de ar quente nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C. Avaliou-se a cor, a granulometria, as microestruturas, índices de absorção em água, leite e óleo, índices de solubilidade em água e leite, atividade emulsificante, estabilidade da emulsão, capacidade de formação e estabilidade de espuma das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) denominada farinha controle produzida do fruto isentos de tratamento térmico (FEMBCT; FABCT), farinhas produzidas dos frutos desidratados a 40 °C (FEMB40; FAB40) a 60°C (FEMB60; FAB60) a 80 °C (FEMB80; FAB80) e a 100 °C (FEMB100; FEAB100). As amostras FEMB e FAB apresentaram-se mais escuras com o aumento da temperatura de secagem. As amostras FEMB80 e FEMB100 expressaram menores valores de atividade emulsificante, estabilidade da emulsão, capacidade de formação de espuma e estabilidade de espuma. As amostras FEMB60 e FAB80 apresentaram vantagens em relação a capacidade de formação de espuma e estabilidade de espuma, a atividade emulsificante e estabilidade da emulsão das amostras FEMB60 e FAB100 apresentaram valores elevados. As avaliações das imagens de microscopias eletrônica de varredura (MEV) demonstraram alterações e perdas de nutrientes.

Palavras-chave: Cor; Qualidade tecnológica funcional; Microscopia Eletrônica de Varredura.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of drying on functional and technological characteristics of baru flour produced from kernel, epicarp and mesocarp of fruits heat-free and fruit submitted to artificial drying by convection of hot air at temperatures of 40, 60, 80 and 100 ° C. It was evaluated the color, grain size, microstructures, water absorption index, milk and oil index, water and milk solubility index, emulsifying activity, emulsion stability, formability and foam stability of the barley flour (*Dipteryx* (FABCT), flour produced from dehydrated fruits at 40°C (FEMB40; FAB40) at 60°C (FEMB60; FAB60) at 80°C (FEMB80; FAB80) and at 100°C (FEMB100, FEAB100). The FEMB and FAB samples were darker with increasing drying temperature. The FEMB80 and FEMB100 samples expressed lower values of emulsifying activity, emulsion stability, foamability and foam stability. The FEMB60 and FAB80 samples presented advantages in terms of foamability and foam stability, emulsifying activity and emulsion stability of the FEMB60 and FAB100 samples

presented high values. Scanning electron microscopy (SEM) image evaluations showed changes and nutrient losses.

Key words: Color; functional technological quality; Scanning Electron Microscopy.

4.1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, reúne 5% da flora mundial e dispõe de um terço da biodiversidade nacional (PINELI et al., 2015). Apresenta clima sazonal, quente típico, semiúmido, com verões chuvosos e invernos secos, contudo as condições climáticas extremas, não impedem que espécies de plantas como o *Dipteryx alata* produza frutos com elevado valor nutricional (SIQUEIRA et al., 2012).

O baruzeiro (*Dipteryx alata* Vog.) frutifica de agosto a outubro, produz frutos marrons que contêm uma única amêndoa oleaginosa comestível em seu interior, tanto a polpa quanto a amêndoa são comestíveis (SOUSA et al., 2011).

Um dos problemas que desafia a produção de frutas é a alta perecibilidade, a deterioração pós-colheita que resulta em danos a qualidade e desperdícios (CHEN, 2017).

Uma alternativa para reduzir as perdas pós-colheita dos frutos e o processo de secagem, que reduz a atividade de água, inibe a deterioração microbiana e reações químicas que conduzem à deterioração dos alimentos. Além disso, auxilia na preservação, armazenamento, e redução de custos no transporte dos alimentos, os mesmos apresentam-se mais leves em razão da perda de água (SURIYA et al., 2016).

A caracterização química do valor nutricional de frutos do cerrado são informações importantes para aplicação tecnológica, avaliação do consumo, formulação de novos produtos (SILVA et al., 2008).

O processamento dos alimentos sob a forma de farinha apresenta vantagens, em razão da diminuição do volume em virtude da retirada da água livre, reduzindo as reações químicas e microbiológicas, e tornando os ingredientes mais seguros, além de concentrar ou mesmo tornar mais disponíveis substâncias como os compostos bioativos, fibras e minerais (SOQUETTA et al., 2016).

Grande parte dos ingredientes granulares como farinha geralmente não são consumidos na forma de pó, muitos são utilizados como ingredientes e submetidos a processamento adicional tais como reidratação, mistura, extrusão, formulação, dentre outros. Muitos destes produtos possuem natureza físico-química complexa e substâncias

reativas, desse modo é importante estudar as características tecnológicas dos alimentos para entender melhor o seu potencial de uso final (CORREIA et al., 2017).

As propriedades funcionais das farinhas são influenciadas por componentes químicos, que são determinados por fatores genéticos e condições pós-colheita de frutos. O conhecimento da capacidade de ligação à água, solubilidade, viscosidade, capacidade emulsionante, espumante e gelificante são de grande importância uma vez que estas propriedades funcionais intervêm na preparação, processamento, armazenamento e características sensoriais dos alimentos (CORREIA e COSTA., 2012).

Devido ao baru ser um fruto sazonal, o processamento do fruto em forma de farinha pode ser uma alternativa para reduzir as perdas pós-colheita do material, e incentivar o consumo de frutas nativas do cerrado. Assim, o objetivo neste estudo foi avaliar o efeito da secagem sobre características físicas e tecnológicas funcionais de farinhas de baru, produzidas da amêndoa, epicarpo e mesocarpo de frutos isentos de tratamento térmico e de frutos submetidos à secagem artificial por convecção de ar quente nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos foram coletados no município de Santa Helena Goiás, GO, a 17°48' S 50°35' O e altitude de 568 metros.

Os frutos foram colhidos com teor de água de 43% (b.s.) após a sua queda no solo, os mesmos foram sanitizados e submetidos à secagem em estufa de circulação de ar nas temperaturas de 40, 60, 80, 100 °C que proporcionaram as umidades relativas médias de 25,1; 12,2; 5,3 e 1,7%, a secagem dos frutos prosseguiu até os mesmos apresentarem massa constante. Os frutos foram imersos em água destilada por 18 horas para extração do epicarpo, mesocarpo e amêndoa.

As amêndoas foram extraídas utilizando um equipamento de quebrar coco de baru (Pitbul - Metal mix), a polpa foi extraída juntamente com o mesocarpo utilizando uma faca de aço inox.

As amostras foram submetidas a secagem a 40 °C por 24 horas em estufa com circulação de ar para produção da farinha, em seguida foram moídas e peneiradas (peneira de 1 mm). As amostras de farinhas foram armazenadas em B.O.D. a 2 °C, até a realização das análises.

Foram produzidas as seguintes farinhas:

- Farinha do epicarpo e mesocarpo dos frutos isentos de tratamento térmico (FEMBCT);
- Farinha do (epicarpo + mesocarpo) de frutos desidratados a 40 °C (FEMB40);
- Farinha do (epicarpo + mesocarpo) de frutos desidratados a 60 °C (FEMB60);
- Farinha do (epicarpo + mesocarpo) de frutos desidratados a 80 °C (FEMB80);
- Farinha do (epicarpo + mesocarpo) de frutos desidratados a 100 °C (FEMB100);
- Farinha da amêndoa dos frutos isentos de tratamento térmico (FABCT);
- Farinha da amêndoa de frutos desidratados a 40 °C (FAB40);
- Farinha da amêndoa de frutos desidratados a 60 °C (FAB 60);
- Farinha da amêndoa de frutos desidratados a 80 °C (FAB 80);
- Farinha da amêndoa de frutos desidratados a 100 °C (FAB 100).

4.2.1. Determinação de cor

As avaliações da cor das amostras foram realizadas segundo o método AACC 14-22. Utilizou-se o espectrofotômetro ColoFlex EZ, que avalia os atributos da cor pelo sistema da Comissão Internacional de Iluminação (CIELAB).

Os resultados foram expressos em L* (define luminosidade), ângulo Hue em h°, Chroma em C*, parâmetro a* (mede a intensidade do verde/vermelho) e b* (mede a intensidade azul/amarelo). As amostras foram pesadas e em seguida submetidas à leitura no aparelho (AACC, 2000; CIE, 2004).

Foram realizadas três medidas para cada amostra sendo avaliados a saturação da cor Chroma (Equação 1), o ângulo Hue (Equação 2) (ABNT, 1992).

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$h = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

em que:

a*: Cromaticidade verde-vermelho;

b*: Cromaticidade azul-amarelo;

C*: Chroma;

h° : Hue ($^\circ$);

4.2.2. Índices de absorção (IA) e Índices de solubilidade (IS)

Os índices de absorção em água, leite, e óleo, e índices de solubilidade em água e em leite, foram avaliados de acordo com Anderson et al. (1969), com adaptações.

Foram pesados em tubo de ensaio 1,0 g de amostra, e adicionados 10 mL do solvente. Os tubos foram agitados e centrifugados a 3000 rpm durante 40 minutos.

O líquido sobrenadante foi transferido para cadinhos de alumínio e submetidos a secagem em estufa a 105 $^\circ$ C por três horas.

O gel excedente no tubo da centrífuga foi pesado. O índice de absorção foi determinado a partir do resíduo da evaporação e do sobrenadante conforme equação 3.

$$IA = \frac{MRC}{MA} \cdot MRE \quad (3)$$

em que:

IA= Índices de absorção;

MRC= Massa do resíduo da centrífuga em gramas;

MA= Massa da amostra em gramas;

MRE= Massa do resíduo da evaporação em gramas;

Os índices de solubilidade em água e leite foram determinados pela relação entre a massa do resíduo da evaporação e a massa seca da amostra segundo a equação 4:

$$IS = \frac{MRE}{MA} \cdot 100 \quad (4)$$

em que:

IS = Índice de solubilidade, %;

MA= Massa da amostra, g;

MRE= Massa do resíduo da evaporação, g;

]

4.2.3. Atividade emulsificante e Estabilidade da emulsão

Para determinar a atividade emulsificante, foram adicionados 7 g de farinha em 100 ml de água destilada em seguida foram adicionados 100 ml de óleo de soja. A mistura foi emulsionada em um agitador de haste por 1 min.

A emulsão formada foi adicionada uniformemente em quatro tubos de centrífuga de 50 ml seguiu-se com a centrifugação a 3000 rpm durante 5 min. Realizou-se a leitura do volume da camada emulsificada (YASUMATSU et al., 1972).

A propriedade emulsificante foi calculada pela equação abaixo:

$$AE (\%) = \left(\frac{CE_i}{V_i} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

em que:

AE = atividade emulsificante (%);

CE_i = camada emulsificada inicial, expressa em mL;

V_i = volume inicial.

Para determinar a estabilidade da emulsão (EE), foram utilizados os mesmos tubos com as emulsões da determinação da atividade emulsificante, inicialmente foram anotados os valores da camada emulsificada, em seguida os tubos foram aquecidos em banho-maria a 80 °C por 30 minutos e posteriormente resfriados por 20 minutos em água corrente, e seguiu-se com centrifugação dos tubos com a amostra a 3000 rpm por 5 minutos.

Anotou-se o volume da camada de emulsão final (ou seja, a camada emulsificada remanescente). A equação 6 foi utilizada para calcular EE:

$$EE (\%) = \left(\frac{CER}{CE_i} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

em que:

EE = estabilidade da emulsão (%);

CER = camada emulsificada remanescente, expressa em mL;

CE_i = camada emulsificada inicial, expressa em mL;

4.2.4. Capacidade espumante e estabilidade da espuma

Para análise de capacidade espumante das farinhas, foram adicionados 1g de farinha em 30 mL de água em seguiu-se com agitação por 5 minutos em agitador de haste. Esta solução foi transferida para uma proveta de 100 ml e inicialmente foi observado e anotado o volume inicial da solução (que inclui o volume total ocupado pela solução), calculado o aumento percentual do volume com base nos volumes inicial e final de acordo com a equação abaixo:

$$\text{CFE (\%)} = \left(\frac{V_f - V_i}{V_i} \right) \times 100 \quad (7)$$

em que:

CFE = capacidade de formação de espuma;

V_i = volume inicial da solução (farinha + água) medido na proveta;

V_f = volume final da solução após agitação (volume ocupado pela solução + espuma formada), ou seja o volume total.

A estabilidade da espuma foi medida deixando a proveta a temperatura ambiente (25 °C) e observada nos intervalos de 30 minutos, até completar 120 minutos (SHEVKANI et al, 2015; PRIA; PIMENTEL e PRUDENCIO, 2014; COFFMANN E GARCIA, 1977).

$$\text{Estabilidade Espuma (\%)} = \left(\frac{V_r - V_i}{V_i} \right) \times 100 \quad (8)$$

em que:

V_r = volume da espuma após repouso;

V_i = volume inicial da espuma.

4.2.5. Granulometria

Para a determinação da granulometria foi utilizado um equipamento vibrador de peneiras e conjunto de peneiras às seguintes aberturas de malhas: 1,0 mm (16 mesh); 0,5 mm (32 mesh); 0,25 mm (60 mesh) e 0,25 mm (115 mesh) e o fundo sem perfuração.

O conjunto de peneiras foram sobreposto em ordem crescente de abertura das malhas sobre o equipamento vibrador, em seguida 100 g da amostra de farinha foram transferidos para o topo do conjunto de peneiras, o equipamento vibrador foi acionado, e as amostras de cada tratamento foram submetidas a vibração por 15 minutos. Em seguida as peneiras foram pesadas, para determinar as frações retidas (PERRY & CHILTON, 1973; ZANOTTO & BELLAVER, 1996). A fração retida foi expressa em porcentagem de acordo com a equação 9.

$$PR\% = \frac{(M_1 - M_2)}{MA} \times 100 \quad (9)$$

em que:

PR % = porcentagem retida em cada peneira;

M₁ = massa da peneira, mais a fração retida;

M₂ = massa da peneira;

MA = massa da amostra;

4.2.6. Microscopia Eletrônica de Varredura

As avaliações microestruturais das farinhas foram realizadas através de microscópio eletrônico de varredura eletrônica.

As amostras das farinhas foram previamente desengorduradas por extração em Soxhlet, utilizando hexano como solvente. Foram colocadas em suportes (stubs) com fita adesiva dupla face e revestidas por uma fina camada de ouro (AHMED; AL-ATTAR; ARFAT, 2016).

Para posterior análise em microscópio eletrônico de varredura (JEOL JSM-6610) observado sob tensão de aceleração de 5 kV, em ampliações de 300x e 1500x.

4.2.7. Análise estatística

Os resultados foram analisados utilizando software estatístico SISVAR[®] versão 6.0. Os resultados foram expressos como média \pm desvios-padrão em tabelas. As análises foram realizadas em triplicata e os valores médios avaliados por análise de variância (ANOVA) seguida do teste de médias de Tukey a 5% de significância.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de cor avaliados das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel), estão apresentados na TABELA 4.1.

TABELA 4.1 Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de cor L*, a*, b*, C* e °h das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru					
Tratamento	L*	a*	b*	C*	°h
FEMBCT	57,61 \pm 1,19 a	6,82 \pm 0,11 a	27,27 \pm 0,38 d	28,11 \pm 0,35 a	75,96 \pm 0,39 a
FEMB40	55,50 \pm 0,20 b	10,63 \pm 0,12 b	32,16 \pm 0,08 a	33,87 \pm 0,11 d	71,72 \pm 0,16 b
FEMB60	53,67 \pm 0,53 c	11,05 \pm 0,13 c	28,99 \pm 0,20 b	31,03 \pm 0,22 c	69,13 \pm 0,17 c
FEMB80	47,09 \pm 0,70 d	13,45 \pm 0,19 d	28,13 \pm 0,25 c	31,18 \pm 0,30 c	64,45 \pm 0,19 d
FEMB100	38,75 \pm 0,70 e	14,23 \pm 0,16 e	25,56 \pm 0,43 e	29,25 \pm 0,45 b	60,89 \pm 0,18 e
CV (%)	1,46	1,30	1,05	1,01	0,34
Farinha da amêndoa de baru					
Tratamento	L*	a*	b*	C*	°h
FABCT	69,97 \pm 0,62 a	2,52 \pm 0,07 a	17,47 \pm 0,23 a	17,65 \pm 0,23 a	81,79 \pm 0,18 a
FAB40	69,12 \pm 1,79 a	3,16 \pm 0,10 c	17,79 \pm 0,43 ab	18,06 \pm 0,44 ab	79,94 \pm 0,22 b
FAB60	68,40 \pm 0,24 a	2,22 \pm 0,13 b	17,16 \pm 0,30 a	17,30 \pm 0,31 a	82,62 \pm 0,32 a
FAB80	68,51 \pm 0,43 a	3,33 \pm 0,14 c	18,51 \pm 0,68 b	18,80 \pm 0,66 b	79,80 \pm 0,70 b
FAB100	66,41 \pm 0,42 b	2,50 \pm 0,18 ab	18,00 \pm 0,25 ab	18,17 \pm 0,26 ab	82,11 \pm 0,53 a
CV (%)	1,31	4,71	2,32	2,22	0,54

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV). L* (luminosidade ou brilho, L* = 0 [preto] e L* = 100 [branco]), a* (a* > 0 = [tons vermelhos]; a* < 0 = [tons verdes]), b* (b* > 0 = [tons azuis]; b* < 0 = [tons amarelos]) e C* (Chroma).

O processo de secagem provocou a redução significativa dos valores de L* e o acréscimo significativo aos valores de a* de acordo com a elevação temperatura de secagem das amostras FEMB40, FEMB60, FEMB80, FEMB100 comparativamente com FEMBCT (TABELA 4.1). A secagem ocasionou aumento nos valores de a*.

As amostras FEMBCT, FEMB40, FEMB60, FEMB80, FEMB100, apresentaram valores médios de 6,82; 10,63; 11,05; 13,45 e 14,23, respectivamente (TABELA 4.1). Estes resultados indicam que as amostras submetidas a temperaturas mais elevadas apresentaram um tom mais vermelho (+ a*) com o aumento da temperatura. Aydin e Gocmen (2015) observaram que a amostra de farinha de abóbora produzida utilizando o método de secagem com circulação de ar quente em estufa a 60 °C apresentava menor valor L* comparativamente a amostra produzida por liofilização.

A redução dos valores de L*, indicam o escurecimento das amostras de farinhas de acordo com o aumento da temperatura de secagem, tal comportamento, possivelmente, ocorreu pela produção de melanoidinas provenientes da reação de Maillard (DAMODARAN et al., 2010). Os valores de b* das amostras FEMB40, FEMB60 e FEMB80 (TABELA 3.1) apresentaram-se maiores significativamente, indicando cromaticidade tendendo para o azul, portanto mais escuros comparativamente com a amostra FEMB100, que sofreu a redução de 6,27 % em relação a FEMBCT indicando tons mais amarelados.

Em relação aos valores de C*, na TABELA 4.1 observa-se que as amostras FEMB40, FEMB60, FEMB80, FEMB100, diferiram significativamente da amostra FEMBCT, no entanto os tratamentos FEMB60, FEMB80 não diferiram entre si. O processo de secagem pode provocar alterações em componentes sensíveis ao calor, incluindo degradação de cor (DONG et al., 2017). Observa-se na TABELA 4.1 e na FIGURA 4.1 e FIGURA 4.2, que as amostra FEMB100 e FAB100 apresentaram-se mais escura, uma vez que apresentaram valor de L* significativamente menor.

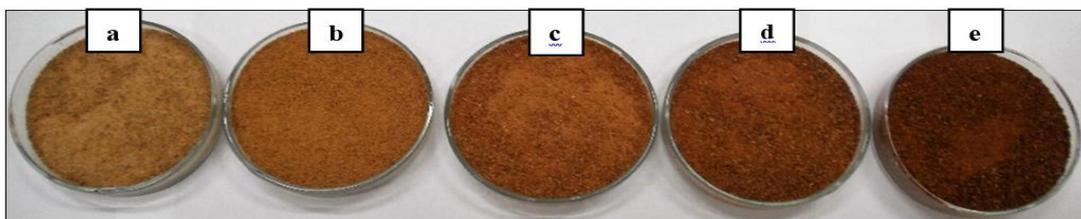


FIGURA 4.1 Imagem das farinhas produzidas do (epicarpo + mesocarpo) de baru (*Dipteryx alata* Vogel): a- (FEMBCT); b- (FEMB40); c- (FEMB60); d- (FEMB80); e- (FEMB100). Fonte: Arquivo pessoal.

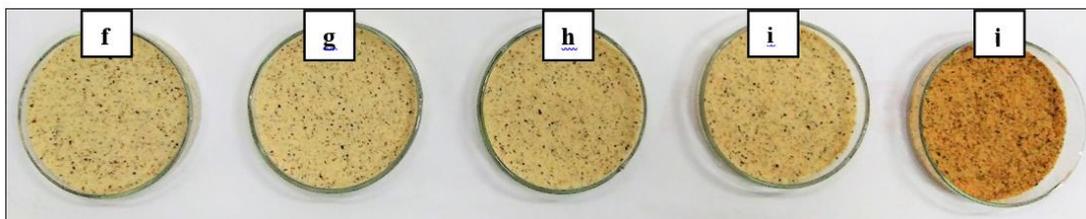


FIGURA 4.2. Imagem das farinhas produzidas a partir da amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vogel): f- (FABCT); g- (FAB40); h- (FAB60); i- (FAB80); j- (FAB100). Fonte: Arquivo pessoal.

Comportamento semelhante foram relatados no estudo de Correia et al. (2009), observaram a redução do parâmetro de cor L^* das farinhas de castanhas (*Castanea sativa* Mill.) com o aumento da temperatura de secagem, sendo as castanhas secas com ar quente em temperaturas de 40 °C, 50 °C, 60 °C e 70 °C.

As amostras FAB40, FAB60, FAB80 e FAB100 apresentaram valores de a^* significativamente diferentes da amostra FABCT. Tons mais avermelhados foram observados nas amostras FAB40, FAB80 (TABELA 4.1).

Os valores de b^* das amostras FAB40, FAB80 e FAB100 apresentaram significativamente maiores que a amostra FABCT, indicando que a secagem do fruto nas temperaturas de 40, 80 e 100 °C, proporcionou a produção de farinha da amêndoa de coloração com tons amarelos ($+ b^*$) (JAFARI; KOOCHEKI e MILANI, 2017).

As amostras FAB40, FAB80 e FAB100 (TABELA 4.1) apresentaram valores de C^* significativamente maiores que a amostra FABCT.

O tratamento térmico ocasionou a redução nos valores de $^{\circ}h$ das amostras FEMB40, FEMB60, FEMB80 e FEMB100, em comparação com a amostra controle (FEMBCT). Os resultados dos valores de $^{\circ}h$ das amostras FAB40 e FAB80 diferiram em os demais tratamentos (FABCT, FAB60 e FAB100) (TABELA 4.1).

Segundo Savlak et al. (2016) ao avaliar a cor de um alimento o valor do Cromo (C^*) aumenta com o incremento da concentração de pigmento.

As alterações na coloração das amostras FEMB e FAB (FIGURA 4.1 e FIGURA 4.2), possivelmente ocorreram pela reação de Maillard que é influenciada pela temperatura e duração do tratamento térmico. Esta reação afeta a cor de alimentos submetidos a secagem em decorrência da presença de aminoácidos e açúcares que reagem

e produzem polímeros de cor marrom escura, denominados melanoidinas (MIRANDA et al., 2009; CHUA et al., 2001; AHMED; AL-ATTAR, 2015).

Na TABELA 4.2, estão dispostos os valores referentes as propriedades de hidratação das farinhas produzidas do epicarpo e mesocarpo dos frutos de baru (FEMB) e farinhas da amêndoa de baru (FAB).

TABELA 4.2. Valores médios e desvio padrão referente ao índice de absorção em água (I.A.A.), índice de absorção em leite (I.A.L.), índice de absorção em óleo (I.A.O.), índice de solubilidade em água (I.S.A), e índice de solubilidade em leite (I.S.L) das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru					
Tratamento	I.A.A. (g/g)	I.A.L. (g/g)	I.A.O. (g/g)	I.S.A. (g 100g ⁻¹)	I.S.L. (g 100g ⁻¹)
FEMBCT	3,38 ± 0,10 a	3,40 ± 0,33 ab	1,86 ± 0,08 a	62,26 ± 0,12 a	36,67 ± 1,02 a
FEMB40	2,80 ± 0,12 bc	3,39 ± 0,18 ab	1,92 ± 0,11 a	60,64 ± 0,83 b	35,22 ± 0,76 ab
FEMB60	3,08 ± 0,08 ab	3,47 ± 0,29 b	1,85 ± 0,08 a	58,13 ± 0,35 c	34,33 ± 0,66 bc
FEMB80	2,86 ± 0,06 bc	3,26 ± 0,08 ab	1,91 ± 0,05 a	50,00 ± 0,00 d	32,62 ± 0,00 c
FEMB100	2,55 ± 0,22 c	2,84 ± 0,20 a	1,91 ± 0,05 a	28,98 ± 0,83 e	32,81 ± 0,92 c
CV (%)	4,32	7,09	4,16	1,06	2,22
Farinha da amêndoa de baru					
Tratamento	I.A.A. (g/g)	I.A.L. (g/g)	I.A.O. (g/g)	I.S.A. (g 100g ⁻¹)	I.S.L. (g 100g ⁻¹)
FABCT	2,68 ± 0,16 a	3,24 ± 0,09 a	1,94 ± 0,05 a	61,10 ± 0,60 a	26,87 ± 0,40 a
FAB40	2,72 ± 0,19 a	2,96 ± 0,11 a	1,97 ± 0,04 a	59,31 ± 2,8 a	23,16 ± 0,54 ab
FAB60	2,52 ± 0,01 a	3,03 ± 0,19 a	1,98 ± 0,05 a	58,12 ± 0,7 a	21,60 ± 0,08 b
FAB80	2,96 ± 0,23 a	2,96 ± 0,19 a	1,97 ± 0,06 a	51,40 ± 2,1 b	19,63 ± 3,92 bc
FAB100	2,71 ± 0,16 a	3,27 ± 0,32 a	1,98 ± 0,04 a	28,44 ± 1,2 c	15,86 ± 0,42 c
CV (%)	6,16	6,35	2,63	3,29	8,35

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV).

Os resultados do índice de absorção em água, solubilidade em água e solubilidade em leite das amostras FEMB40, FEMB60, FEMB80 e FEMB100 reduziram significativamente com o aumento da temperatura (TABELA 4.2).

Corrêa et al. (2011) avaliaram a farinha de marolo, fruto encontrado no cerrado brasileiro, desidratado (*Annona crassiflora*) por liofilização e secagem por convecção a quente, observaram diminuição na absorção de água e no índice de solubilidade em água de frutos desidratados em comparação com marolo fresco. Garau et al. (2006) realizaram

a secagem de amostras de cascas de laranja, as quais foram secas a diferentes temperaturas do ar de secagem (30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C), sendo verificado que as amostras secas em temperaturas baixas (40-50 °C) exibiram propriedades funcionais maiores. Entretanto, diminuiu quando a temperatura do ar de secagem aumentou. No estudo de Leão et al. (2017), apontam valores de 3,98 g/g de capacidade de retenção de água, 1,35 g/g de capacidade de retenção em óleo, e 16,7 g 100g⁻¹ de índice de solubilidade em água.

Os resultados de índice de absorção e solubilidade em água podem indicar alterações na estrutura do amido das farinhas uma vez que índice de absorção determina o volume ocupado pelo grânulo de amido após o inchaço, provocado pelo excesso de água, o índice de solubilidade determina a quantidade de moléculas livres extraídas do grânulo de amido (SAVLAK; TÜRKER e YESILKANAT, 2016).

A redução dos valores de índice de absorção pode estar ligada à deformação na estrutura física do amido e ao desdobramento das proteínas (BASHIR et al., 2017). Assim como indicar possíveis perdas de nutrientes, uma vez que a presença de menores quantidades de fibra, amido e teor de proteína podem ocasionar a redução da capacidade de absorção de água em farinhas (AHMED; AL-ATTAR; ARFAT, 2016).

As amostras FEMB apresentaram índice de absorção de água variando de 2,55 a 3,38 gg⁻¹ e as FAB valores de 2,52 - 2,96 g g⁻¹. As farinhas de baru (FEMB e FAB) possuem potencial para enriquecimento de sopas e molhos, uma vez que produtos que apresentam valores de índices de absorção de água de 1,49 - 4,72 gg⁻¹ são considerados substanciais em alimentos viscosos (ALETOR; OSHODI; IPINMOROTI, 2002).

Tanto as FEMB quanto as FAB, apresentaram maior solubilidade em água, do que no solvente leite tal comportamento pode ter ocorrido pela presença de gorduras no leite, isto porque maiores valores de solubilidade estão relacionados à presença de um baixo número de resíduos hidrofóbicos (KHATTAB e ARNTFIELD, 2009).

Em relação ao índice de absorção em leite, as amostras FEMB60 e FEMB100 diferiram da amostra FEMBCT (TABELA 4.2). Os resultados das avaliações das propriedades de absorção apresentadas na TABELA 4.2, indicaram que a FEMBCT, FEMB40, FEMB60, FEMB80 e FEMB100 possuem maior afinidade pelo solvente leite, se comparadas com a água e o óleo.

O processo de secagem dos frutos nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C não alterou os índices de absorção de óleo das FEMB e FAB (TABELA 4.2).

O reduzido índice de absorção em óleo, pode estar associado a baixa hidrofobicidade dos constituintes da farinha, dificultando a interação entre proteínas e óleo. A alta capacidade de absorção de óleo em alimentos é essencial na formulação de produtos tais como, salsichas, ou massas de bolo (ZHANG et al., 2012).

A secagem dos frutos de baru não alterou os índices de absorção das FAB nos solventes água (I.A.A.), leite (I.A.L.) e óleo (I.A.O.) conforme resultados apresentados na TABELA 4.2. A amêndoa do baru encontra-se revestida por um endocarpo lenhoso, que pode ter proporcionado efeito protetor aos nutrientes responsáveis pelas propriedades hidratação das farinhas da amêndoa, tais como fibra, amido e teor de proteína (AHMED; AL-ATTAR; ARFAT, 2016). As amostras FAB40, FAB60, FAB80 e FAB100 apresentaram valores de índice de solubilidade em leite menores que a FABCT, o mesmo comportamento foi observado para as amostras FAB80 e FAB100 na avaliação do índice de solubilidade em água (TABELA 4.2).

A redução dos valores de solubilidade das farinhas também pode ser atribuída à desnaturação das proteínas pelo tratamento térmico. A desnaturação reduz a solubilidade da proteína devido a alterações no balanço entre hidrofobicidade e hidrofiliabilidade (KHATTAB e ARNTFIELD, 2009). As farinhas de baru (FEMB e FAB) também se apresentam como ingredientes potenciais para produtos fritos, pois não proporcionariam sensação gordurosa, por causa da baixa capacidade de absorver em óleo (LÓPEZ-VARGAS et al., 2013). Na TABELA 4.3, estão dispostos os valores referentes a atividade emulsificante e estabilidade da emulsão das farinhas produzidas do epicarpo e mesocarpo dos frutos de baru (FEMB) e farinhas da amêndoa de baru (FAB).

TABELA 4.3. Valores médios e desvio padrão referente atividade emulsificante (AE), estabilidade da emulsão (EE) das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru			Farinha da amêndoa de baru		
Tratamento	AE ¹	EE ²	Tratamento	AE ¹	EE ²
FEMBCT	3,33 ± 0,58 a	5,67 ± 0,58 a	FABCT	2,01 ± 0,02 b	6,71 ± 0,62 b
FEMB40	2,33 ± 0,58 ab	4,0 ± 1,00 b	FAB40	1,68 ± 0,59 bc	6,89 ± 0,79 b
FEMB60	3,83 ± 0,76 a	4,03 ± 1,00 ab	FAB60	1,67 ± 0,58 bc	7,00 ± 0,01 b
FEMB80	1,67 ± 0,58 bc	1,67 ± 0,58 c	FAB80	1,00 ± 0,00 c	10,0 ± 0,01 a
FEMB100	0,50 ± 0,00 c	0,5 ± 0,00 c	FAB100	4,96 ± 0,10 a	4,46 ± 0,44 c
CV (%)	24,12	18,95	CV (%)	16,40	7,0

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV). ¹Os resultados foram expressos em % de volume

emulsificado/volume total; ²Os resultados foram expressos em % de volume emulsificado remanescente/volume emulsificado total.

As amostras FEMB40, FEMB80 e FEMB100 apresentaram atividade de emulsão menor que a FEMBCT de acordo com os resultados apresentados na TABELA 4.3. Observou-se também redução da estabilidade de emulsão em todos tratamentos, comparativamente com a amostra controle.

Dentre as farinhas produzidas de frutos submetidos a desidratação, a amostra FEMB60 apresentou os maiores valores de atividade de emulsão (3,83 g 100g⁻¹), estabilidade da emulsão (4,03 g 100g⁻¹) e capacidade de formação de espuma (5,96 %).

Os resultados apresentados TABELA 4.3 demonstram que a condição de secagem ao ar quente a 60 °C de frutos inteiro, provocou menor interferência nas propriedades funcionais tecnológicas, referente a capacidade de formar emulsão, a estabilidade da emulsão da FEMB.

Khattab e Arntfield. (2009) avaliaram as propriedades de emulsão da farinha de canola, as sementes foram submetidas a dois tratamentos térmicos, imersão em água em ebulição por 15 minutos e torrefação a 180 °C, tanto a torrefação como a ebulição causaram reduções na capacidade de emulsificação das farinhas de canola.

O amido e a fibra são substâncias espessantes e estabilizam as emulsões, isto porque a força necessária para que as gotículas se movam através do líquido viscoso se torna maior do que a força de empuxo que impulsiona sua migração de acordo com o princípio de Arquimedes (AYDIN e GOCMEN, 2015).

A secagem dos frutos proporcionou aumento na atividade da emulsão da amostra FAB100 e na estabilidade de emulsão da FAB80 e provocou redução significativa a atividade de emulsão das amostras FAB40, FAB60, FAB80, no entanto a FAB100 apresentou maior valor de que a FABCT (TABELA 4.3).

A estabilidade da emulsão foi avaliada após tratamento térmico das emulsões formadas em banho maria a 80 °C, conforme descrito por Yasumatsu et al. (1972).

Os valores da estabilidade da emulsão das FAB foram superiores aos valores da emulsão para todos os tratamentos avaliados. Esses resultados demonstram que o aquecimento propiciou maior estabilidade para as emulsões das farinhas da amêndoa.

Estão apresentados na TABELA 4.4, os resultados referentes às propriedades surfactantes (capacidade de formação e estabilidade de espuma) das farinhas de baru.

TABELA 4.4. Valores médios da capacidade de formação de espuma (CFE) estabilidade de espuma das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel).

Farinha do epicarpo e mesocarpo de baru					
Tratamento	CFE ³ (%)	Estabilidade de espuma em 120 minutos de repouso ⁴ (%)			
		30 min	60 min	90 min	120 min
FEMBCT	3,95 ± 0,05 bc	3,95 ± 0,05 a	1,74 ± 0,8 a	1,30 ± 0,03 b	0,44 ± 0,77 b
FEMB40	4,78 ± 0,77 ab	1,31 ± 0,01 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 b
FEMB60	5,96 ± 0,62 a	2,66 ± 0,02 c	2,65 ± 0,02 a	2,65 ± 0,02 a	2,21 ± 0,76 a
FEMB80	2,65 ± 0,02 cd	0,00 ± 0,00 d	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 b
FEMB100	1,75 ± 0,79 d	0,00 ± 0,00 d	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 b
CV (%)	14,85	1,60	40,65	2,21	91,11
Farinha da amêndoa de baru					
Tratamento	CFE ³ (%)	Estabilidade de espuma em 120 minutos de repouso ⁴ (%)			
		30 min	60 min	90 min	120 min
FABCT	8,84 ± 0,66 b	4,00 ± 1,31 a	3,16 ± 1,08 a	2,74 ± 0,35 a	2,53 ± 0,62 a
FAB40	10,8 ± 0,63 a	4,64 ± 0,73 ab	4,64 ± 0,73 ab	4,22 ± 0,73 ab	4,01 ± 0,37 b
FAB60	10,6 ± 0,78 a	5,53 ± 0,76 ab	4,47 ± 0,67 ab	4,26 ± 0,75 b	4,04 ± 0,38 b
FAB80	11,8 ± 0,80 a	6,21 ± 0,28 b	6,21 ± 0,28 b	5,78 ± 0,60 c	4,92 ± 0,30 b
FAB100	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 d	0,00 ± 0,00 c
CV (%)	18,72	1,60	18,03	16,51	12,53

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV). ³Os resultados expressos como % de aumento de volume. ⁴Os resultados expressos em percentual de redução de volume avaliados após 30, 60, 90 e 120 minutos de repouso (%).

Os resultados apresentados referentes a capacidade de formação de espuma das amostras FEMB40, FEMB60, FEMB80, FEMB100, FAB40, FAB60, FAB80 e FAB100, apresentaram diferenças significativas comparativamente com a amostra controle (TABELA 4.4).

As amostras FEMB80 (2,65%) e FEMB100 (1,75%) apresentaram valores de capacidade de formação de espuma significativamente menores que a FEMBCT (3,95%) e somente as espumas das amostras FEMBCT e FEMB60 apresentaram-se estáveis após 120 minutos (TABELA 4.4).

Os valores de capacidade de formação de espuma das amostras FEMB40, FEMB60, FAB40, FAB60 e FAB80 apresentaram significativamente maiores que as amostras controles, tal comportamento pode estar relacionado com a solubilidade das proteínas.

De acordo com Damodaran et al. (2010) a solubilidade das proteínas é um fator primordial para suas propriedades emulsificantes e de formação de espuma. O tratamento térmico provoca a desnaturação das proteínas e a desnaturação mínima pode ser desejável, pois auxilia na manutenção da solubilidade proteica. Em alguns casos, a desnaturação parcial das proteínas proporciona melhorias em determinadas propriedades funcionais.

O elevado tempo de exposição ao calor utilizado para produção das farinhas de baru não alterou a capacidade de formação de espuma das amostras FEMB40 e FEMB60 e possivelmente ocasionou a desnaturação parcial das proteínas (TABELA 4.4).

Damodaran et al. (2010) relataram que o tratamento térmico até 70 °C durante 1 minuto aumenta as propriedades de formação de espuma, devido a desnaturação parcial que ocorre pela ação do calor. Em relação ao percentual de redução de volume de espumas expresso em percentual de estabilidade de espuma, a amostra FEMBCT apresentou maior valor após 30 minutos (3,95 %). As amostras FEMB40, FEMB60, FEMB80 e FEMB100 apontaram valores menores. Após 60, 90 e 120 minutos a amostra que apresentou valores maiores de estabilidade de espuma foi a FEMB60 (TABELA 4.4).

A amostra FAB80 apresentou valores de capacidade de formação de espuma maior que a FABCT, assim como a espuma formada apresentou maior estabilidade após 30, 60, 90 e 120 minutos. Somente a amostra FAB não apresentou capacidade de formação de espuma (TABELA 4.4).

A secagem dos frutos baru a 100 °C alterou a capacidade das proteínas de formar uma película fina e resistente na interface gás-água, de modo que não foi possível incorporar grandes quantidade de bolhas de gás e formar espumas estáveis nas amostras FEMB80, FEMB100 e FAB100 (DAMODARAN et al., 2010).

Khattab e Arntfield. (2009) avaliaram a farinha de canola e concluíram que os tratamentos térmicos provocaram redução significativa na capacidade de formação de espuma e na estabilidade das farinhas. Em temperaturas elevadas ocorre a polimerização das proteínas por meio das reações de troca dissulfeto-sulfidrila, proteínas que apresentam elevada quantidade de ligações cruzadas e que sofreram o processo de polimerização não se adsorvem a interface ar-água, sendo tal característica essencial para a formação de espuma (DAMODARAN et al., 2010). Os resultados das avaliações granulométricas das farinhas do epicarpo e mesocarpo estão apresentados na FIGURA 4.3, e das farinhas da amêndoa na FIGURA 4.4.

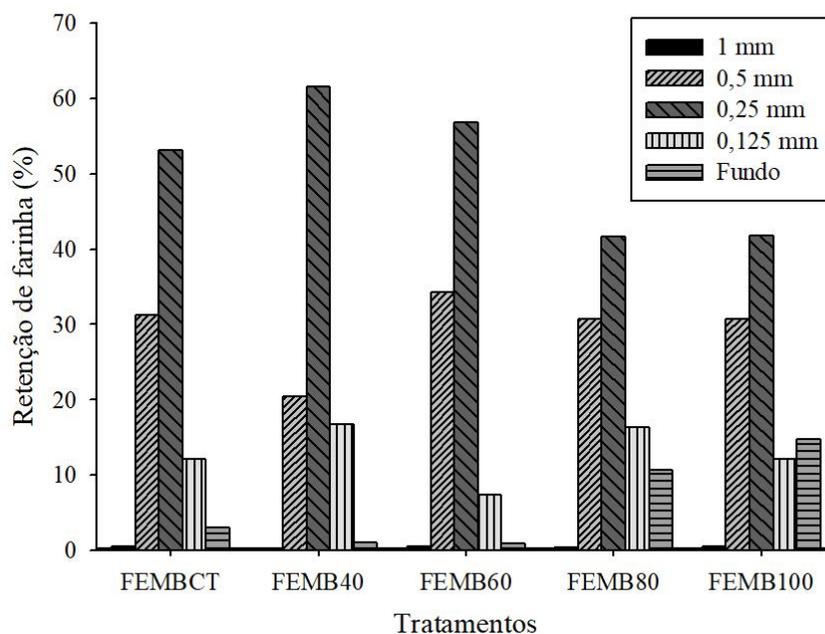


FIGURA 4.3. Valores médios da distribuição granulométrica em diferentes aberturas de malhas em milímetros de cada peneira das FEMB.

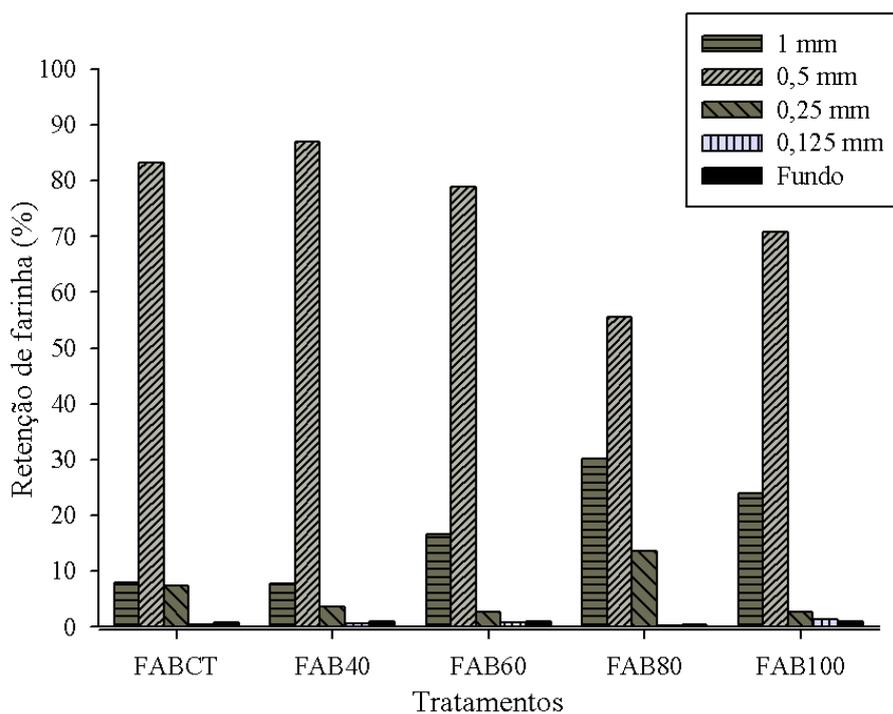


FIGURA 4.4. Valores médios da distribuição granulométrica em diferentes aberturas de malhas em milímetros de cada peneira das FAB.

Em relação as farinhas do epicarpo e mesocarpo, o maior percentual ficou retido na peneira de abertura de 0,25 mm, os percentuais das amostras FEMBCT, FEMB40, FEMB60, FEMB80 e FEMB100 nesta peneira foram, respectivamente, 53,07%; 61,52; 56,81%; 41,66%; 41,84% (FIGURA 4.3).

O maior percentual das farinhas da amêndoa ficou retido na peneira de abertura de 0,5 mm, os percentuais retidos das amostras FABCT, FAB40, FAB60, FAB80 e FAB100 foram, respectivamente, 83,29%; 87,11; 78,89%; 55,64%; 70,84% (FIGURA 4.4).

Partículas maiores que 2 mm são classificadas como grossas, partículas que variam de 0,6 mm a 2 mm, médias e partículas menores que 0,6 mm classificadas como finas (ZANOTTO & BELLAVER, 1996). Desta forma as amostras de FEMB e FAB são constituídas de partículas finas.

As amostras FEMB80 (10,74%), FEMB100 (14,79%), foram as que apresentaram maior retenção de partículas na peneira sem perfuração, comparativamente com a amostra FEMBCT (3,07%) (FIGURA 4.3). Este comportamento demonstra que a secagem em temperaturas mais elevadas (80 e 100 °C) ocasionaram a presença de partículas menores.

A legislação brasileira preconiza que 95% das amostras de farinha de trigo devem passar pela peneira com abertura de malha de 250µm, estes dados constituem o limite de tolerância da granulometria do produto (BRASIL, 2005).

A farinha do epicarpo e mesocarpo do baru apresentaram partículas menores comparativamente com as farinhas da amêndoa. No entanto, ambas as farinhas (FEMB e FAB) apresentam partículas maiores que o padrão estabelecido para amostras de farinha de trigo. Na FIGURA 4.5, estão apresentadas as microestruturas das FEMB, nas quais podem ser observados estruturas circulares e estruturas irregulares.

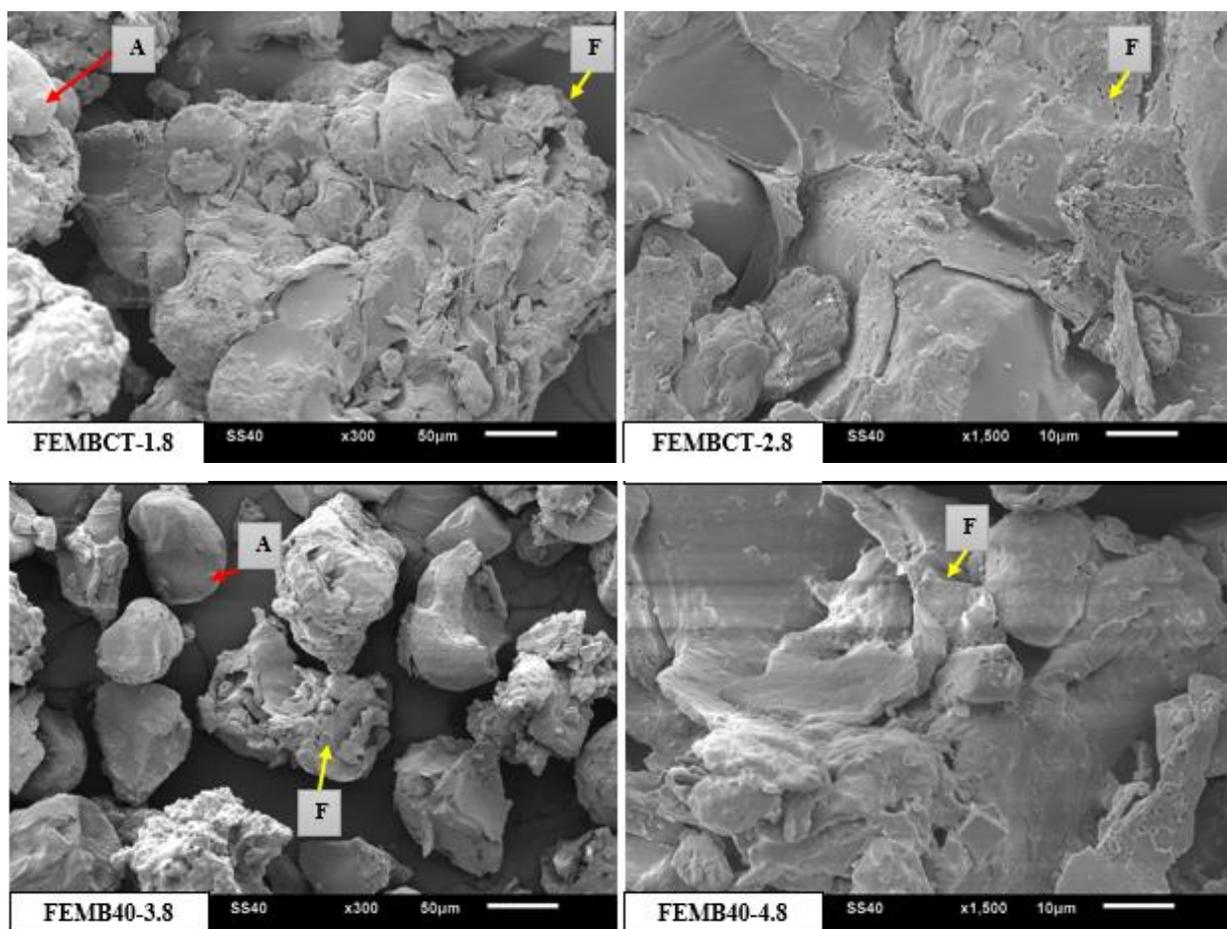
De acordo com Damodaran et al. (2010) e Leonel. (2007), os grânulos de amido podem se apresentar de formas mistas, tais como esféricas, poliédricos, angulares, ovais, estendida, grânulos oval achatado, triangular achatado, entre outras.

As amostras FEMB80 (10,74%), FEMB100 (14,79%), foram as que apresentaram maior retenção de partículas na peneira sem perfuração, comparativamente com a amostra FEMBCT (3,07%) (FIGURA 4.3). Este comportamento demonstra que a secagem em temperaturas mais elevadas (80 e 100 °C) ocasionaram a presença de partículas menores. A legislação brasileira preconiza que 95% das amostras de farinha de trigo devem passar pela peneira com abertura de malha de 250µm, estes dados constituem o limite de

tolerância da granulometria do produto (BRASIL, 2005).

A farinha do epicarpo e mesocarpo do baru apresentaram partículas menores comparativamente com as farinhas da amêndoa. No entanto, ambas as farinhas (FEMB e FAB) apresentam partículas maiores que o padrão estabelecido para amostras de farinha de trigo. Na FIGURA 4.5, estão apresentadas as microestruturas das FEMB, nas quais podem ser observadas estruturas circulares e estruturas irregulares.

De acordo com Damodaran et al. (2010) e Leonel. (2007), os grânulos de amido podem se apresentar de formas mistas, tais como esféricas, poliédricos, angulares, ovais, estendida, grânulos oval achatado, triangular achatado, entre outras.



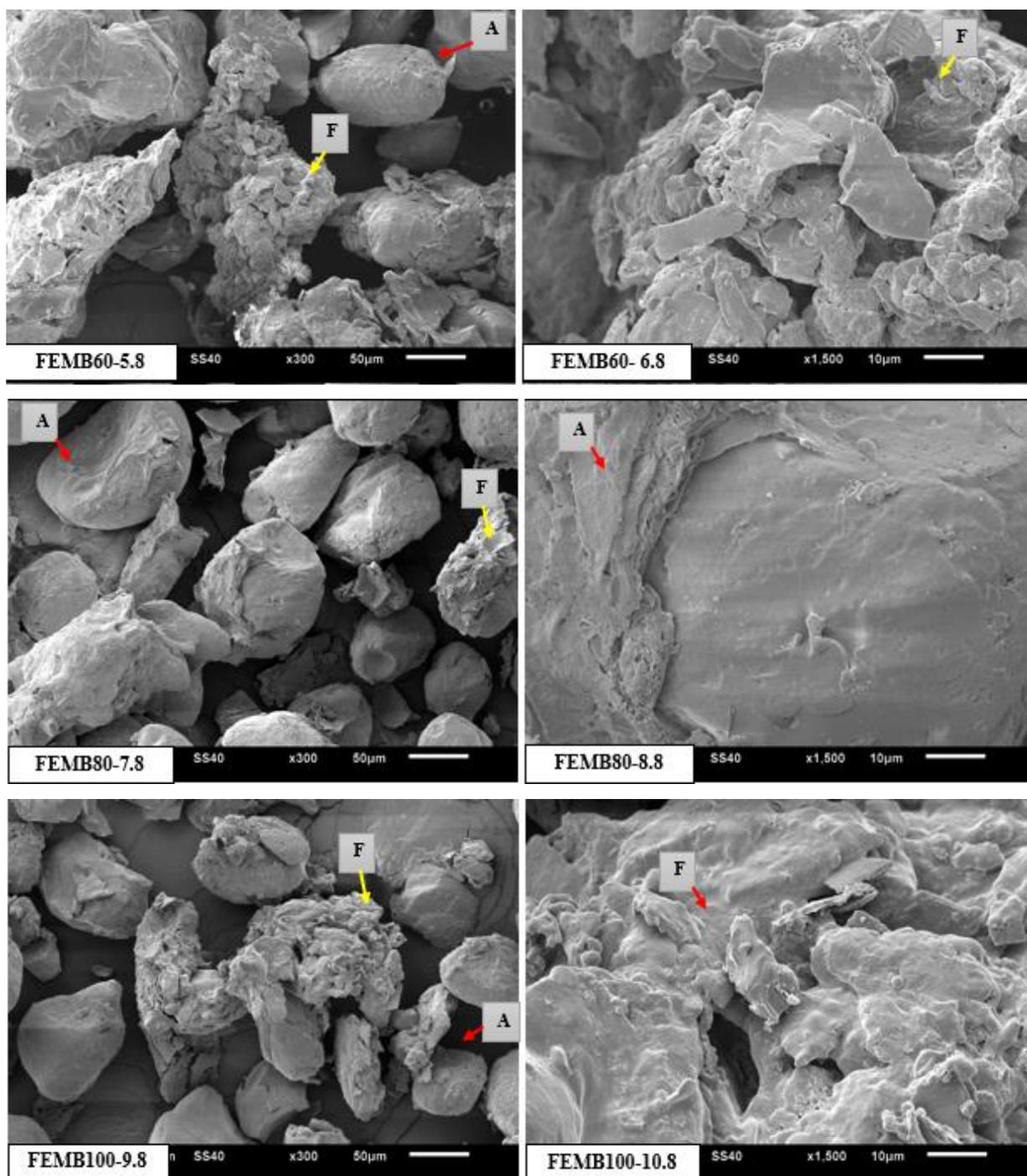
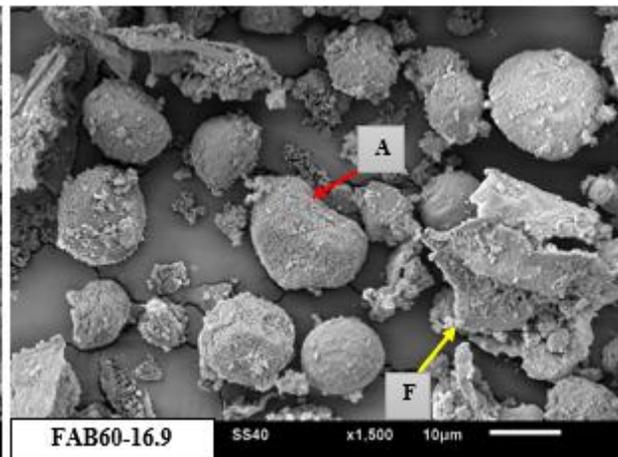
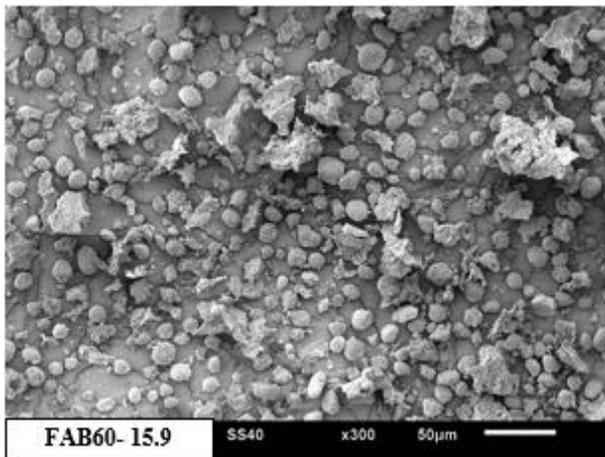
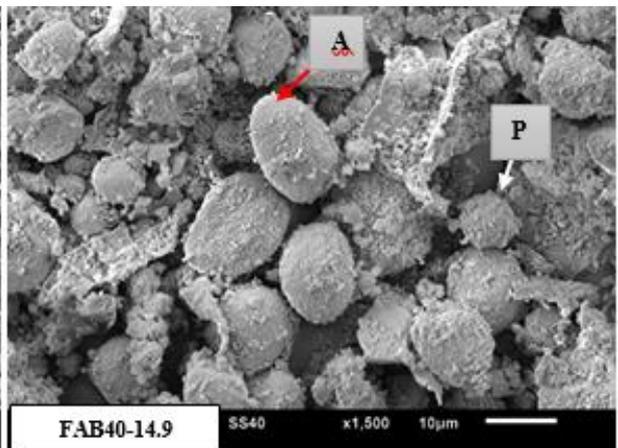
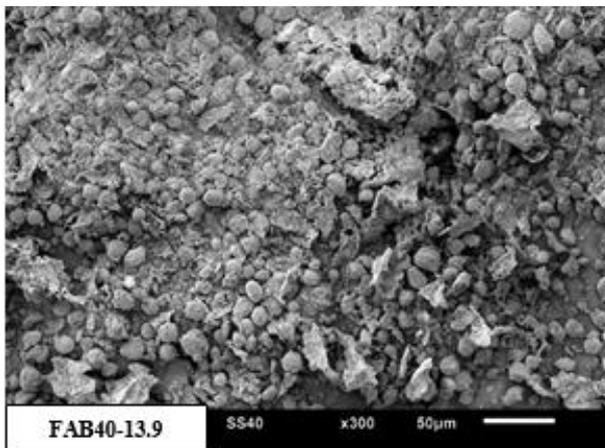
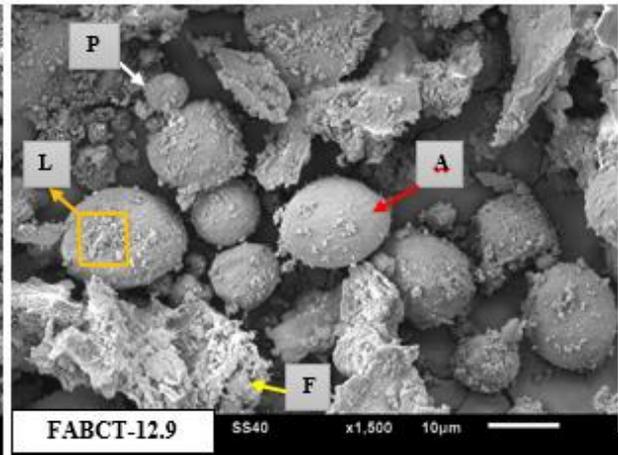
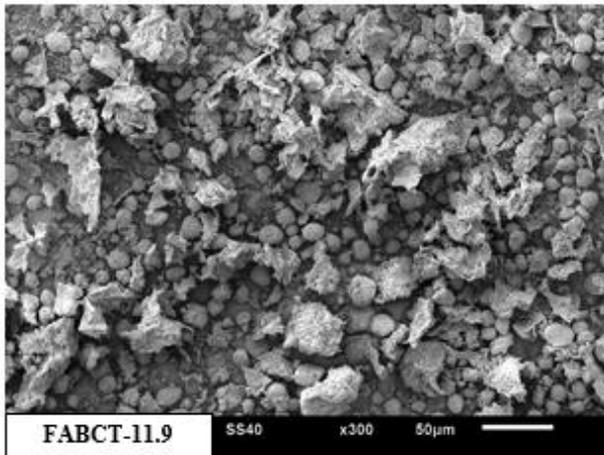


FIGURA 5.5. Microestrutura eletrônica de varredura das farinhas produzidas a partir da junção do epicarpo e mesocarpo de frutos baru (*Dipteryx alata* Vogel) isentos de tratamento térmico e frutos submetidos a diferentes temperaturas de secagem (40, 60, 80 e 100 °C). Imagens com números ímpares correspondem a aumentos de 300X (1.8, 3.8, 5.8, 7.8, 9.8), imagens com números pares correspondem a aumentos de 1500X (2.8, 4.8, 6.8, 8.8, 10.8). Nas imagens as letras em destaque remetem as seguintes estruturas: **A**- amido; **F**- fibra.



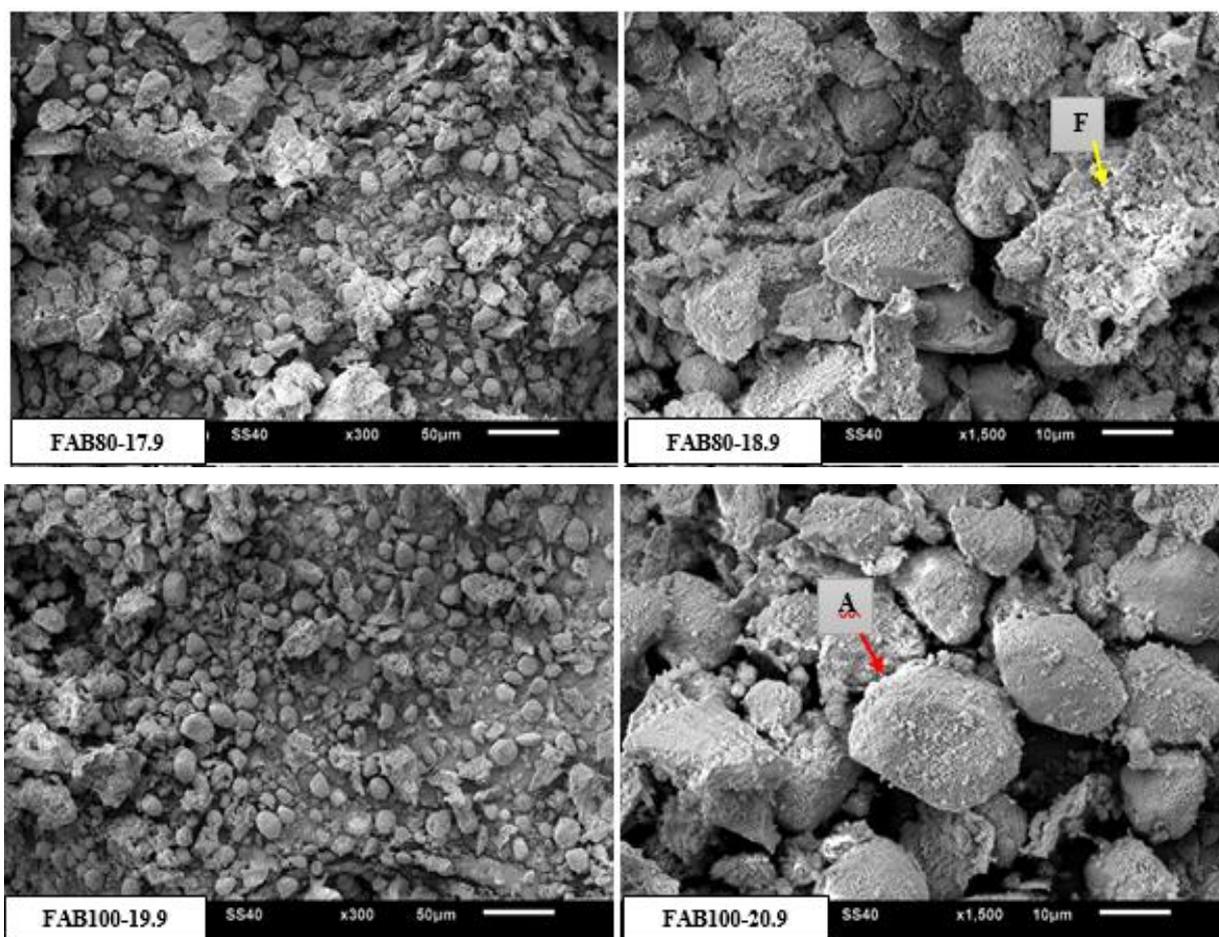


FIGURA 5.6. Microestrutura eletrônica de varredura das farinhas da amêndoa de frutos baru (*Dipteryx alata* Vogel) isentos de tratamento térmico e frutos submetidos a diferentes temperaturas de secagem (40, 60, 80 e 100 °C). Imagens com números ímpares correspondem a aumentos de 300X (11.9, 13.9, 15.9, 17.9, 19.9), imagens com números pares correspondem a aumentos de 1500X (12.9, 14.9, 16.9, 18.9, 20.9). Nas imagens as letras em destaque remetem as seguintes estruturas: **A**- amido; **F**- fibra; **L**- lipídeos; **P**- proteínas.

Na FIGURA 5.6, estão apresentadas as microestruturas das amostras de FAB. Na imagem FABCT-12.9, observa-se a presença de estruturas arredondadas, segundo Damodaran et al. (2010), a maioria das sementes apresentam corpos de proteínas (P) geralmente de formatos esféricos, os grânulos de amido podem apresentar formatos ovais com lipídeos (L) aderidos em sua superfície. Estas características podem ser identificadas nas imagens FABCT-12.9; FAB40-14.9; FAB60-16.9; FAB80-18.9; FAB100-20.9.

Observa-se nas imagens FEMBCT-1.8, FABCT-12.9 e FAB40-14.9 (FIGURA 4.5 e FIGURA 4.6) que grânulos de amido apresentam formato oval. No entanto, com o

aumento da temperatura de secagem ocorrem alterações no formato e descamação dos grânulos de amido. Na imagem FEMB80-7.8 (FIGURA 4.5), notam-se grânulos de formato achatado esférico e oval e na imagem FEMB100-9.8 (FIGURA 4.5) verifica-se o formato poliédrico.

De acordo com Yadav et al. (2006), o tratamento térmico pode ocasionar a libertação da amilose, tal processo modifica a estrutura dos grânulos de amido, apresentando aspectos de quebrados, conforme pode ser observado na imagem FEMB80-8.8. (FIGURA 4.5). A ruptura dos grânulos indica a gelatinização completa do amido em razão do processo de secagem.

Quando ocorre o inchaço dos grânulos de amido, uma camada de amilose amorfa é deslocada do interior para a superfície na qual aparecem pequenos poros (DAMODARAN et al., 2010). Nas imagens FEMB60-5.8, FAB40-14.9; FAB60-16.9; FAB80-18.9; FAB100-20.9 (FIGURA 4.5 e FIGURA 4.6) é possível observar os poros na superfície do amido.

Correia et al. (2009), observaram que a secagem com circulação de ar a 70 °C de castanhas (*Castanea sativa* Mill.) induziu os grânulos de amido a se tornarem sem forma definida, achatados e ásperos.

Santana e Gasparetto. (2009), avaliaram a microestrutura da fibra alimentar do albedo de laranja que apresentaram estrutura porosa e irregular. O processo de secagem convectivo com circulação de ar a 75 °C provocou o encolhimento dos poros, resultando em alterações na qualidade das fibras e em suas propriedades funcionais.

Comportamento semelhante ao relatado no estudo de Santana e Gasparetto. (2009), pode ser observado nas estruturas das fibras das amostras de FEMB, em que se verifica nas imagens FEMB60- 6.8, FEMB100-10.8 e FAB100-20.9 (FIGURA 4.5; FIGURA 4.6) que o tratamento térmico provocou encolhimento, redução dos poros e a superfície apresentaram-se com aspecto mais liso.

3.4 CONCLUSÃO

A secagem dos frutos ocasiona alterações na cor, ocasionou a gelatinização dos grânulos de amidos, encolhimento e redução dos poros das fibras das amostras FEMB e FAB, provocou a redução nos valores de índice de absorção em água em leite, índice de solubilidade em água e em leite, das FEMB.

O processo de secagem propiciou vantagens em relação as propriedades tecnológicas funcionais das farinhas. As amostras FEMB60 e FAB80 apresentaram os valores mais elevados de capacidade de formação de espuma e estabilidade de espuma.

As amostras FEMB60 e FAB100 exibiram maiores valores de atividade emulsificante e estabilidade da emulsão comparativamente com amostra controle (FEMBCT e FABCT).

Em relação a granulometria, as amostras FEMB secas a temperaturas mais elevadas (80 e 100 °C) apresentaram maiores percentuais de partículas menores que 0,125 mm.

3.5 REFERÊNCIAS

- AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9 ed. Saint Paul, 2000.
- AHMED, J.; AL-ATTAR, H. Effect of drying method on rheological, thermal, and structural properties of chestnut flour doughs. *Food Hydrocolloids*. v. 51, n. 1, p. 76 – 87, 2015.
- AHMED, J.; AL-ATTAR, H.; ARFAT, Y. A. Effect of particle size on compositional, functional, pasting and rheological properties of commercial water chestnut flour. *Food Hydrocolloids*. v. 52, n. 1, p. 888 – 895, 2016.
- ALETOR, O., OSHODI, A. A., & IPINMOROTI, K. Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates. *Food Chemistry*, v. 78. n. 1, p. 63–68, 2002.
- ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN JUNIOR, L. Gelatinization of Corn Grits by Roll-and Extrusion-Cooking. *Cereal Science Today*, St. Paul, v.14, n.1, p. 4-12, 1969.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Especificações de cores de acordo com o sistema de notação Munsell - NBR 12694**. Rio de Janeiro, 1992.
- AYDIN, E; GOCMEN, D. The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. *Food Science and Technology*. v. 60, n.1, p. 385-392, 2015.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 08, de 02 de junho de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da farinha de Trigo. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 jun. 2005. Seção 1, p. 91.
- CHEN, M. R. I. S. W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology*. v. 65, n.1, p. 49 – 67, 2017.
- CHEN, X.; LI, X.; MAO, X.; HUANG, H.; WANG, T.; QU, Z.; MIAO, J.; GAO, W. Effects of drying processes on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant properties of yam flours. *Food Chemistry*, v. 224, n.1, p. 224–232, 2017.
- CHUA, K. J.; MUJUMDAR, A. S.; HAWLADER, M. N. A.; CHOU, S. K.; HO, J.C. Batch drying of banana pieces — effect of stepwise change in drying air temperature on

- drying kinetics and product colour. **Food Research International**. v. 34, n.1, p. 721–731, 2001.
- CIE- Commission Internationale de l'Eclairage. **Colorimetry Publication CIE 15**. 3 ed. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Eclairage, 2004.
- COFFMANN, C.N.; GARCIA, V.V. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. **International Journal of Food Science and Technology**. v.12, n.5, p.473-484, 1977.
- CORRÊA, S. C., CLERICI, M. T. P. S.; GARCIA, J. S.; FERREIRA, E. B.; EBERLIN, M. N.; AZEVEDO, L. Evaluation of dehydrated marolo (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying. **Food Research International**. v. 44, n. 7, p. 2385–2390, 2011.
- CORREIA, P. LEITÃO, A.; BEIRÃO-DA-COSTA, M. L. The effect of drying temperatures on morphological and chemical properties of dried chestnuts flours. **Journal of Food Engineering**. v. 90, n.3, p. 325–332, 2009.
- CORREIA, P.; COSTA, M. L. B. da. Effect of drying temperatures on starch-related functional and thermal properties of chestnut flours. **Food and Bioproducts Processing**. v. 90, n. 2, p. 284–294, 2012.
- CORREIA, R.; GRACE, M. H.; ESPOSITO, D.; LILA, M. A. Wild blueberry polyphenol-protein food ingredients produced by three drying methods: Comparative physico-chemical properties, phytochemical content, and stability during storage. **Food Chemistry**. v. 235, n. 1, p. 76–85, 2017.
- DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. *Química de Alimentos de Fennema*. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.
- DONG, W.; HU, R.; CHU, Z.; ZHAO, J.; TAN, L. Effect of different drying techniques on bioactive components, fatty acid composition, and volatile profile of robusta coffee beans. **Food Chemistry**. v. 234, n. 1, p. 121–130, 2017.
- GARAU, M.C.; SIMAL, S.; FEMENIA, A.; ROSSELLO, C. Drying of orange skin: drying kinetics modelling and functional properties. **Journal of Food Engineering**. v. 75, n.2, p.288 – 295, 2006.
- JAFARI, M.; KOOCHKEKI, A.; MILANI, E. Effect of extrusion cooking on chemical structure, morphology, crystallinity and thermal properties of sorghum flour extrudates. **Journal of Cereal Science**. v.75, n.1, p. 324 – 331, 2017.
- KHATTAB, R. Y.; ARNTFIELD, S. D. Functional properties of raw and processed canola meal. **Food Science and Technology**. v. 42, n. 6, p. 1119–1124, 2009.
- LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.
- LÓPEZ-VARGAS, J. H.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Food Research International**. v. 51, n. 2, p. 756 – 763, 2013.
- MIRANDA, M.; MAUREIRA, H.; RODRÍGUEZ, K.; VEGA-GÁLVEZ, A. Influence of temperature on the drying kinetics, physicochemical properties, and antioxidant capacity of Aloe Vera (*Aloe Barbadensis* Miller) gel. **Journal of Food Engineering**. v. 91, n. 2, p. 297–304, 2009.
- PERRY, H.R.; CHILTON, C.H. **Chemical Engineers Handbook**. Tokyo: McGraw-Hill Kogashua, 5ed, 1973.
- PINELI, L. de. L. de. O.; CARVALHO, M. V. de.; AGUIAR, L. A. de.; OLIVEIRA, G. T. de.; CELESTINO, S. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; CHIARELLO, M. D. Use of baru

- (Brazilian almond) waste from physical extraction of oil to produce flour and cookies. **Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 50-55, 2015.
- PRIA, M. L. de. L. C. D.; PIMENTEL, T. C.; PRUDENCIO, S. H. envelhecimento do amaranto: alterações físicas nos grãos e nas propriedades físico-químicas e funcionais das proteínas. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 32, n. 2, p. 223-238, 2014.
- SANTANA, M. de. F. S. de.; GASPARETTO, C. A. Microestrutura da fibra alimentar do albedo de laranja: um estudo por técnicas físicas e análise de imagens. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 29, n. 1, p. 124-134, 2009.
- SAVLAK, N.; TÜRKER, B.; YESILKANAT, N. Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour. **Food Chemistry**. v. 213, n. 1, p.180–186, 2016.
- SHEVKANI, K.; SINGH, N.; KAUR, A.; RANA, J. C. Structural and functional characterization of kidney bean and field pea protein isolates: A comparative study. **Food Hydrocolloids**. v. 43, n. 1, p.679 – 689, 2015.
- SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G. MARTINS, D. M. de. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, v.38, n.6, p.1790-1793, 2008.
- SIQUEIRA, E. M. de. A.; MARIN, A. M. F.; CUNHA, M. de. S. B. da.; FUSTINONI, A. M.; SANT´ANA, L. P. de.; ARRUDA, S. F. Consumption of baru seeds [*Dipteryx alata* Vog.] a Brazilian savanna nut, prevents iron-induced oxidative stress in rats. **Food Research International**. v. 45, n. 1, 427–433, 2012.
- SOQUETTA. M. B; STEFANELLO, F. S; HUERTA, K. da. M; MONTEIRO, S. S; ROSA, C. S. da; TERRA, N. N. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry**. v. 199, n. 1, p. 471–478, 2016.
- SOUSA, A. G. de. O.; FERNADES, D. C.; ALVES, A. M.; FREITAS, J. B. de. F.; NAVES, M. M. V. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**. v. 44, n. 7, p. 2319–2325, 2011.
- SURIYA, M.; BARANWAL, G.; BASHIR, M.; KOTESWARA, C.; HARIPRIYA, R. S. Influence of blanching and drying methods on molecular structure and functional properties of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) flour. **Food Science and Technology**. v. 68, n. 1, p. 235 – 243, 2016.
- YADAVA, A. R.; GUHAB, M.; THARANATHANC, R. N.; RAMTEKEA, R. S. Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different drying techniques. **Food Science and Technology**. v.39, n. 1, p. 20-26, 2006.
- YASUMATSU, K.; SAWADA, K.; MORITAKA, S.; MISAKI, M.; TODA, J.; WADA, T.; ISHII, K. Whipping and Emulsifying Properties of Soybean Products. **Agricultural and Biological Chemistry**. v. 36, n. 5, p. 719 - 727, 1972.
- ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves**. Concórdia: EMBRAPA-CNPQA, 1996. p.1-5. (Comunicado técnico, 215).
- ZHANG, H.-J.; ZHANG, H.; WANG, L.; GUO, X.-N. Preparation and functional properties of rice bran proteins from heat-stabilized defatted rice bran. **Food Research International**, v. 47, n. 2, p.359–363, 2012.

CONCLUSÃO GERAL

A secagem dos frutos propiciou obtenção de farinhas do epicarpo e mesocarpo de baru (FEMB) com valores de pH e acidez reduzidos de acordo que se elevou a temperatura da secagem, possibilitando o armazenamento do fruto por períodos prolongados. O aumento das temperaturas provocou a redução dos lipídeos nas amostras FEMB80 e FEMB100 e redução dos sólidos solúveis e massa específica nas amostras FEMB. No entanto, os valores de massa específica das amostras FAB aumentaram. As amostras FEMB40, FEMB60, FEMB80, FEMB100 apresentaram progressivo aumento no conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante, todavia provocou redução no conteúdo de flavonoides das amostras FEMB40, FEMB60, FEMB80 com o incremento da temperatura. A secagem provocou perdas de carotenoides na FEMB e FAB. A secagem provocou a degradação dos fenólicos totais, redução atividade antioxidante, flavonoides nas amostras FAB submetidas a todos tratamentos térmicos (40, 60, 80, 100 °C). A secagem dos frutos provocou o escurecimento das amostras FEMB e FAB, redução nos valores de índice de absorção em água em leite, índice de solubilidade em água e em leite. As amostras FEMB secas a temperaturas de 80 e 100 °C apresentaram maiores percentuais de partículas menores que 0,125 mm do que as amostras submetidas aos tratamentos térmicos a 40 °C, 60 °C e a amostra controle. O tratamento térmico ocasionou a gelatinização dos grânulos de amidos, encolhimento e redução dos poros das fibras das FEMB e FAB. As amostras FEMB60 e FAB80 apresentaram os valores mais elevados de capacidade de formação de espuma e estabilidade de espuma, sendo indicada para aplicação em alimentos como pães, bolos e sorvetes. As amostras FEMB60 e FAB100 exibiram maiores valores de atividade emulsificante e estabilidade da emulsão. Os resultados da análise FT-IR indicaram perdas de nutrientes nas amostras FEMB e FAB tais como proteínas, carboidratos e lipídeos, intensificadas em temperaturas mais elevadas (60, 80 e 100 °C). As FEMB obtidas de frutos desidratados apresentaram vantagens em relação aos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante e minerais, bem como as FAB em razão do elevado valor energético, e lipídeos, apresentando potencial para enriquecer alimentos. As farinhas de baru foram obtidas por meio de procedimentos simples e de baixo custo e podem ser uma alternativa para o enriquecimento e formulações de alimentos.