



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA - MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPG
PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO - PPGAN

**Izabel Cristina
Veras Silva**

Tese de Doutorado

Potencial tecnológico, nutricional e funcional de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) e sua aplicabilidade na indústria alimentícia

Teresina, Piauí. 2020.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA - MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPG
PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO - PPGAN

TESE DE DOUTORADO

**POTENCIAL TECNOLÓGICO, NUTRICIONAL E
FUNCIONAL DE FEIJÃO-CAUPI. (*Vigna
unguiculata* L. Walp.) E SUA APLICABILIDADE
NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Izabel Cristina Veras Silva

TERESINA
2020

IZABEL CRISTINA VERAS SILVA

**POTENCIAL TECNOLÓGICO, NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE FEIJÃO-
CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp.) E SUA APLICABILIDADE NA INDÚSTRIA
ALIMENTÍCIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Alimentos e Nutrição.

Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva

Orientador

Dr. Jorge Minoru Hashimoto

Coorientador

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA IZABEL
CRISTINA VERAS SILVA E ORIENTADA PELO DR.
KAESSEL JACKSON DAMASCENO E SILVA

TERESINA, PI

2020

Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do CCS
Serviço de Processamento Técnico

S586p Silva, Izabel Cristina Veras.
Potencial tecnológico, nutricional e funcional de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) e sua aplicabilidade na indústria alimentícia / Izabel Cristina Veras Silva. -- Teresina, 2020.
180 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva.
Bibliografia

1. *Vigna unguiculata*. 2. Descorticação. 3. Cotilédones. 4. Farinha. 5. Extrusão. 6. *Snacks*. I. Silva, Kaesel Jackson Damasceno e. II. Título.

CDD 613.2

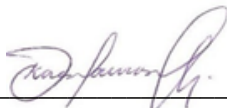
Elaborada por Fabíola Nunes Brasilino CRB 3/ 1014

IZABEL CRISTINA VERAS SILVA

**POTENCIAL TECNOLÓGICO, NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE FEIJÃO-
CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp.) E SUA APLICABILIDADE NA INDÚSTRIA
ALIMENTÍCIA**

DATA DA DEFESA: 23/12/2020

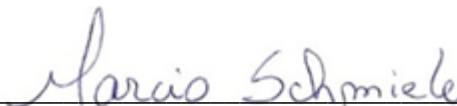
BANCA EXAMINADORA



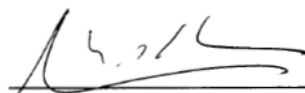
Dr. Kassel Jackson Damasceno e Silva (EMBRAPA/PPGAN)
Presidente



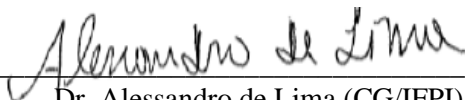
Dr. Jorge Minoru Hashimoto (EMBRAPA/PPGAN)
Coorientador



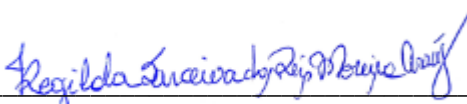
Dr. Márcio Schmiele (UFVJM)
(1º Examinador)



Dr. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho (EMBRAPA)
(2º Examinador)



Dr. Alessandro de Lima (CG/IFPI)
(3º Examinador)



Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo (DN/PPGAN/UFPI)
(4º Examinador)

Aos meus filhos, Rafael e Laura pelo amor incondicional e ao meu esposo Maurisrael, pela paciência e companheirismo inesgotáveis. Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu força e sabedoria para superar as dificuldades. E a todos os meus mentores espirituais que me acompanham, guiam e orientam em todos os momentos, mostrando-me o melhor caminho a seguir.

Ao Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva, pela amizade, orientação, apoio e confiança em mim depositada.

Ao Dr. Jorge Minoru Hashimoto, pela orientação, esforço, paciência e pela dedicação durante toda execução do trabalho.

À Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo, pelos ensinamentos e pelas valorosas contribuições na fase de desenvolvimento deste estudo.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, em especial aos pesquisadores Dr. José Luis Ramírez Ascheri, Dr. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho, Dra. Melicia Cintia Galdeano e Dr. José Luiz Viana de Carvalho, pela receptividade e contribuição no estudo.

À Embrapa Meio-Norte pela cessão dos meios necessários para a execução desta pesquisa.

À Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN) que me permitiu um ambiente de aprendizado e crescimento acadêmico.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À equipe do laboratório de bromatologia da Embrapa Meio-Norte, Luís José Duarte Franco e Diego Sávio de Oliveira, pelo auxílio na execução das análises laboratoriais.

Aos colegas de laboratório, Luís Michel Lugo, Jéssica Pinheiro, Lunna Paula Carnib, Olímpio Santos, Ana Flávia Lopes, Paulo Vitor Sousa, Débora Sampaio, Ana Karine Soares, Amanda Jéssica Moura, Bruna Abreu, Nara Vanessa Barros e Maria Fabrícia Goncalves, pelas valiosas contribuições na execução de parte das análises.

Aos meus filhos Rafael e Laura, meus melhores presentes de Deus. Em especial ao meu marido, Maurisrael Rocha, pelo amor e apoio incondicional, e ainda por me mostrar durante todas as dificuldades que por pior que fossem eu era capaz de superá-las. Amo vocês!

Aos meus pais Antônio dos Santos e Eulénice Veras, e minhas irmãs, Tassiana Veras e Taiza Veras, que amo de todo coração.

A todos os meus amigos, família escolhida nesta vida, que sempre estiveram prontos a ajudar. Enfim, a todos que estiveram comigo nesses anos de luta, agradeço!

RESUMO

SILVA, I. C. V. **Potencial tecnológico, nutricional e funcional de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) e sua aplicabilidade na indústria alimentícia.** 2020. 180 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI.

O feijão-caupi é uma leguminosa que apresenta diversas vantagens agronômicas, grande variabilidade genética, excelente adaptabilidade e alto valor nutritivo. Seus grãos são fontes de proteínas, aminoácidos (exceto os sulfurados), fibras alimentares, vitaminas, minerais e compostos bioativos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial da cultivar BRS Tumucumaque como matéria-prima no desenvolvimento de produto extrusado tipo *snack*. Seus grãos foram descorticados utilizando-se o processo mecânico de remoção do tegumento, os cotilédones obtidos foram transformados em farinha e, posteriormente, submetida ao processo de extrusão em equipamento de dupla rosca, utilizando-se o Delineamento Box-Behnken com três variáveis independentes: temperatura de extrusão (100, 120 e 140 °C), umidade de alimentação (12, 14 e 16%) e velocidade de rotação das roscas (300, 500 e 700 rpm). Estudou-se o efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades físico-funcionais índice de expansão seccional (IES), índice de expansão longitudinal (IEL), índice de expansão volumétrica (IEV), índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção de água (IAA) e força de compressão (FC). A matéria-prima e os produtos extrusados foram analisados quanto à composição centesimal, fibra alimentar, minerais, perfil de aminoácidos, compostos bioativos e fatores antinutricionais. A cv. BRS Tumucumaque é adequada para o processo de descorticação mecânica por apresentar bom rendimento em cotilédones e atributos nutricionais. As farinhas desenvolvidas apresentaram boas propriedades físicas, químicas, tecnológicas e funcionais. A temperatura de extrusão e a velocidade de rotação as roscas foram os parâmetros que mais influenciaram nas propriedades físico-funcionais avaliadas. A temperatura de extrusão afetou de forma significativa e negativa apenas o IES; a velocidade de rotação das roscas foi o único parâmetro de extrusão que afetou de forma significativa as demais respostas, sendo positiva para IEL, IEV e ISA, e negativa, para o IAA e a FC. Os *snacks* 13, 14, e 15 apresentam uma melhor aparência, um bom índice de expansão radial e um aspecto mais homogêneo, com células menores e paredes finas, resultando em melhor crocância. A função desejabilidade global dos extrusados foi considerada abaixo do excelente, mas dentro do aceitável. O *snack* obteve boa aceitação sensorial pelos assessores sensoriais. O processo de extrusão afetou a composição centesimal e minerais dos extrusados em relação à farinha de cotilédones, que tiveram como principais minerais ferro, zinco, manganês, fósforo e potássio; o perfil de aminoácidos mostrou teores menores quando comparados à matéria-prima e aos padrões de referência recomendados pela FAO; houve redução nos teores de compostos bioativos, capacidade antioxidante, taninos condensados e ácido fítico; no entanto, melhorou a digestibilidade proteica *in vitro*. Os resultados indicam que o feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque possui atributos desejáveis no desenvolvimento de *snacks* com boas características nutricionais, sendo uma boa opção na produção desse tipo de produto.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, descorticação, cotilédones, farinha, extrusão, *snacks*.

ABSTRACT

SILVA, I. C. V. **Technological, nutritional and functional potential of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and its applicability in the food industry**. 2020. 180 f. Doctoral Thesis - Postgraduate Program in Food and Nutrition, Federal University of Piauí, Teresina, PI.

ABSTRACT - Cowpea is a legume that has several agronomic advantages, great genetic variability, excellent adaptability and high nutritional value. Its grains are sources of proteins, amino acids (except the sulfur), dietary fibers, vitamins, minerals and bioactive compounds. This work aimed to evaluate the potential of the cultivar BRS Tumucumaque as a raw material in the development of extruded product type snack. Its grains were decorticated using the mechanical process of tegument removal, the obtained cotyledons were transformed into flour and, subsequently, subjected to the extrusion process in double-screw equipment, using the Box-Behnken design with three independent variables: die temperature. (100, 120, and 140 °C), feed moisture (12, 14, and 16%) and screw speed (300, 500, and 700 rpm). The effect of extrusion parameters on the physical-functional properties was studied; sectional expansion index (SEI), longitudinal expansion index (LEI), volumetric expansion index (VEI), water solubility index (WSI), water absorption index (WAI), and compression force (CF). The raw material and extruded products were analyzed for proximate composition, dietary fiber, minerals, amino acid profile, bioactive compounds, and antinutritional factors. The cv. BRS Tumucumaque is suitable for the mechanical decortication process as it presents good yield in cotyledon and nutritional attributes. Die temperature only significantly affected the IES; screw speed was the only extrusion parameter that significantly affected the other responses, being positive for LEI, VEI and WSI, and negative for WAI and CF. Snacks 13, 14, and 15 have a better appearance, a good rate of radial expansion and a more homogeneous appearance, with smaller cells and thin walls, resulting in better crispness. The overall desirability function of the extrudates was considered to be below excellent, but within the acceptable range. The snack obtained good sensory acceptance by the sensory assessors. The extrusion process affected the proximate and mineral proximate of the extrudates in relation to cotyledon flour, which had as main minerals iron, zinc, manganese, phosphorus, and potassium; the amino acid profile showed lower contents when compared to the raw material and the reference standards recommended by FAO; and there was a reduction in the contents of bioactive compounds, antioxidant capacity, condensed tannins, and phytic acid; however improved the protein digestibility *in vitro*. The results indicate that cowpea cv. BRS Tumucumaque has desirable attributes in the development of snacks with good nutritional characteristics, being a good alternative in the production of this product type.

Keywords: *Vigna unguiculata*, decortication, cotyledons, flour, extrusion, snacks.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 2

EFEITO DE PARÂMETROS DO PROCESSO DE EXTRUSÃO SOBRE PROPRIEDADES FÍSICO-FUNCIONAIS DE SNACKS DE FARINHA DE COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI

1. Efeito do processo de extrusão no índice de solubilidade em água com umidade mantida em 14% (a) e força de compressão com temperatura mantida em 120 ° C (b).....95
2. Seção transversal de extrusados de farinha de cotilédone de feijão-caupi obtidos em diferentes condições de temperatura (100 a 140 °C), velocidade de rotação da rosca (300 a 700 rpm) e umidade de alimentação (12 a 16%)..... 98
3. Perfil dos valores preditos da desejabilidade individual e global para o índice de solubilidade em água e a força de compressão na otimização dos *snacks* extrusados de farinha de feijão-caupi descorticado 100

ARTIGO 3

SNACKS DE FARINHA DE COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI: CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS, NUTRITIVAS E FUNCIONAIS

1. Intenção de compra para *snacks* de farinha de cotilédones de feijão-caupi. 117

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE GRÃOS INTEGRAIS, COTILÉDONES E COPRODUTO DE FEIJÃO-CAUPI CV. BRS TUMUCUMAQUE

1. Percentual das farinhas dos grãos integrais (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) do feijão-caupi cv. BRS Tuumucumaque retidas nas peneiras durante a análise granulométrica	43
2. Módulo de finura (MF), diâmetro geométrico médio das partículas (DGM) e índice de uniformidade (IU) das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) do feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.....	44
3. Índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção de água (IAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) do feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.	45
4. Capacidade emulsificante (CE) e estabilidade emulsificante (EE) das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) do feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque	48
5. Atividade de água (Aw), potencial hidrogeniônico (pH) e acidez total titulável (ATT) das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) do feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque	49
6. Composição centesimal das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) do feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.	51
7. Perfil de minerais das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) da cultivar de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque	55
8. Perfil de aminoácidos das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) da cultivar de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.	58
9. Compostos bioativos das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) da cultivar de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.	60
10. Capacidade antioxidante das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) da cultivar de feijão-caupi BRS Tumucumuque.	62

11. Fatores antinutricionais das farinhas de grão integral, cotilédones e coproduto.....	64
--	----

ARTIGO 2

EFEITO DE PARÂMETROS DO PROCESSO DE EXTRUSÃO SOBRE PROPRIEDADES FÍSICO-FUNCIONAIS DE SNACKS DE FARINHA DE COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI cv. BRS TUMUCUMAQUE

1. Níveis expressos em valores codificados e reais das condições experimentais do planejamento experimental Box-Behnken 3 ² do processo de extrusão da farinha de cotilédones de feijão-caupi e suas respostas experimentais.....	89
2. Coeficientes de regressão e determinação das variáveis resposta índice de expansão seccional (IES), índice de expansão longitudinal (IEL), índice de expansão volumétrica (IEV), índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção de água (IAA) e força de compressão.....	92
3. Coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físico-funcionais dos extrusados de farinha de cotilédones de feijão-caupi.	92

ARTIGO 3

SNACKS DE FARINHA DE COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI: CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS, NUTRITIVAS E FUNCIONAIS

1. Aceitação dos <i>snacks</i> pelos assessores sensoriais não treinados.....	115
2. Compostos bioativos e capacidade antioxidante dos <i>snacks</i> extrusados.....	118
3. Composição centesimal e valor energético total de farinha de cotilédones (FCT) e produto extrusado (<i>Snack</i> T13).	120
4. Comparação entre a composição nutricional obtida para o <i>snack</i> de feijão-caupi e as informações nutricionais presente em rótulos de <i>snacks</i> comerciais de feijão preto e milho.	122
5. Composição mineral da farinha de cotilédones (FCT) e produto extrusado (<i>Snack</i> T13).	123
6. Perfil de aminoácidos da farinha de cotilédones (FCT), <i>snack</i> T13 e padrão de referência (PR) para crianças de 1 a 2 anos de idade (WHO, 2007).	125
7. Fatores antinutricionais da farinha de cotilédones (FCT) e <i>snack</i> T13.	127
9. Digestibilidade proteica <i>in vitro</i> da farinha de cotilédones (FCT) e <i>snack</i> T13.....	128

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AOAC - Association of Official Analytical Chemists
FAO - *Food and Agriculture Organization*
WHO - *World Health Organization*
CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
BRS - Brasil sementes
cv. - Cultivar
FGI - Farinha de grão integral
FCT - Farinha de cotilédones
FCO - Farinha de coproduto
pH - Potencial Hidrogeniônico
IAA - Índice de absorção de água
ISA - Índice de solubilidade em água
ICP - *Inductive Coupling Plasma*
CAO - Capacidade de absorção de óleo
CE - Capacidade emulsificante
EE - Estabilidade emulsificante
MF - Módulo de finura
DGM - Diâmetro geométrico médio das partículas
IU - Índice de uniformidade
Aw - Atividade de água
ATT - Acidez total titulável
VET - Valor energético total
FAS - Fibra alimentar solúvel
FAI - Fibra alimentar insolúvel
FAT - Fibra alimentar total
IEL - Índice de expansão longitudinal
IES - Índice de expansão seccional
IEV - Índice de expansão volumétrica
EAG - Equivalente de Ácido Gálico
EQ - Equivalente de Quercetina
EC - Equivalente de Catequina
DPPH - *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*
TROLOX - *6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid*
Fe - Ferro
Zn - Zinco
Mn - Manganês
Cu - Cobre
Ca - Cálcio
Mg - Magnésio
Na - Sódio
K - Potássio
P - Fósforo

SUMÁRIO

RESUMO	06
ABSTRACT	07
LISTA DE FIGURAS	08
LISTA DE TABELAS	10
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. OBJETIVOS	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Classificação e origem.....	17
3.2 Importância econômica.....	17
3.3 Qualidade nutricional	19
3.4 Formas de comercialização e consumo	23
3.5 Importância industrial.....	23
3.6 Farinha de cotilédones	24
3.7 Processo de extrusão termoplástica	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
ARTIGO 1	
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE GRÃOS INTEGRAIS, COTILÉDONES E COPRODUTO DE FEIJÃO-CAUPI CV. BRS TUMUCUMAQUE	32
1. Introdução.....	34
2. Material e métodos	36
3. Resultados e discussão	43
4. Conclusões.....	65
5. Referências	66
ARTIGO 2	
EFEITO DE PARÂMETROS DO PROCESSO DE EXTRUSÃO SOBRE PROPRIEDADES FÍSICO-FUNCIONAIS DE SNACKS DE FARINHA DE COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI	84
1. Introdução.....	86

2. Material e métodos	88
3. Resultados e discussão	90
4. Conclusão	99
5. Referências	101
ARTIGO 3	
SNACKS DE FARINHA DE COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI: CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS, NUTRITIVAS E FUNCIONAIS	
1. Introdução.....	109
2. Material e métodos	110
3. Resultados e discussão	115
4. Conclusões.....	129
5. Referências	130
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
6. REFERÊNCIAS GERAIS	140
APÊNDICES	160
APÊNDICE A	161
APÊNDICE B.....	162
APÊNDICE C.....	163
APÊNDICE D	164
APÊNDICE E.....	165
APÊNDICE F	166
APÊNDICE G	167
APÊNDICE H	168
ANEXOS	169
ANEXO A – PARECER DE APROVAÇÃO JUNTO AO CEP	170
ANEXO B – FICHA PARA O TESTE DE ACEITAÇÃO	174
ANEXO C – FICHA PARA O TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA.....	175
ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	176

1. INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], por vários aspectos, é uma cultura de grande notoriedade em diversos países, com importância agrônômica, econômica e social, gerando receita para toda cadeia produtiva-comercial, possui potencial industrial e relevante valor nutricional. No Brasil é um componente alimentar primordial para as populações das regiões Norte e Nordeste, de grande importância para a nossa cultura e culinária, sendo tradicionalmente utilizado em uma enorme variedade de pratos.

A área cultivada e a produção total de feijão-caupi no Brasil na safra 2019/20 foi de 1.307,8 mil hectares e 712,6 mil toneladas, respectivamente. Os estados de Mato Grosso (137,7 mil toneladas), Ceará (97,8 mil toneladas), Bahia (97,7 mil toneladas) e Piauí (70,2 mil toneladas) foram os maiores produtores do país nesta safra (CONAB, 2020). Considerando que a cultura do feijão-caupi gera em média 0,8 empregos/hectare, o consumo per capita médio é de 18,21 kg/pessoa/ano e o preço mínimo da saca de 60 kg de R\$ 80,00 (FREIRE FILHO, 2011), constata-se que na safra 2019/20 a cultura gerou, em média, 1.046.240 empregos, produziu suprimento alimentar para 39.132.345 pessoas e gerou uma produção anual no valor de R\$ 950.133.333 reais.

Os dados acima traduzem a importância socioeconômica do feijão-caupi e evidenciam a necessidade de pesquisas com a cultura, principalmente na industrialização do grão, segmento este, de grande importância para a cadeia produtiva do feijão-caupi. A transformação dos grãos em produtos industrializados agrega valor e amplia as opções de comercialização.

Estudos evidenciam que o feijão-caupi é um alimento proteico, rico em aminoácidos essenciais, exceto os sulfurados, fibras alimentares, baixo teor de lipídeos, com maior proporção de ácidos graxos insaturados e ainda pesquisas têm relacionado a sua ingestão a efeitos fisiológicos benéficos como melhora do perfil lipídico e ação antioxidante (FROTA et al., 2015; KAPRAVELOU et al., 2015).

O feijão-caupi é consumido, principalmente, na forma de grãos secos, podendo ainda ser consumido como hortaliça, na forma de grãos imaturos e vagens ou na forma de farinhas obtidas a partir dos grãos secos. Dentre estes, um produto que tem incentivado a agroindustrialização do grão é a farinha do cotilédono, destinada principalmente à produção de acarajé.

Pesquisas no ramo alimentício, associadas às tecnologias permitem elaborar uma infinidade de alimentos processados com alta qualidade nutricional. Nesse contexto, a tecnologia de extrusão tem desempenhado um papel importante na obtenção de fontes alternativas de carboidratos, transformando matérias-primas amiláceas em produtos de alta aceitabilidade e conveniência (CARVALHO et al., 2012). Este processo possibilita a obtenção de uma variedade de produtos como os *snacks*, farinhas pré-gelatinizadas, cereais pré-cozidos, alimentos infantis, amidos modificados, proteínas vegetais texturizadas, macarrão, biscoitos (BERRIOS et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2014).

Existem duas modalidades de extrusão aplicadas na indústria alimentar, extrusão convencional e termoplástica. No processo de extrusão convencional ou extrusão à frio ocorre apenas uma mudança de conformação, usada para moldagem de massas alimentícias e no processamento de produtos cárneos e de gomas (LOPES-DA-SILVA et al., 2016).

A extrusão termoplástica é um processo contínuo que aplica tecnologia de cozimento sob alta temperatura por curto período de tempo, no qual as matérias-primas, geralmente granulares e farináceas, são forçadas a passar por um orifício de saída tornando-se produtos geométricos totalmente cozidos com transformações nas características químicas, físicas e nutricionais dos alimentos (BERRIOS et al., 2013; SOUZA et al., 2013). É um processo eficaz para melhoria do valor nutricional, melhoria da digestibilidade das proteínas e do amido, das propriedades funcionais e diminuição ou eliminação de fatores antinutricionais (BATISTA et al., 2010; LOPES-DA-SILVA et al., 2016; DEENANATH; EGAL, 2017)

Os atributos nutricionais de grãos não extrusados de leguminosas têm sido claramente estabelecidos, mas os potenciais benefícios nutricionais devido ao processo de extrusão termoplástica ainda é um tema de investigação, pois vários aspectos que envolvem o desenvolvimento dos produtos extrusados de grãos de leguminosas precisam ser considerados ao informar sobre os seus benefícios à saúde (BERRIOS et al., 2013).

As informações apresentadas indicam a necessidade de mais estudos científicos para avaliar os efeitos dos parâmetros do processo de extrusão termoplástica em grãos de feijão-caupi e derivados, sob os aspectos da funcionalidade física, química e nutricional, visando delinear as transformações que ocorrem em relação às matérias-primas.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o potencial da cultivar BRS Tumucumaque como matéria-prima no desenvolvimento de produto extrusado tipo *snack*.

2.2 Específicos

Caracterizar as propriedades tecnológicas, físicas, químicas e nutricionais das farinhas originadas a partir do descorticamento dos grãos do feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.

Modelar parâmetros do processo de extrusão para obter *snacks* utilizando farinha de cotilédones de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.

Avaliar o efeito das condições de extrusão nas propriedades físico-funcionais dos *snacks* de farinha de cotilédones de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque

Analisar as características físico-químicas, nutricionais e sensoriais dos *snacks* de farinha de cotilédones de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.): pesquisas, desafios e perspectivas para sua utilização como matéria-prima na indústria de alimentos

3.1 Classificação e origem

O feijão-caupi é uma planta *Dicotyledonea*, da ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp., subespécie *unguiculata* e seção *catiang*. A espécie também é classificada em cinco grupos de cultivo (cultigrupos): *Unguiculata*, *Biflora*, *Sesquipedalis*, *Textilis* e *Melanolphthalmus* (ABIODUN et al., 2020). As cultivares brasileiras utilizadas para produção de grãos secos se enquadram nas características dos cultigrupos *Unguiculata* (cultivares de vagens longas, com muitos grãos por vagem) e *Melanolphthalmus* (cultivares de vagens, com poucos grãos por vagem) (FREIRE FILHO et al., 2017).

De origem africana, o feijão-caupi foi introduzido no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no Estado da Bahia. Entre a população brasileira é conhecido por diversos nomes, entre eles: feijão-caupi, feijão-de-corda, feijão-macassa ou macassar, feijão-fradinho, feijão-de-praia, feijão-da-colônia, feijão-de-estrada, feijão-miúdo, feijão-sopinha, feijão-manteiguinha, feijão-gurutuba e feijão-catador (FREIRE FILHO, 2011; PINHEIRO et al., 2020).

3.2 Importância econômica

O feijão-caupi é uma das culturas de grãos de leguminosas mais importantes nas regiões áridas, semiáridas e tropicais da Ásia, Oceania, sul da Europa, África, sul dos Estados Unidos e América Central e do Sul, amplamente cultivada como cultura polivalente (SILVA et al., 2018). É cultivada como principal cultura de leguminosas na África (Egito, Nigéria), América do Sul (Colômbia, Brasil), os EUA, México, Ásia (China, Paquistão e Japão) e no Sul e Sudeste da Europa (Espanha, Itália, Portugal, Grécia e Chipre). É realmente uma cultura multifuncional,

fornecendo alimento para o homem e gado e servindo como uma mercadoria geradora de receita valiosa e confiável para fazendeiros e comerciantes de grãos (XIONG et al., 2016; SILVA et al., 2018).

A cultura do feijão-caupi apresenta grande variabilidade genética que a torna versátil, sendo usada para várias finalidades e em diversos sistemas de produção. É uma espécie de grande capacidade de adaptação aos diferentes ecossistemas, apresentando ciclo curto, baixa exigência hídrica, rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade, em função de suas altas taxas de fixação de nitrogênio, simbiose com micorrizas e capacidade de tolerar o solo em diferentes faixas de pH (FREIRE FILHO et al., 2017).

De acordo com os dados da Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2019), aproximadamente 7,2 milhões de toneladas de feijão-caupi são produzidos anualmente com um mínimo de 12,5 milhões de hectares plantados em todo o mundo. No entanto, de acordo com Freire Filho et al. (2017), estes dados de produção podem estar subestimados em razão de países como Brasil, por exemplo, e outros não apresentarem estatísticas separadas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), apesar de apresentarem volume expressivo de produção.

A produção de feijão-caupi no Brasil concentra-se nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. No Norte e Nordeste, o sistema de cultivo está associado à agricultura familiar, geralmente com baixo uso de tecnologias e sujeito a irregularidades pluviométricas, o que confere baixo rendimento de grãos. Na região Centro-Oeste, predomina a agricultura empresarial e o cultivo é realizado predominantemente em áreas de cerrado, onde os agricultores fazem uso de sementes selecionadas, fertilizantes e produtos fitossanitários, atendendo, dessa forma, às necessidades da cultura, o que contribui para obtenção de melhores rendimentos. Dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020) mostraram que na safra 2019/2020 a produção de feijão-caupi chegou a 712.600 toneladas, com uma produtividade média de 545 kg ha⁻¹. Os maiores produtores nacionais são os estados do Mato Grosso (142.400 ton.), Ceará (109.600 ton.), Bahia (95.800 ton.) e Piauí (82.700 ton.). A produção total do estado de Piauí na safra 2019/2020 foi de 83.196 ton. (LSPA, 2020). Os maiores produtores piauienses na safra 2018/2019 foram os municípios de Pio IX (7.200 ton.), Baixa Grande do Ribeiro (3.915 ton.), Fronteiras (2.592 ton.) e Itainópolis (2.400 ton.) (LSPA, 2019).

O feijão-caupi é um alimento básico para milhões de pessoas, principalmente as populações de baixa renda do Norte e Nordeste brasileiro, destacando-se pelo alto valor nutritivo em todas as partes da planta, além do baixo custo de produção (FREIRE FILHO et al., 2017). Em função do seu valor nutritivo, os grãos de feijão-caupi desempenham um papel relevante na dieta humana, representando uma importante fonte de proteínas, vitaminas, minerais e fibras (CARVALHO et al., 2017).

3.3 Qualidade nutricional

Estudos realizados mostram que a composição química dos grãos de feijão-caupi apresenta significativa variabilidade no teor de proteínas e carboidratos, destacando-se pelo alto teor de fibras alimentares, minerais e vitaminas (CARVALHO et al., 2012), variando consideravelmente entre os genótipos (GIAMI, 2005). No entanto, a composição química dos grãos está fortemente associada às condições ambientais, propriedades do solo e as práticas de cultivo (HAIDER et al., 2018).

O feijão-caupi é um alimento com um ótimo valor nutritivo, apresentando alto conteúdo de proteínas variando de 25 a 30% (CARVALHO et al., 2017). Para algumas cultivares melhoradas de feijão-caupi, o conteúdo de proteína pode ser maior que 30% (SANTOS et al., 2013; SILVA et al., 2018).

É uma das principais fontes de carboidratos para um grande segmento da população mundial, desempenhando um papel significativo na dieta de muitas comunidades (CARVALHO et al., 2017). Os teores de carboidratos no feijão-caupi podem variar de 50 a 70% (CARVALHO et al., 2017; ALGHAMDI et al., 2020). Uma quantidade considerável de amido resistente é encontrada no grão de feijão-caupi, variando de 9,04 a 9,62 g 100 g⁻¹ (EASHWARAGE et al., 2017). Esses teores de amido resistente (ou seja, amido que resiste à digestão pela amilase no intestino delgado e progride para o intestino grosso para fermentação pelas bactérias intestinais) lhe confere baixo índice glicêmico (JAYATHILAKE et al., 2018).

As cultivares de feijão-caupi apresentam baixos teores de lipídios, variando de 1,6 a 4,4%, no entanto, são considerados de alta qualidade nutricional (NWADIKE et al., 2018; KHRISANAPANT et al., 2019; ORITA et al., 2019; KANDA et al., 2020), constituídos de ácidos graxos saturados e insaturados, principalmente pelo ácido palmítico (saturado) 35,1 a 47,1% ZIA-UL-HAQ et al. (2010) 27,68% KHRISANAPANT et al. (2019); e ácido linoleico

(insaturado) 21,7 a 41% (FROTA et al., 2010; ANTOVA et al., 2014) e 33,89 a 36,01% (ZIAUL-HAQ et al., 2010) 35,97% KHRISANAPANT et al. (2019).

Nos grãos de feijão-caupi estão presentes macros e microminerais, estes apresentam grande variação em seus teores; ferro de 3,66 a 7,8 mg 100g⁻¹; zinco de 3,17 a 5,66 mg 100g⁻¹; potássio de 745 a 1430 mg 100g⁻¹; manganês de 1,17 a 2,7 mg 100g⁻¹; cobre de 0,33 a 0,59 mg 100g⁻¹; fósforo de 303 a 510 mg 100g⁻¹; magnésio de 47,2 mg 100g⁻¹; cálcio de 176 mg 100g⁻¹ (FROTA et al., 2008; PEREIRA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017; RIOS et al., 2018; GONÇALVES et al., 2020) e selênio de 0,5 a 15,58 mg kg⁻¹ (RAMOS et al., 2019; SILVA et al., 2019).

O grão de feijão-caupi ainda é fonte de vitaminas A e C, e uma quantidade apreciável de tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B6, ácido pantotênico, piridoxina e folacina (ASARE et al., 2013; BAPTISTA et al., 2017; SILVA et al., 2018). Adicionalmente, contém vitamina E, onde o δ -tocoferol foi observado com maior concentração (15,1 a 109,7 10⁻³ g kg⁻¹), seguido por γ -tocoferol (4,3 a 92,3 10⁻³ g kg⁻¹), e γ -tocotrienol (0,7 a 3,4 10⁻³ g kg⁻¹) (GONÇALVES et al., 2016).

De acordo com Silva et al. (2018), as principais vitaminas presentes no feijão-caupi são as pertencentes ao complexo B, sendo relatadas por Gonçalves et al. (2016) os seguintes teores: niacina (7,0 a 40,0 10⁻³ g kg⁻¹); ácido pantotênico (17,0 a 22,0 10⁻³ g kg⁻¹); tiamina (2,0 a 17,0 10⁻³ g kg⁻¹); piridoxina (2,0 a 4,0 10⁻³ g kg⁻¹); ácido fólico (1,0 a 4,0 10⁻³ g kg⁻¹); riboflavina (1,0 a 3,0 10⁻³ g kg⁻¹); biotina (0,2 a 0,3 10⁻³ g kg⁻¹) e traços de cobalamina.

Quanto aos aminoácidos, seus grãos são ricos em lisina e triptofano quando comparado aos grãos de cereais, porém, pobres nos aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína. No entanto, fatores genéticos e agrônômicos podem influenciar o perfil de aminoácidos do feijão-caupi (PANDURANGAN et al., 2015; FROTA et al., 2017). Vasconcelos et al. (2010) e Frota et al. (2017) observaram que o feijão-caupi apresenta cisteína e metionina como aminoácidos limitantes, enquanto os demais aminoácidos atendem às recomendações do padrão de aminoácidos da FAO para crianças (2 a 5 anos). Diferentemente, Elhardallou et al. (2015) e Anjos et al. (2016) encontraram teores de todos os aminoácidos essenciais abaixo da recomendação em algumas cultivares de feijão-caupi.

Estudos mostram que o feijão-caupi apresenta qualidade em termos de composição química. Seus grãos possuem compostos nutraceuticos com efeitos benéficos à saúde humana (SILVA et al., 2018; SOMBIÉ et al., 2018). Dentre estes compostos, destacam-se as fibras

alimentares (SILVA et al., 2018) e os polifenóis, que apresentam elevada capacidade antioxidante (BARROS et al., 2017; MOREIRA-ARAÚJO et al., 2017).

Os grãos de feijão-caupi são ricos em fibra alimentar total, com teores variando de 12 a 23%, consistindo principalmente das frações solúvel e insolúvel, aproximadamente 90% do total são de fibras insolúveis, tornando o feijão-caupi uma excelente fonte deste componente funcional (KIRSE; KARKLINA et al., 2015; EASHWARAGE et al., 2017; ORITA et al., 2019).

Os principais tipos de polifenóis presentes nos grãos de feijão-caupi, são os ácidos fenólicos e flavonoides. Além disso, os teores totais destes compostos e as propriedades funcionais variam de acordo com a cultivar em estudo (genótipos) e dos fenótipos do tegumento da semente (SOMBIÉ et al., 2018; JAYATHILAKE et al., 2018).

Adjei-Fremah et al. (2015) observaram que o conteúdo fenólico total, taninos condensados e capacidade antioxidante de extratos de grãos de feijão-caupi variaram de 46,48 a 119,61 mg GAE 100 g⁻¹, 0,22 a 0,16 mg CE 100 g⁻¹ e 53,20 a 136,41 μM TE 100 g⁻¹, respectivamente. De acordo com Jayathilake et al. (2018), o feijão-caupi contém cerca de 70% de fenólicos livres e 30% de fenólicos ligados, onde o tegumento do grão foi relatado como contendo pelo menos 5 a 10 vezes mais conteúdo fenólico do que o cotilédone. O tegumento do grão também contém aproximadamente 10 vezes mais flavonoides em comparação com as sementes inteiras.

De acordo com Apea-Bah et al. (2017) e Moreira-Araújo et al. (2018), os compostos fenólicos presentes no feijão-caupi são responsáveis pela sua ação antioxidante e outras propriedades promotoras da saúde do feijão-caupi, conferindo-lhe potencial antioxidante e funcional.

Para avaliar o potencial e a efetividade da capacidade antioxidante em extratos de grãos de feijão-caupi, na literatura científica tem sido descrito diferentes métodos para a mensuração da capacidade antioxidante: 608,5 μmol TEAC g⁻¹ (ABTS) e 575,4 μmol TEAC g⁻¹ (DPPH), MOREIRA-ARAÚJO et al. (2018); 674 a 889 μmol TEAC g⁻¹ (DPPH) e 509 a 789 μmol TEAC g⁻¹ (FRAP), YADAV et al. (2018); 952.16 μmol TEAC g⁻¹ (ABTS), RAJENDRA et al. (2019); 72 a 148,38 μmol TEAC g⁻¹ (FRAP) e 72 a 137,10 μmol TEAC g⁻¹(DPPH) ZHOUYA et al. (2019); 490,55 a 493,54 μmol TEAC g⁻¹ (DPPH) e 799,21 a 837,73 μmol TEAC g⁻¹ (ABTS), 356,53 a 453,10 μmol TEAC g⁻¹ (FRAP), BARROS et al. (2020).

Barros et al. (2020) observaram uma redução na capacidade antioxidante após o processo de cozimento dos grãos de feijão-caupi 336,14 a 278,39 $\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ (DPPH) e 428,88 a 528,92 $\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ (ABTS), 162,30 a 274,86 $\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ (FRAP).

Não obstante, o feijão-caupi apresenta algumas limitações no consumo, devido a frações de fatores antinutricionais, como inibidores de protease, taninos e alcalóides (BAPTISTA et al., 2017), longo tempo de cozimento (HAMID et al., 2016) e flavors indesejáveis causados por enzimas endógenas (lipoxigenases) (KHRISANAPANT et al., 2019).

A fim de melhorar o conteúdo nutricional geral, vários métodos de processamento (imersão, germinação, fermentação, extrusão, pré-cozimento com vapor, cozimento sob pressão e descorticamento) podem ser aplicados para reduzir ou remover completamente os fatores antinutricionais que estão presentes nos grãos de feijão-caupi, pois estes geram um impacto negativo na disponibilidade e digestibilidade de nutrientes (AMONSOU et al., 2009; PRINCEWILL; EZINNE, 2014; OGUNNIGBO et al., 2018; CHIPURURA et al., 2018; DIOUF et al., 2019; MAKINDE; ABOLARIN, 2020; JAICHAND et al., 2020).

Diversos estudos foram realizados com o objetivo de verificar os efeitos de diferentes técnicas de processamento sobre os fatores antinutricionais: Cozimento em água, cozimento sob pressão e germinação (OMENNA et al., 2016); Maceração, germinação, descorticamento, cozimento em água, cozimento sob pressão, fritura e puffing (maceração solução de bicarbonato de sódio 4% e solução de sal a 6% na proporção de 1: 3 por 33 h) (THENMOZHI, 2016); Cozimento em água, cozimento em autoclave e maceração (JAICHAND et al., 2020); Descorticamento e cozimento em água, descorticamento e cozimento em autoclave, e descorticamento e torrefação (MAKINDE; ABOLARIN, 2020); Maceração, germinação, fermentação, extrusão, pré-cozimento com vapor (DIOUF et al., 2019).

Neste sentido, pesquisas relacionadas ao processamento dos grãos de feijão-caupi que minimizem os efeitos dos fatores antinutricionais, caracterizam as propriedades físico-funcionais e tecnológicas no desenvolvimento de novos produtos ampliando o consumo desse grão em diversos alimentos, como matéria-prima no enriquecimento de produtos tradicionais ou no desenvolvimento de novos produtos são ainda insuficientes, principalmente com relação a cultivares diferenciadas.

3.4 Formas de comercialização e consumo

Tradicionalmente, existem três segmentos de mercado para a cultura do feijão-caupi: grãos secos, grãos imaturos (feijão-verde e vagem) e sementes. Esses dois últimos são mercados crescentes (FREIRE FILHO, 2011; SOUSA et al., 2015).

Quanto às formas de consumo, estas geralmente são conforme os hábitos culturais de cada região (SILVA et al., 2018), preparado a partir de suas vagens imaturas (ZHUZHUKIN et al., 2017; KARAPANOS et al., 2017), grãos imaturos (MELO et al., 2017; SILVA et al., 2017), grãos germinados (NAIK et al., 2016), fermentado (FERREIRA et al., 2019), em receitas culinárias típicas, como por exemplo, cozido e/ou combinados com cereais, baião-de-dois (NWOSU, 2011; MELO et al., 2017; OTUNOLA; AFOLAYAN, 2018); o feijão maduro (grãos secos) pode ser consumido na forma de um bolinho de sua massa frito (akara ou acarajé) (ROGÉRIO et al., 2014; MOUTALEB et al., 2017) ou cozido no vapor (moi-moi) (BOUKAR et al., 2015; EKE-EJIOFOR; KPORNA 2019; OKWUNODULU et al., 2019; EMELIKE, 2020), mas o seu maior consumo é na forma tradicional de grão cozido (grão imaturo ou maduro) com caldo.

Embora os grãos sejam o foco principal da planta do feijão-caupi, tanto as flores quanto as folhas também são consideradas comestíveis em algumas partes do mundo. As partes verdes da planta podem ser usadas como hortaliças e são frequentemente servidos cozidos, bem como consumidos fritos ou frescos (KAPRAVELOU et al., 2015; (CARVALHO et al., 2017, SILVA et al., 2018; ENYIUKWU et al., 2018b; MOLOTO et al., 2020). Também, grãos, vagens e folhas do feijão-caupi são processados e usados como alimento ingrediente pela indústria alimentícia ENYIUKWU et al. (2018ab); MAFOKOANE et al. (2019); TIWARI et al. (2019).

3.5 Importância industrial

Devido a sua composição nutricional e benefícios funcionais, o feijão-caupi ganhou importância industrial para ser usado como ingrediente potencial em formulações de alimentos. Diferentes tecnologias de processamento são apresentadas com potencial para aumentar não somente a qualidade nutricional e organoléptica dos grãos, mas também aumentar a sua conveniência. Entre as formas de processamento, destacam-se: grãos imaturos minimamente processados (COLLADO et al., 2019); processamento de “sous vide”, microondas e alta pressão (KLUG et al., 2020); grãos imaturos branqueado e congelado (MACHADO et al.,

2017a; MACHADO et al., 2017b); grão enlatado (comercialmente estéril) (HAMA et al., 2020); farinha integral (RIOS et al., 2018; ADJEI-FREMAH et al., 2019) e farinha de cotilédones (SANTOS, 2017; HASHIMOTO et al., 2020).

Dentre esses estudos, destaca-se a farinha de feijão-caupi, que pode ser utilizada como matéria-prima ou ingrediente na formulação de novos produtos, melhorando a aparência e o sabor característico dos grãos. Ela pode ser introduzida na alimentação, especialmente de crianças menores, através da farinha integral pré-cozida, com a possibilidade de produzir papas, mingaus, caldos, e no preparo de alimento escolar.

A literatura menciona que a farinha de feijão-caupi pode ser utilizada como ingrediente em diversos produtos alimentícios: pães integrais (SIMPLÍCIO, 2013; OLAOYE, 2017; ALI et al., 2019); biscoitos (LANDIM et al., 2016; PHEBEAN et al., 2017; OMAR; SONKAR, 2019); pão de queijo (CAVALCANTE et al., 2017; MOREIRA-ARAÚJO; BRANDÃO, 2018); bolo (APEA-BAH et al., 2017); massas tipo macarrão (DAVID et al., 2017; MBAEYI-NWAOHA; UGWU, 2018; RITIKA et al., 2016; ORISA; UDOFIA, 2019); produtos cárneos, hambúrguer (LIMA et al., 2018); nugget (FAUJAN et al., 2018; ABREU et al., 2020); linguiça fresca (EBRAHIEM et al., 2020); “baby food” (LAWAN et al., 2018; NGOMA et al., 2018; SYEUNDA et al., 2019; LAWAN et al., 2020); produtos extrusados: farinha pré-cozida (SAMPAIO, 2017; SANTOS, 2017; DEENANATH; EGAL, 2017; PARVEZ et al., 2019); extrusados expandidos (GBENYI et al., 2016; MARENGO et al., 2016; KUMAR et al., 2016; JAKKANWAR et al., 2018; DANBABA et al., 2018).

3.6 Farinha de cotilédones

Essas pesquisas com farinha de feijão-caupi possibilitam a ampliação do consumo desse grão em diversos alimentos, no enriquecimento de produtos tradicionais ou no desenvolvimento de novos produtos. Trazem ainda, inovação no segmento do feijão-caupi com a introdução da farinha de cotilédones (grãos crus descorticados), produto de maior valor agregado, maior estabilidade de armazenamento e conveniência (GOMES et al., 2012; HASHIMOTO et al., 2020).

Os grãos de feijão-caupi possuem uma estrutura formada pelo tegumento, hilo, embrião e cotilédones, componentes principais. O tegumento e o hilo representam cerca de 9% da massa dos grãos, enquanto os cotilédones correspondem ao equivalente a 90% e o eixo embrionário 1% (KOBLOITZ, 2011; DO VALE et al., 2017; SILVA, 2019).

Conforme Akinjayeju e Ajayi (2011) e Ogunnigbo et al., (2018), o processo de descorticação (dehulling), consiste no descascamento, ou seja, na remoção do tegumento dos grãos de feijão-caupi o que resulta na separação dos cotilédones.

A farinha de cotilédones de feijão-caupi é obtida a partir do descorticação dos grãos, a remoção do tegumento pode ser feita manualmente ou mecanicamente e geralmente pode ser realizado de duas formas: úmida e seca, combinando os dois métodos (manual) (AMONSOU et al., 2009; FROTA et al., 2010; SURI et al., 2017; OGUNNIGBO et al., 2018; CHIPURURA et al., 2018; NAIKER et al., 2019), e seca (mecanizado) (AMONSOU et al., 2009; BORGES, 2008; PRINCEWILL; EZINNE, 2014; HASHIMOTO et al., 2020).

No método úmido e seco, os grãos de feijão-caupi são imersos em água para facilitar a remoção do tegumento. Os grãos absorvem umidade e incham, facilitando assim o descascamento por fricção suave com as mãos ou em pilão, o tegumento é facilmente separado dos cotilédones por flutuação. Posteriormente, os cotilédones passam por um processo de secagem para poderem ser armazenados até o momento do processamento (AMONSOU et al., 2009; OGUNNIGBO et al., 2018; CHIPURURA et al., 2018).

No método à seco de descorticação, os grãos de feijão-caupi são submetidos a um leve esmagamento do grão para produzir pedaços grandes utilizando moinho de pedra móvel e base fixa (BORGES, 2008; AMONSOU et al., 2009; HASHIMOTO et al., 2020). Neste processo é gerado um resíduo composto do tegumento, embrião e fragmentos de cotilédones.

No Brasil existem agroindústrias que realizam o descorticação do grão de feijão-caupi, localizadas no interior da Bahia, com capacidade para produzir de 300 a 500 kg de cotilédones por dia, e no Estado do Mato Grosso, três grandes unidades descascadoras de feijão-caupi, cada unidade industrial produz em média 720.000 a 900.000 kg de cotilédones por ano, ou 60.000 a 75.000 kg por mês (Informação verbal)¹.

Existe um potencial de crescimento destas agroindústrias de descorticação, visto que a demanda ainda é maior que a oferta de cotilédones no mercado, a área cultivada com feijão-caupi está se expandindo para outras unidades da federação e existe uma grande margem para o aumento da produtividade. A utilização da farinha de cotilédones de feijão-caupi é apresentada como potencial matéria-prima no desenvolvimento de produtos prontos para o consumo ou de preparação rápida à base de leguminosas, associando características atrativas

¹ Informações fornecidas por Pereira sobre a produção de cotilédones de feijão-caupi e utilização no preparo de acarajé para atender a demanda do mercado baiano, 2014.

ao consumidor como conveniência, praticidade, saudabilidade e qualidade nutricional (HASHIMOTO et al., 2020).

3.7 Processo de extrusão termoplástica

Uma das tecnologias para obtenção dos produtos alimentícios convenientes é a tecnologia de extrusão termoplástica. O cozimento por extrusão é uma técnica amplamente utilizada para a produção de diversos alimentos prontos para o consumo, como: produtos expandidos, *snacks*, cereais matinais, farinhas instantâneas, análogos da carne e alimentos esportivos (OFFIAH et al., 2018).

Segundo Moraes (2019), uma pesquisa realizada aponta que o mercado de chips e salgadinhos no Brasil deve crescer 6,4% entre 2018 e 2023, o maior índice em comparação com outras subcategorias como biscoitos salgados e doces, pipocas e barrinhas de cereais. Nos últimos anos, o mercado de produtos saudáveis tem evoluído com velocidade e a passos largos no Brasil. Atualmente, estima-se que o mercado global desse segmento esteja em torno de R\$ 24 bilhões.

Com o processo de extrusão é possível obter produtos com boas características tecnológicas e com qualidades sensoriais desejáveis, visando obter diferentes produtos alimentícios (DEENANATH; EGAL, 2017). A extrusão termoplástica consiste em um processo contínuo onde utiliza alta temperatura em curto tempo, combinando várias operações unitárias, incluindo mistura, homogeneização, cozimento, pasteurização, esterilização, amassamento, cisalhamento, formatação e moldagem (FELLOWS, 2019; DEENANATH; EGAL, 2017).

O princípio fundamental do processo de extrusão é converter um material sólido em um fluido pela aplicação de calor e trabalho mecânico e submetê-lo a passagem através de uma matriz, promovendo assim a termoplastificação do mesmo. O parafuso ao girar conduz o material na direção de uma matriz aplicando-lhe, portanto, um cisalhamento e transformando-o numa massa uniforme (ADEKOLA, 2016; DEENANATH e EGAL 2017). A matéria-prima é introduzida no equipamento através do alimentador, sendo impulsionada pelos parafusos em direção à matriz. À medida que o produto atravessa as diferentes zonas de extrusão (de alimentação, de transição e de alta pressão), ocorre aumento gradativo do atrito mecânico, provocado por modificações da geometria do parafuso e abertura da matriz. Em consequência, aumentam também a pressão e a temperatura, ocorrendo o cozimento do produto (ALAM et al., 2016; OFFIAH et al., 2018; FELLOWS, 2019).

Durante o processo de extrusão, as energias térmicas e de cisalhamento são aplicadas às matérias-primas alimentares causando transformações estruturais, químicas e nutricionais, como gelatinização de amido e degradação, desnaturalização de proteínas, oxidação de lipídios, degradação de vitaminas, antinutrientes e fitoquímicos, formação de sabores, aumento da biodisponibilidade mineral e fibra alimentar, solubilidade e obtenção de produtos com novas texturas e formas (ALAM et al., 2016). Envolve transformações moleculares complexas que permitem grande diversidade nos produtos extrusados existentes e nas suas propriedades físicas, químicas, sensoriais e nutricionais (LOPES-DA-SILVA et al., 2016).

Tradicionalmente, a tecnologia de extrusão termoplástica é utilizada para desenvolver produtos à base de cereais, entretanto, diversas pesquisas têm apontando um grande potencial no desenvolvimento destes produtos a partir da incorporação de leguminosas (como feijão comum, feijão-caupi, lentilha, ervilha, grão de bico e fava) para melhorar a valor nutricional de alimentos extrusados, comprovando que as leguminosas possuem excelente potencial para a produção de alimentos extrusados prontos para consumo por substituição parcial ou total cereais (PASQUALONE et al., 2020). Entre muitos benefícios, a extrusão tem mostrado ser um processo eficaz para superar as propriedades indesejáveis apresentadas em grãos de feijão-caupi (DEENANATH; EGAL, 2017), melhorando o valor nutricional (VILAKATI et al., 2016; OJOKOH; FAGBEMI, 2016), reduzindo os níveis de alguns antinutrientes como: taninos, ácido fítico, inibidores de tripsina e lectinas, aumentando a digestibilidade do amido e das proteínas (JAKKANWAR et al., 2018; OMOJOKUN; OJOKOH, 2019), e inativando complexos enzimáticos (LOPES-DA-SILVA et al., 2016).

Nos últimos anos, estudos têm sido realizados para definir o efeito dos parâmetros de processamento nas propriedades físico-químicas e nutricionais em *snacks* extrusados de feijão-caupi e identificar as condições ideais de processamento. Esses estudos se concentraram em: alimentos extrusados à base de farinha 100% feijão-caupi ou com a farinha feijão-caupi incorporada ao um extrusado à base de cereais (OLAPADE; AWORH, 2012a,b; FILLI et al., 2012; ASARE et al., 2013; MARQUES, 2013; KUMAR et al., 2016; OJOKOH; FAGBEMI, 2016; JAKKANWAR et al., 2018; PENUGONDA et al., 2018; YADAV et al., 2019; OMOJOKUN; OJOKOH, 2019; PARVEZ et al., 2019; DANBABA et al., 2019).

Com excelentes propriedades nutricionais, propriedades agrônômicas, ambientais, genótipos mais produtivos, cultivares biofortificada e vantagens econômicas, o feijão-caupi tem grande valor para a indústria alimentícia. Entretanto, a escassez de trabalhos no que tange ao

problema focalizado, indica a necessidade de mais estudos científicos sobre a avaliação e a utilização de produtos da extração de cotilédones do grão de feijão-caupi. E ainda, os efeitos dos parâmetros do processo de extrusão, sob os aspectos da funcionalidade física, química, nutricional e sensorial, com o intuito de oferecer produtos extrusados com melhor qualidade, aceitação e viabilidade tecnológica.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados originais apresentados neste trabalho provêm de atividades conduzidas dentro do projeto “Desenvolvimento de alimentos convenientes por extrusão termoplástica a partir de grãos e derivados de feijão-caupi” (Embrapa Meio-Norte, Macroprograma 3, Edital 01/2014).

As atividades foram desenvolvidas em parceria, com a Universidade Federal do Piauí, Embrapa Meio-Norte, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas e Instituto de Tecnologia de Alimentos.

O estudo foi realizado em 3 etapas, para facilitar a compreensão de cada artigo, um breve resumo sobre o método de cada um deles é apresentado.

Na primeira etapa, selecionou-se dentre as cultivares de feijão-caupi a BRS Tumucumaque, pois esta, em estudo prévio, apresentou melhor rendimento em cotilédones após o processo de descorticação, bons atributos nutricionais, ser uma cultivar biofortificada, apresentando altos teores de ferro e zinco. Além destas características, faz-se necessário ressaltar que esta cultivar atualmente é a mais produzida no Brasil. Ainda na primeira etapa, a cultivar BRS Tumucumaque foi utilizada na obtenção dos cotilédones através do processo de descorticação mecânica; neste processo foi gerado um resíduo (coproduto), composto do tegumento, embrião e fragmentos de cotilédones. Posteriormente, realizou-se a composição físico-química, nutricional e funcional de grãos integrais, cotilédones e coproduto da cultivar de feijão-caupi BRS Tumucumaque, para utilização como matéria-prima no desenvolvimento de produtos alimentícios.

Na segunda etapa, a farinha de cotilédones de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque foi submetida ao processo de extrusão em equipamento de dupla rosca, utilizando Delineamento Box-Behnken com três variáveis independentes: temperatura (100; 120 e 140 °C), umidade (12; 14 e 16%); e velocidade de rotação das roscas (300; 500 e 700 rpm). O delineamento utilizado constou de 12 pontos fatoriais e 3 repetições no ponto central, totalizando assim 13 condições distintas de processo. Os efeitos combinados das variáveis estudadas sobre as propriedades físico-funcionais dos produtos foram avaliados através da Metodologia de Superfície Resposta (MSR), por meio da análise de regressão multivariada foi possível identificar as condições de processo favoráveis para a obtenção de produtos com características físicas mais desejáveis.

Na terceira etapa, a partir da identificação das condições do processo de extrusão favoráveis e obtenção dos *snacks* com as características físico-funcionais mais desejáveis, estes foram submetidos a caracterização sensorial e nutricional, avaliando-se sua composição centesimal, teores de minerais, perfil de aminoácidos, compostos bioativos, fatores antinutricionais e digestibilidade proteica *in vitro*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta tese estão apresentados a seguir no formato de artigos científicos, um para cada estudo e objetivo específico previamente definidos:

ARTIGO 1

Caracterização físico-química, nutricional e funcional de grãos integrais, cotilédones e coproduto de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque

ARTIGO 2

Efeito de parâmetros do processo de extrusão sobre propriedades físico-funcionais de *snacks* de farinha de cotilédones de feijão-caupi

ARTIGO 3

Snacks de farinha de cotilédones de feijão-caupi: características sensoriais, nutritivas e funcionais

ARTIGO 1

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA,
NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE GRÃOS
INTEGRAIS, COTILÉDONES E COPRODUTO DE
FEIJÃO-CAUPI CV. BRS TUMUCUMAQUE**

ARTIGO 1

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE GRÃOS INTEGRAIS, COTILÉDONES E COPRODUTO DE FEIJÃO-CAUPI CV. BRS TUMUCUMAQUE

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar características físico-químicas, nutricionais e funcionais de farinhas de grãos integrais (FGI), cotilédones (FCT) e coprodutos (FCO) da cultivar de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque, como matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos e sua aplicabilidade na indústria alimentícia. Amostras das farinhas foram analisadas quanto à granulometria, índice de absorção e solubilidade em água, capacidade de retenção de óleo, propriedades emulsificantes, composição centesimal, minerais, perfil de aminoácidos, compostos bioativos e fatores antinutricionais. Todas as análises foram realizadas em triplicata e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As farinhas FGI e FCT tiveram maior uniformidade, maiores valores de absorção de água, maiores teores proteicos, lipídeos e carboidratos. Todas as farinhas tiveram ótimos teores de minerais. A FGI apresentou maiores teores de aminoácidos essenciais e não essenciais, seguidos da FCT e FCO. A FCO apresentou maiores teores de compostos bioativos e capacidade antioxidante e de taninos. As farinhas desenvolvidas, a partir do feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque, apresentaram ótimas características físicas, químicas, tecnológicas, nutricionais e funcionais, podendo ser utilizadas como matéria-prima na elaboração de novos produtos pela indústria alimentícia.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, perfil de aminoácidos, compostos bioativos, fatores antinutricionais.

PHYSICOCHEMICAL, NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF INTEGRAL GRAINS, COTYLEDONS AND CO-PRODUCTS OF COWPEA CV. BRS TUMUCUMAQUE

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the physicochemical composition, nutritional and functional of integral grains (FGI), cotyledons (FCT) and co-products (FCO) of flours of the BRS Tumucumaque cowpea cultivar, as raw material for the development of new food products and its applicability in the food industry. Grain flours were analyzed for granulometry, water absorption and solubility index, oil retention capacity, emulsifying properties, centesimal composition, minerals, amino acid profile, bioactive compounds and antinutritional factors. All analyzes were performed in triplicate and means were compared by Tukey test ($p < 0.05$). FGI and FCT flours had higher uniformity, higher water absorption values, higher protein content, lipids and carbohydrates. All the flours had excellent mineral content. The FGI presented higher essential and nonessential amino acid contents, followed by FCT and FCO. FCO flour presented higher bioactive compounds content and antioxidant activity and tannins. The flours developed from BRS Tumucumaque cowpea cultivar presented excellent physical, chemical, technological, nutritional, and functional characteristics and can be used as raw material in the elaboration of new products by the food industry.

Keywords: *Vigna unguiculata*, aminoacid profile, bioactive compounds, antinutritional factors.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), também conhecido como feijão de corda, feijão-macassar e feijão-fradinho, tem sido foco de estudo em diversas áreas, destacando-se o melhoramento genético, técnicas de cultivo, valor nutricional, desenvolvimento de novos produtos, entre outros. Os grãos de feijão-caupi é uma matéria-prima com grande potencial a ser aplicado na indústria de alimentos, pois devido a sua constituição química contribui para elevar a qualidade nutricional de produtos alimentícios, além de diversificar as formas de consumo (ROCHA et al., 2013).

Considerado uma cultura bastante versátil em relação ao cultivo, comercialização e formas de consumo, o feijão-caupi pode ser comercializado na forma de grãos secos; vagens e grãos imaturos (feijão-verde); farinha usada no preparo de receitas; enlatados; e congelados (FREIRE FILHO et al., 2017). O seu consumo ocorre na forma de receitas culinárias típicas, como por exemplo, na preparação de acarajé, abará, baião-de-dois, feijão-tropeiro, mugunzá salgado e feijoada, bem como pizzas, bolos, saladas, doces, bife, entre outros. A sua farinha tem sido motivo de vários estudos no enriquecimento e desenvolvimento de vários produtos alimentícios, tais como biscoitos (FROTA et al., 2010; LANDIM et al., 2016), rocamboles (FROTA et al., 2010), pães (SIMPLÍCIO et al., 2016), barra de cereais, biscoitos e pão de queijo (MOREIRA-ARAÚJO e BRANDÃO, 2018) e pão-de-queijo (CAVALCANTE et al., 2016; 2019).

A composição química dos grãos de feijão-caupi indica que se trata de uma matéria-prima com atributos nutricionais desejáveis (FREIRE FILHO, 2011; SOUSA et al., 2015). Seu perfil nutricional é semelhante ao de outros pulses com um teor de gordura relativamente baixo e um teor total de proteínas duas a quatro vezes maior que as culturas de cereais e tubérculos (SIMION, 2018). Possui quantidades significativas de proteínas (23 a 25%), carboidratos totais (56,8%), fibras alimentares (3,9%), minerais (potássio, fósforo, ferro, cálcio, manganês, magnésio e zinco), vitaminas (tiamina, riboflavina, piridoxina, niacina e folacina), aminoácidos essenciais e baixo teor de gorduras (1,3%) (CARVALHO et al., 2012a; CAVALCANTE et al., 2017;).

Os grãos de feijão-caupi apresentam em sua composição compostos bioativos que promovem benefício à saúde (ANTOVA et al., 2014; SOMBIÉ et al., 2018). Dentre estes compostos, destacam-se os polifenóis, com elevada capacidade antioxidante (BARROS et al., 2017; CAVALCANTE et al., 2017; MOREIRA-ARAÚJO et al., 2017; MOREIRA-ARAÚJO et al., 2018; BARROS et al., 2020), antocianinas e flavonóis (OJWANG et al., 2012; CAVALCANTE et al., 2017).

Além das propriedades nutricionais, o feijão-caupi também apresenta antinutrientes, ácidos fenólicos, taninos, lectinas e inibidores de proteases. Estes são resistentes à ação do calor, como a cocção, porém alguns processamentos, tais como extrusão, remoção da casca e germinação, são capazes de diminuir o teor desses compostos (KALPANADEVII, 2013; SIMION, 2018).

Estudos realizados mostram que os grãos de feijão-caupi apresentam significativa variabilidade na composição química e nutricional (CARVALHO et al., 2012a). Atualmente, além dos objetivos de suprir a demanda da cadeia produtiva do cultivo de feijão-caupi, o melhoramento genético visa atender às necessidades nutricionais e sensoriais dos consumidores. O desenvolvimento de cultivares de feijão-caupi com elevados teores de nutrientes e características inovadoras pode contribuir para a expansão do agronegócio e agroindústria de alimentos (FREIRE FILHO et al., 2017).

Dentre as cultivares lançadas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Meio-Norte, destaca-se a cv. BRS Tumucumaque, biofortificada, apresentando excelentes níveis de ferro e zinco. Seus grãos possuem cor branca, tegumento liso, com anel do hilo marrom, sem halo, levemente reniforme e de tamanho médio (450 a 470 grãos/100 g). Apresenta excelentes características agrônômicas, dentre elas, alta produtividade média de grãos de (1.100 kg ha⁻¹) em cultivo de sequeiro, uniformidade de produção, resistência moderada a vírus, porte semiereto, com ramos consistentes, o que facilita tanto a colheita manual quanto a mecanizada, sendo ideal para produção em larga escala; ciclo precoce; e arquitetura moderna. Essa cultivar tem grande aceitação comercial em todas as regiões brasileiras, sendo a cultivar da Embrapa mais plantada e exportada atualmente no Brasil, constituindo-se em um produto promissor ao se tratar do mercado externo (CAVALCANTE et al., 2014; ROCHA et al., 2017).

Considerando essas informações, o presente estudo objetivou avaliar a composição físico-química, nutricional e funcional de grãos integrais, cotilédones e coproduto da cultivar de feijão-caupi BRS Tumucumaque, para utilização como matéria-prima no desenvolvimento de novos produtos alimentícios.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção da matéria-prima e preparo das amostras

Para o presente estudo, utilizaram-se grãos integrais da cultivar de feijão-caupi BRS Tumucumaque, desenvolvida pela Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, Brasil. Um lote de grãos dessa cultivar foi obtido junto ao mercado de sementes. Uma amostra de grãos deste lote foi retirada e acondicionada em saco de polietileno, selado e posteriormente transportada para o Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, onde foi armazenada em temperatura

de refrigeração (4° C), sendo concomitantemente utilizada nas análises posteriores. No preparo das amostras, os grãos foram triturados em moinho de bolas de zircônia (Retsch, model, MM200, Berlim, Alemanha).

A outra parte dos grãos fornecidos foi utilizada na obtenção dos cotilédones através do processo de descorticação mecânica em equipamento de processo contínuo (Suzuki, model MB-1, São Paulo, Brasil), realizado em Santa Cruz do Rio Pardo, SP, na empresa de Máquinas Suzuki S/A. Neste processo, como coproduto, é gerado um resíduo composto do tegumento, embrião e fragmentos de cotilédones.

Os cotilédones resultantes e o coproduto originado da remoção do tegumento dos grãos foram triturados em moinho de facas (Renard, model MFC-180-75-01, São Paulo, Brasil) e os fragmentos transformados em farinha no moinho de rolos (Brabender, model Quadrumat Senior, Duisburg, Alemanha), processos ambos realizados na Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP) em Campinas, SP.

As amostras dessas farinhas foram acondicionadas em recipientes fechados e transportadas para o Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, e mantidas em temperatura de refrigeração (4 °C) até o momento do preparo e análises.

As farinhas dos grãos integrais (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) foram analisadas quanto: à composição centesimal, minerais, índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção de água (IAA), granulometria, pH e acidez total titulável (ATT), realizadas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI. A quantificação dos compostos fenólicos, capacidade antioxidante e atividade de água, realizados no Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos, no Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí, em Teresina, PI; e ao perfil de aminoácidos e ácido fítico, conduzidos na Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro, RJ.

2.2 Parâmetros físico-químicos e funcionais avaliados

2.2.1 Granulometria

A classificação granulométrica foi realizada segundo Zanotto e Bellaver (1996), com adaptações. Utilizando-se um jogo de peneiras de 9, 16, 35, 60 e 100 *mesh* (Granutest, São Paulo, Brasil). Estas peneiras foram pesadas separadamente e empilhadas na ordem decrescente de abertura da malha, colocando-se 100 g de amostra sob a peneira superior e o conjunto levado ao agitador (Produtest, model CIAL158, São Paulo, Brasil) por 10 min na velocidade máxima.

Após este período, as peneiras foram pesadas e a porcentagem de amostra retida em cada uma delas foi calculada por diferença de peso.

A determinação do diâmetro médio da partícula calculado pela fórmula ($D = 104,14 \times 2^{MF}$), onde: D = diâmetro médio da partícula em micrômetros e MF = módulo de finura. O módulo de finura é definido como a soma das frações retidas acumuladas em cada peneira dividido por 100 (Módulo de Finura (MF) = $\Sigma\%$ retida acumulada/100).

O índice de uniformidade (IU) indica a proporção relativa entre partículas grossas, médias e finas e é expresso por três números inteiros, cuja soma é igual à 10, e foi definido por $IU = (G/10, M/10, F/10)$, onde: G (grosso) refere-se ao produto que ficou retido nas peneiras de $mesh \leq 20$; M (médio) refere-se ao produto que ficou retido nas peneiras de $20 < mesh$; F (fino) refere-se ao produto que passou pela peneira de $mesh 48$.

2.2.2 Índices solubilidade e absorção em água e capacidade de absorção de óleo

Índices solubilidade e absorção em água

Os índices de solubilidade em água (ISA) e de absorção de água (IAA) das amostras foram determinados conforme o método descrito por Anderson et al. (1969) com modificações. Pesou-se cerca de 1 g de amostra em tubos de centrífuga previamente tarados. Adicionou-se 10 mL de água destilada aos tubos os quais foram agitados em vortex (Tecnal, model AP-56, Piracicaba, Brasil). Em seguida, as amostras foram centrifugadas (centrífuga, Fanem, model 280, São Paulo, Brasil) a 2800 g por 15 min. Os líquidos sobrenadantes foram colocados em placas de petri, previamente pesadas e submetidas ao processo de secagem em estufa (Fanem, model 320, Guarulhos, Brasil) durante 4 h a 105 °C e o ISA encontrado pela relação do peso do resíduo evaporado pelo peso da amostra. Após a retirada do líquido sobrenadante, pesou-se os tubos de centrífuga e calculou-se o IAA, de acordo com relação do peso do resíduo centrifugado pelo peso da amostra (g gel/g matéria seca).

Capacidade de absorção de óleo

A capacidade de absorção de óleo (CAO) foi determinada de acordo com metodologia de Okezie e Bello (1988) com adaptações segundo Batista et al. (2010). Uma suspensão foi preparada pela mistura de 0,5 g de farinha e 25 mL de óleo, agitada em vortex (Tecnal, model AP-56, Piracicaba, Brasil) e em seguida centrifugada (centrífuga, Fanem, model 280, São Paulo, Brasil) a 5300 g por 20 min. O líquido sobrenadante foi escorrido e o material remanescente foi pesado.

2.2.3 Propriedades emulsificantes e estabilizantes

As propriedades emulsificantes foram determinadas segundo Kaur e Singh (2005), com adaptações. Amostras de farinha (1 g) foram homogeneizadas por 60 s com 10 mL de água em vortex (Tecnal, model AP-56, Piracicaba, Brasil). Adicionou-se óleo de milho de cozinha (10 mL) e a mistura, então, foi homogeneizada novamente por mais 60 s. Após a homogeneização, a mistura foi centrifugada (centrífuga, Fanen, model 280, São Paulo, Brasil) a 3000 g por cinco min. Calculou-se a atividade emulsificante dividindo-se o volume da camada emulsificada pelo volume total antes da centrifugação.

Para determinar a estabilidade da emulsão, os tubos foram aquecidos em banho-maria (Novatecnica, model NT 265, Piracicaba, Brasil) à 80 °C por 30 min; em seguida resfriados por 20 min em água corrente e centrifugados a 3000 g por 5 min. A estabilidade da emulsão foi expressa como a porcentagem da atividade emulsificante restante após o aquecimento.

2.2.4 Atividade de água (Aw), potencial hidrogeniônico (pH) e acidez total titulável (ATT)

Atividade de água (Aw)

Para determinação da atividade de água (Aw), utilizou-se o equipamento portátil (Novasina, model LabMaster-Aw NEO, Lachen, Suíça), com início da leitura digital a 25 °C.

Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores do potencial hidrogeniônico (pH) foram aferidos com leitura direta em potenciômetro digital (Gehaka, PG 1800, São Paulo, Brasil). Utilizou-se de soluções tampão padrão de pH 4,0 e 7,0 para calibração do equipamento.

Acidez total titulável (ATT)

A acidez total titulável (ATT) foi determinada pelo método da titulação volumétrica potenciométrica com solução de NaOH 0,1 N até a solução atingir pH ideal (8,0 - 8,2), sob agitação e leitura no potenciômetro digital (Gehaka, PG 1800, São Paulo, Brasil). A acidez foi expressa em mL da solução de NaOH a 1N/100 g.

2.2.5 Composição Centesimal e valor energético total (VET)

As farinhas foram analisadas quanto ao conteúdo de umidade por meio do método de secagem em estufa, método 934.01 (AOAC, 2005).

O resíduo mineral fixo foi determinado pela metodologia de incineração em forno mufla à temperatura de 550 °C, método 923.03 (AOAC, 2005).

A determinação de proteínas foi realizada pelo método de micro Kjeldahl, o qual se baseia na destruição da matéria orgânica seguida de destilação, sendo o nitrogênio dosado por volumetria. O fator 6,25 foi utilizado para converter o teor de nitrogênio total em proteína, método 2001.11 (AOAC, 2005).

Os teores de lipídios (correspondente à fração extrato etéreo) foram quantificados em extrator intermitente de Soxhlet, utilizando-se éter de petróleo P. A., como solvente, método 945.38 (AOAC, 2005).

O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença dos demais constituintes da composição centesimal, de acordo com a AOAC (2005).

O teor de fibra alimentar foi determinado de acordo com o método enzimático gravimétrico, método 985.29 (AOAC, 2005), com adaptações (FREITAS et al., 2008). Realizada a partir do tratamento da amostra com solução tampão fosfato na faixa de temperatura entre 95-100°C, em que os carboidratos solúveis foram solubilizados. A amostra foi tratada com α -amilase, a fim de promover a gelatinização do amido, seguida da adição da enzima protease para desnaturação das proteínas presentes e o tratamento foi finalizado com enzima amiloglucosidase para remoção do amido. Com este processo obteve-se uma mistura de fibra solúvel na fase aquosa e fibra insolúvel precipitada, totalizando a fibra alimentar total. Realizou-se a filtração em cadinho de vidro sinterizado tarado, e o cadinho seco em estufa, pesado e logo em seguida colocado em mufla para determinação de cinza. O filtrado foi tratado com solução de álcool etílico a 95%, com a finalidade de precipitar a fibra solúvel. A fibra precipitada foi filtrada em cadinho de vidro sintetizado tarado, e o cadinho seco em estufa, pesado e logo depois colocado em mufla para determinação de cinza. Por fim, o teor de fibra alimentar total foi calculado tomando-se o resíduo total obtido e diminuindo-se do somatório do valor de proteína mais cinzas.

Valor energético total (VET)

O valor energético foi estimado por meio dos fatores de conversão de Atwater: 4 kcal g⁻¹ para proteínas, 4 kcal g⁻¹ para carboidratos e 9 kcal g⁻¹ para lipídios (WATT; MERRILL, 1963).

2.2.6 Minerais

Os teores de minerais foram determinados de acordo com o método oficial 965.09 da AOAC (2010), com digestão solução nitro-perclórica (2:1). Os minerais ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram quantificados por meio de espectrofotometria de absorção atômica, utilizando-se os parâmetros instrumentais (lâmpada, comprimento de onda, corrente da lâmpada e largura da fenda) específicos para cada nutriente por absorção atômica, utilizando espectrofotômetro (GBC, model B462, Melbourne, Austrália). Sódio (Na) e potássio (K) foram quantificados pelo método de fotometria de chama, as leituras realizadas diretamente com o fotômetro de chama (Micronal, model 906 AA, São Paulo, Brasil). A determinação do fósforo (P) foi realizada por colorimetria em espectrofotômetro (BEL Engineering, model 2000, Monza, Itália), comprimento de onda de 725 nm, segundo método descrito por Silva e Queiroz (2002). Os valores das concentrações dos minerais foram obtidos em partes por milhão (ppm) e depois transformados para $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$.

2.2.7 Perfil de aminoácidos

A análise de aminoácidos foi realizada de acordo com os métodos AOAC 994.12 (AOAC, 2000) e Liu et al. (1995). Por cromatografia líquida de alta eficiência, em HPLC (Waters, model 2695, Massachusetts, Estados Unidos), com hidrólise prévia. As proteínas foram hidrolisadas de acordo com o método 994.12. Três hidrólises distintas foram necessárias: hidrólise ácida (HCl 6 M) para a determinação de 18 aminoácidos resistentes, hidrólise básica (NaOH 4,2 M) para a quantificação do triptofano, e a prévia oxidação (ácido perfórmico) e posterior hidrólise ácida para a quantificação dos aminoácidos sulfurados. A separação do triptofano foi feita em coluna C18 com detecção fluorimétrica. Os aminoácidos sulfurados e os resistentes à hidrólise ácida foram derivatizados com 6-aminoquinolil-succimidil-carbamato (AQC), separados em fase reversa e detectados por fluorescência. Com as três metodologias foi possível a separação e quantificação dos seguintes aminoácidos: asparagina, serina, glutamina, glicina, histidina, arginina, treonina, alanina, prolina, tirosina, valina, lisina, isoleucina, leucina, fenilalanina, triptofano, cisteína e metionina.

2.2.8 Compostos bioativos e capacidade antioxidante

2.2.8.1 Preparo do extrato

Inicialmente, foram preparados os extratos das amostras segundo metodologia de Rufino et al. (2010); Moreira-Araújo et al. (2018). Os solventes utilizados para extração dos compostos antioxidantes foram o metanol 50% (50:50, v/v), acetona 70% (70:30, v/v) e água, na proporção de 2:2:1.

2.2.8.2 Compostos bioativos

Fenólicos totais

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método espectrofotométrico, utilizando o reagente *Folin-Ciocalteu* e as leituras das absorbâncias das amostras foram realizadas a 765 nm em espectrofotômetro (BEL, Model 1102, Monza, Itália). Os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de amostra. A concentração de compostos fenólicos totais foi avaliada através da interpolação da absorbância utilizando uma curva padrão de ácido gálico previamente construída (SINGLETON; ROSSI, 1965).

Flavonoides totais

Flavonoides totais segundo González-Aguilar et al. (2007); absorbância medida a 425 nm em espectrofotômetro (BEL, Model 1102, Monza, Itália). Diferentes concentrações de quercetina (0-100 mg / L) foram usadas para construir uma curva padrão, e os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de quercetina (EQ) / 100 g de amostra.

Antocianinas

Antocianinas totais seguindo-se o método de diferença de pH (GIUSTI; WROLSTAD, 2005). A absorbância foi medida em espectrofotômetro (BEL, Model 1102, Monza, Itália) no comprimento de onda máximo de cada amostra e em 700 nm, em soluções tampão de pH 1,0 e pH 4,5, e o branco mensurado com água destilada. Os resultados foram expressos em equivalentes de cianidina-3-glucosídeo (cy-glu-3) por 100 g.

Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi determinada pelo método DPPH de acordo com Kim et al. (2006); Moreira-Araújo et al. (2018). Os resultados foram comparados com o antioxidante padrão, Trolox, e foram expressos em TEAC μM / 100 g de amostra.

2.2.9 Fatores antinutricionais

Taninos condensados

A determinação do teor de taninos condensados baseou-se no método da vanilina, segundo Price; Scoyoc e Butler, (1978).

Ácido fítico

Ácido fítico pelo método 986.11 AOAC, (2010) com modificação, sendo a análise realizada atualmente por ICP, com modificação do recolhimento dos fitatos com solução de HCl 2,0M em balão volumétrico de 25,00 mL e leitura direta do fósforo (P) por ICP.

2.3 Análise estatística

Os dados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas, utilizando-se o programa computacional SAS® (SAS INSTITUTE, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Granulometria

Os resultados da análise granulométrica das farinhas dos grãos integrais (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) encontram-se expressos na Tabela 1, na qual estão descritas as porcentagens de retenção nas peneiras de cada uma das farinhas.

Tabela 1. Porcentagem das farinhas dos grãos integrais (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque retidas nas peneiras durante a análise granulométrica.

Tyler (Mesh)	ABNT Abertura (mm)	Material retido na peneira (%)*		
		FGI	FCT	FCO
9	2,00 mm	0,21 ± 0,01 a	0,14 ± 0,05 a	0,16 ± 0,02 a
16	1,00 mm	2,90 ± 0,71 b	0,59 ± 0,06 c	31,52 ± 2,20 a
35	0,42 mm	12,71 ± 0,32 b	9,07 ± 1,33 c	48,43 ± 0,38 a
60	0,25 mm	40,49 ± 1,57 a	39,25 ± 0,03 a	9,72 ± 0,43 b
100	0,15 mm	20,99 ± 1,65 a	22,25 ± 0,043 a	4,79 ± 0,10 b
Fundo	<0,15 mm	22,17 ± 0,97 b	31,33 ± 1,75 a	4,43 ± 0,52 c

*Resultados apresentados como média ± desvio-padrão de três replicatas. Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Bassinello et al. (2012) estudaram farinha de feijão comum integral obtiveram resultados semelhantes, com a maior parte das partículas retidas nas peneiras de 0,25 a 1,00 mm. Rios et al. (2018) analisaram farinha integral de cinco cultivares de feijão-caupi e observaram, que as partículas ficaram retidas em sua maioria na peneira de abertura 0,25mm e 0,125 mm.

As características granulométricas das farinhas são importantes no desenvolvimento de produtos, pois a distribuição do tamanho das partículas influencia na capacidade de absorção de água, na uniformidade e principalmente nas características sensoriais do produto final.

Com base nos resultados da análise granulométrica foi possível calcular o módulo de finura (MF), o diâmetro geométrico médio das partículas (DGM) e o índice de uniformidade (IU) das farinhas (FCI, FCT e FCO) de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque (Tabela 2).

Tabela 2. Módulo de finura (MF), diâmetro geométrico médio das partículas (DGM) e índice de uniformidade (IU) das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.

Farinhas	MF	DGM	Índice de uniformidade		
			G	M	F
FGI	1,54	319,89	0	1	9
FCT	1,28	265,90	0	1	9
FCO	2,99	623,26	0	8	2

Farinhas dos grãos integrais (FGI), farinha de cotilédones (FCT) e farinha de coproduto (FCO); Módulo de finura (MF), diâmetro geométrico médio das partículas (DGM) e índice de uniformidade (IU) proporção relativa entre partículas grossas ($\geq 0,84$ mm), médias (0,84 – 0,300 mm) e finas ($\leq 0,300$ mm).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

A FCT apresentou os menores valores para MF e DGM, 1,28 e 265,90 μm , respectivamente, enquanto a FCO obteve os maiores valores, 2,99 e 623,26 μm . A FGI se aproximou da característica granulométrica da FCT, sendo ambas mais finas que a FCO. Rios et al. (2018) obtiveram o diâmetro médio das partículas das farinhas de cinco cultivares de feijão-caupi variando de 254,10 μm a 359,28 μm . De acordo com Ascheri e Carvalho (2014), matérias-primas com partículas menores que 425 μm permitem elaborar produtos obtidos por extrusão termoplástica mais lisos e homogêneos.

As farinhas FGI, FCT e FCO apresentaram bons índices de uniformidade. Mesmo que a farinha apresente diâmetro geométrico médio das partículas elevado (FCO) é desejável que estas tenham uniformidade de tamanho. A FGI e FCT apresentaram maior proporção entre partículas finas, enquanto a FCO maior proporção entre partículas médias.

A uniformidade na granulometria é mais importante que o próprio tamanho das partículas, pois permite a elaboração de um produto final de melhor qualidade sensorial, principalmente, textura, sabor e aspecto visual, pois o alimento absorve água de forma homogênea, resultando no cozimento uniforme da massa. Se o tamanho das partículas da matéria-prima variar de forma significativa, o produto final poderá conter partículas indesejáveis com diferentes graus de cocção, resultando na diminuição da qualidade, tanto na aparência quanto na palatabilidade do produto final (CARVALHO et al., 2012b).

3.2 Índice de solubilidade e absorção de água e capacidade de absorção de óleo

O índice de absorção de água (IAA) indica a extensão da gelatinização do amido. Por outro lado, o índice de solubilidade em água (ISA) reflete a extensão da degradação do amido. Os índices de solubilidade e absorção em água (ISA e IAA) das amostras estudadas são mostradas na Tabela 3. O valor de ISA obtido para a FCO de 15,08% foi menor ao da FGI e FCT, 24,90 e 25,86%, respectivamente.

Tabela 3. Índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção de água (IAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.

Tipo de farinha	ISA	IAA	CAO
FGI	24,90 ± 1,80a	2,38 ± 0,14c	1,58 ± 0,25 a
FCT	25,86 ± 0,62a	2,95 ± 0,62b	1,45 ± 0,02 a
FCO	15,08 ± 0,52b	3,25 ± 0,04a	1,42 ± 0,08 a

Valores de médias ISA (%), IAA (g/g gel) e CAO (mL/g) ± desvio padrão. Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Entretanto, os valores dessas propriedades no presente trabalho foram maiores do que os verificados por Rios et al. (2018) para FGI de cultivares de feijão-caupi que variaram de 17 a 23 % e Gomes et al. (2012), onde o ISA da FCT de feijão-caupi analisada foi de 18,7 a 20,6 %. Batista et al. (2010), apresentaram resultados maiores 33,88 % em farinha de feijão-caupi integral e variando de 28,08 a 30,35% para *Phaseolus vulgaris* L. (BRS Pontal e BRS Grafite). Traore et al. (2020), obtiveram resultados ainda maiores 35,13 e 53,18% para farinha integral de duas cultivares de feijão-caupi.

A FCO, originada da remoção dos cotilédones de grãos de feijão-caupi, é composta principalmente por tegumento, embrião, hilo e fragmentos de cotilédones. Portanto, a sua composição influenciou na sua solubilidade, pois esta farinha apresenta menores teores de

proteínas e carboidratos (Tabela 6). O tamanho de partículas (Tabelas 1 e 2) desta farinha podem também ter influenciado em uma menor na solubilidade da mesma.

Essas diferenças podem ser atribuídas às características próprias de cada uma das farinhas de feijão-caupi como, conteúdo de amido, proteínas, granulometria e uniformidade. Batista et al. (2010), afirmaram que no caso de farinhas de feijão comum, a solubilidade irá depender, em grande parte, dessas propriedades (proteínas e amido presentes no grão). De acordo com Nascimento et al. (2014), a solubilidade de um produto depende da sua constituição química e das interações entre os seus constituintes e a água, dependendo em grande parte das proteínas e amido.

Para os valores do IAA (Tabela 3), as FCT e FCO apresentaram maior absorção de água, 3,25 e 2,95 g g⁻¹ gel, respectivamente. Esses valores podem estar correlacionados com o conteúdo de amido e proteínas presentes na FCT e o elevado conteúdo de fibras presente na FCO, que, neste caso, são maiores do que os quantificados na FGI (Tabela 6). De acordo com Ahmed et al. (2016), a presença de menores quantidades de fibra, amido e proteína podem ocasionar a redução da capacidade de absorção de água em farinhas.

Segundo Kinsella e Melachouris (1996) e Traore et al. (2020), as propriedades funcionais expressam as características físico-químicas intrínsecas dos alimentos e afetam seu comportamento durante e após o processamento industrial e os constituintes bioquímicos, como proteína, amido e fibra alimentar, influenciam essas propriedades.

O valor do IAA verificado para a FGI (2,38 g g⁻¹ gel) do presente estudo foi maior do que os obtidos por Rios et al. (2018) em FGI de cinco cultivares de feijão-caupi, que variou de 1,77 a 2,20 g g⁻¹ gel; e Hamid et al. (2015), que obtiveram uma variação para o IAA de 1,22 a 1,39 g g⁻¹ gel. No entanto, esses valores foram semelhantes aos de Batista et al. (2010), que observaram valor de 2,16 g g⁻¹ gel em FGI de feijão-caupi e inferior aos valores obtidos pelos mesmos autores em um estudo com FGI de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cvs. BRS Pontal e BRS Grafite, com valores de 3,80 a 2,57 g g⁻¹ gel, respectivamente.

Gomes et al. (2012) avaliaram o IAA em FCT de feijão-caupi do tipo comercial fradinho obtidas em diferentes temperaturas de secagem e os valores variaram de 2,47 a 2,63 g g⁻¹ gel, semelhantes ao encontrado neste estudo, 2,95 g g⁻¹ gel para FCT de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque. Amonsou et al. (2009) relataram valores inferiores, de 1,94 a 2,16 g g⁻¹ gel, para FCT em um estudo com três cultivares de feijão-caupi (Branco, Nhemba manchado e marrom).

Os diferentes valores de ISA e IAA apresentados para as farinhas FGI, FCT e FCO podem ser utilizados para estimar a adequabilidade do uso como matéria-prima. De um modo geral, as farinhas estudadas apresentaram valores adequados para ISA e IAA, favorecendo a empregabilidade das mesmas na indústria alimentícia, podendo ser utilizadas no preparo de sopas, caldos, mingaus, pudins instantâneos, bebidas instantâneas, produtos cárneos, pães, bolos, biscoitos, e em produtos extrusados, *snacks* expandidos e cereais.

Os resultados de ISA das farinhas FGI e FCT com maiores índices de solubilidade, indicam potencial para a produção de sopa, mingaus e pudins instantâneos, em função da maior solubilização em água e conseqüentemente maior rendimento no produto final. As farinhas FCT e FCO apresentaram grande potencial para enriquecimento de sopas e molhos, uma vez que seus valores para o índice de absorção de água foram maiores, característica importante para a manutenção da umidade dos produtos.

As farinhas não diferiram estatisticamente para a capacidade de absorção de óleo (Tabela 3), o que sugere apresentarem a mesma propriedade quanto a essa característica. Khalid e Elharadallou (2013) observaram valores menores ($1,04 \text{ g g}^{-1}$) em FCT de feijão-caupi. Siddiq et al. (2010) encontraram valores equivalentes ao presente estudo em feijão comum ($1,23$ a $1,52 \text{ g g}^{-1}$). Valores maiores foram obtidos por: Batista et al. (2010) em FGI de feijão-caupi ($1,93 \text{ g g}^{-1}$); Castilho et al. (2010), em FGI de feijão-guandu ($2,0$ a $2,1 \text{ g g}^{-1}$); e Appiah et al. (2011) ($1,95$ a $2,31 \text{ g g}^{-1}$); Asare et al. (2013) ($0,87$ a $1,03 \text{ g g}^{-1}$); e Hamid et al. (2015) ($0,72$ e $0,71 \text{ g g}^{-1}$) em FGI de feijão-caupi.

Os valores para a capacidade de absorção de óleo sugerem que as farinhas FGI, FCT e FCO apresentam condições satisfatórias para desempenharem funcionalidade em alimentos industrializados. De acordo com Porte et al. (2011) e Santana et al. (2017), a capacidade de absorção de óleo determina a utilização de farinhas na fabricação de novos produtos. A alta capacidade de absorção de óleo em alimentos é essencial na formulação de produtos tais como, cárneos ou em produtos emulsionados como massas de bolos, maionese ou molhos para saladas, sopas, queijos processados e extensores de carne.

3.1 Propriedades emulsificantes e estabilizantes

As propriedades emulsificantes de um alimento são determinadas pela capacidade de formação de emulsão e pela sua estabilidade. Os valores médios para a capacidade emulsificante (CE) e estabilidade da emulsão (EE) das farinhas de grão integral, cotilédones e

coproduto são apresentados na Tabela 4. Dentre as farinhas analisadas, a FCO apresentou menor capacidade emulsificante (21,66%). De modo geral, pode-se afirmar que a composição da farinha de coproduto influenciou a capacidade de formação de emulsão (Tabela 4). Observou-se uma redução de 50% na capacidade emulsificante em relação a FGI. Esse efeito negativo mostra que o menor teor de proteínas (Tabela 6) apresentado pela FCO está correlacionado às perdas de parte do equilíbrio hidrofílico/hidrofóbico necessário para a ação emulsificante apresentada pelas proteínas. Essas alterações na composição da farinha também contribuíram para menor estabilidade emulsificante apresentada pela mesma.

Tabela 4. Capacidade emulsificante (CE) e estabilidade emulsificante (EE) das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.

Tipo de farinha	CE	EE
FGI	42,5 ± 0,00a	86,27 ± 3,39a
FCT	42,5 ± 0,00a	94,12 ± 0,00a
FCO	21,66 ± 2,88b	61,67 ± 1,44b

Valores de médias CE e EE (%) ± desvio padrão. Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Segundo Ma et al. (2011) e Hamid et al. (2015), as propriedades emulsificantes refletem a habilidade e/ou capacidade das proteínas presentes no alimento auxiliarem na formação de uma emulsão e está relacionada com a natureza das proteínas constituintes do alimento. Os autores afirmam que alterações na composição, conformação e estrutura das proteínas constituintes do alimento interferem nessa propriedade.

As farinhas FGI e FCT apresentaram valores idênticos para capacidade emulsificante (42,5%), porém menores aos relatados por Batista et al. (2010), que obtiveram valor de 54,21%; e Moongngarm et al. (2014), que observaram variação de 67,37% a 80,25%, avaliando três cultivares de feijão-caupi preto. Porém, os valores obtidos no presente trabalho foram maiores do que os observados por Hamid et al. (2015), 34,06 e 35,04%, respectivamente, em duas cultivares de feijão-caupi.

As FGI e FCT apresentaram também uma melhor estabilidade emulsificante, com valores similares aos apresentados por Batista et al. (2010), que obtiveram valor de 97,56%; e Hamid et al. (2015), que observaram valores de 73,81 e 96,04, %, respectivamente, em duas cultivares de feijão-caupi. Os valores determinados no presente trabalho foram maiores do que

os observados por Liyanage et al. (2014), que foram de 57,41%, 64,97% e 66,88%, respectivamente, para três cultivares de feijão-caupi de grão preto.

3.4 Atividade de água, pH e acidez total titulável

Os valores referentes aos teores de atividade de água (A_w) das farinhas FGI, FCT e FCO são apresentados na Tabela 5. Os teores de água resultaram em A_w entre 0,324 a 0,419. As três farinhas diferiram estatisticamente entre si, com a FGI apresentando a maior média (0,419). Valores maiores que os observados no presente trabalho para A_w foram verificados por Gomes et al. (2014) em FGI de feijão comum, que apresentou média de 0,52. Gomes et al. (2012), analisando FCT (remoção úmida) em feijão-caupi tipo comercial fradinho nas temperaturas de secagem 40, 50 e 60 °C, obtiveram A_w de 0,702; 0,688 e 0,681, respectivamente; valores estes, maiores aos do presente estudo para a FCT (0,367).

Tabela 5. Atividade de água (A_w), potencial hidrogeniônico (pH) e acidez total titulável (ATT) das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO).

Tipo de farinha	A_w	pH	ATT
FGI	0,419 ± 0,00 a	6,76 ± 0,01 a	2,16 ± 0,01 b
FCT	0,367 ± 0,00 b	6,80 ± 0,00 a	1,81 ± 0,03 c
FCO	0,324 ± 0,00 c	6,22 ± 0,00 b	2,37 ± 0,02 a

Valores de médias A_w , pH e ATT (%) ± desvio padrão. Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Os teores de A_w das FGI, FCT e FCO indicam maior estabilidade e vida útil das farinhas, uma vez que a maioria das alterações químicas, enzimáticas e microbiológicas ocorrem em A_w maior a 0,70 (DAMODARAN; PARKIN, 2019), levando a deterioração do produto.

O potencial hidrogeniônico (pH) determinado nas farinhas manteve-se próximo do neutro. A FCO apresentou menor valor (6,22) e a FCT o maior valor (6,80) diferindo estatisticamente ($p \leq 0,05$) entre as demais farinhas (Tabela 5). Gomes et al. (2014), analisando a FGI de feijão comum, determinaram valor menor (6,22) à FGI e idêntico para FCO (Tabela 5) do presente estudo. Schoeninger et al. (2013) observaram valores menores para o pH, 6,24 e 6,51, em grãos de feijão comum das variedades Rio vermelho e IPR Uirapuru, respectivamente. Bezerra et al. (2019), analisando oito cultivares de feijão-caupi, obtiveram valores que corroboram com os do presente estudo, próximos da neutralidade, que variaram de 5,96 a 6,53. De acordo com Gomes et al. (2006), os valores de pH de farinhas são importantes, pois algumas

propriedades funcionais, como solubilidade são altamente afetadas por alterações de pH, quanto maior o pH, maior a tendência à solubilidade.

Quanto ao parâmetro acidez total titulável (ATT) das FGI, FCT e FCO (Tabela 5), foi verificada diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os três tipos de farinhas. A FCT apresentou menor ATT (1,81%). Todas as farinhas analisadas apresentaram valores semelhantes aos obtidos em grãos de feijão comum por Gomes et al. (2014), que verificaram ATT = 1,29%; e Schoeninger et al. (2013), que observaram valores de ATT de 1,075 e 1,160% nas cultivares Rio Vermelho e IPR Uirapuru, respectivamente. Bezerra et al. (2019), avaliaram a FGI de oito cultivares de feijão-caupi, e obtiveram uma variação menor para o ATT de 0,53 a 0,81, bem menor que a média determinada para FGI (2,37%) no presente estudo.

Correlacionando-se os valores de pH e ATT, observa-se que são inversamente proporcionais, conforme ocorre o aumento da ATT há uma diminuição do pH.

Os percentuais de acidez obtidos nas FGI, FCT e FCO conferem qualidade às mesmas, sendo possível classificá-las como um alimento de baixa acidez. Vale ressaltar que uma porcentagem elevada de acidez nas farinhas de feijão-caupi pode promover alterações que influenciam suas características, principalmente sensorial e nutricional, afetando a qualidade do produto final.

3.5 Composição centesimal e valor energético total

Os resultados da composição centesimal das FGI, FCT e FCO são apresentados na Tabela 6. As três farinhas analisadas apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) para o teor de umidade; contudo, os teores encontram-se abaixo do valor máximo preconizado pela RDC Nº 263, de 22 de setembro de 2005 para farinhas, amido de cereais e farelos, na qual a umidade máxima aceitável é de 15% (BRASIL, 2005). Os teores de umidade das farinhas conferem a estas, maior estabilidade química e microbiológica, conseqüentemente, uma maior vida útil.

Tabela 6. Composição centesimal e valor energético das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) da cultivar de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.

Composição centesimal**	FGI	FCT	FCO
Umidade	11,77 ± 0,03 a	10,71 ± 0,13 c	11,08 ± 0,02 b
Cinzas	3,23 ± 0,01 a	3,02 ± 0,04 b	3,09 ± 0,07 b
Lipídios	2,07 ± 0,10 a	1,68 ± 0,02 ab	1,38 ± 0,30 b
Proteínas	24,89 ± 0,58 a	25,28 ± 0,08 a	16,62 ± 0,36 b
Carboidratos totais	69,80 ± 0,67 b	70,00 ± 0,11 b	78,89 ± 0,41 a
FAT*	13,35 ± 1,11 b	11,28 ± 1,88 b	51,12 ± 0,66 a
FAS*	1,07 ± 0,46 b	1,36 ± 1,01a b	2,81 ± 0,94 a
FAI*	12,26 ± 0,78 b	9,91 ± 0,89 c	48,31 ± 0,69 a
VET*	344,79 ± 5,03 a	348,50 ± 6,65 a	191,33 ± 1,82 b

*FAT, fibra alimentar total; FAS, fibra alimentar solúvel e FAI, fibra alimentar insolúvel; VET, valor energético total. **Valores de médias em base seca ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$); VET ($\text{Kcal } 100 \text{ g}^{-1}$) ± desvio padrão. Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de *Tukey* ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Os teores de umidade obtidos para as farinhas FGI, FCT e FCO encontram-se na Tabela 6 e são comparáveis com os demais estudos com outras linhagens e cultivares de feijão-caupi, $10,82 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (AGGARWAL; SHARMA, 2017); $10,70$ a $11,40 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (CAVALCANTE et al., 2017); $7,13$ a $11,19 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (RIOS et al., 2018); $7,85$ a $11,8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (OLUREMI et al., 2018) e $7,12$ a $11,32 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (BEZERRA et al., 2019).

De acordo com os resultados obtidos para cinzas, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as três farinhas avaliadas, com a FGI apresentando o maior teor de cinzas ($3,23 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Esse valor corrobora com os resultados para a FGI de feijão-caupi encontrados por Rios et al. (2018), que variou de $2,06$ a $3,65 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$; David e Acka (2018), com um valor de $3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$; Traore et al. (2020) $3,69$ e $3,73 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Hamid et al. (2015), com uma menor variação de $2,80$ e $2,81 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Bezerra et al. (2019), obtiveram uma amplitude maior, $3,20$ a $5,31 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Para a farinha de cotilédones, Khalid e Elharadallou (2016) obtiveram $3,87 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, teor próximo ao obtido no presente estudo $3,02 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$.

Os valores médios para o teor de lipídios nas farinhas estudadas (Tabela 6) variaram de $1,38$ a $2,07 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. As FGI e FCT diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) da FCO para esse composto, sendo a menor média apresentada pela FCO ($1,38 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Esses valores corroboram com os descritos na literatura para FGI de feijão-caupi, de $1,3$ a $1,9 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (ANTOVA et al., 2014); $0,97$ e $1,94 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (HAMID et al., 2015); $1,47$ a $1,55 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (ANJOS et al., 2016); $1,53$ a $2,90 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (RIOS et al., 2018); e $0,40$ a $1,09 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (BEZERRA et al., 2019). Para FCT o valor obtido $1,68 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ está próximo ao encontrado $1,73$ e $1,89 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (HASHIMOTO et al., 2020).

Comparando-se as três farinhas, observa-se uma redução no teor de lipídios das FCT e FCO, quando comparadas à FGI. Essa redução também foi observada em feijão-caupi preto por Moongngarm et al. (2014), de 1,48 para FGI e 1,40 para FCT. O feijão-caupi apresenta, geralmente, um baixo conteúdo de lipídios, tal característica o torna excelente matéria-prima, pois teores elevados de lipídios podem provocar a deterioração do alimento durante o armazenamento, produzindo odor e gosto de ranço.

Quanto ao conteúdo de proteínas, observou-se que a FCT e FGI diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) da FCO, com 25,28 e 24,89 g 100 g⁻¹, respectivamente. Apesar de ter havido diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre FCT e FGI, observou-se um pequeno aumento nos teores de proteínas da FCT, possivelmente, devido ao processo de descorticação, que promoveu maior disponibilidade da proteína dos grãos de feijão-caupi. Para a FCO, observou-se uma redução significativa (16,62 g 100 g⁻¹) no teor de proteínas em relação às demais farinhas. Resultados similares foram reportados por Moongngarm et al. (2014), que também observaram um aumento no teor de proteínas para a FCT (21,53 g 100 g⁻¹) em relação à FGI (20,98 g 100 g⁻¹) de feijão-caupi. Já Suri et al. (2017) relataram que a remoção do tegumento aumentou o conteúdo de proteína de 22,62 g 100 g⁻¹ para 23,49 g 100 g⁻¹.

O feijão-caupi tradicionalmente apresenta ótimos teores de proteínas para o grão integral. A literatura apresenta uma certa variabilidade em relação à sua variação em termos de médias: 20 a 30 g 100 g⁻¹ (CARVALHO et al., 2012a); 22,5 a 25,6 g 100 g⁻¹ (ANTOVA et al., 2014); 19,60 e 23,23 g 100 g⁻¹ (HAMID et al., 2015); 28,5 a 29,5 g 100 g⁻¹ (ANJOS et al., 2016); 27,96, 26,04 e 25,13 g 100 g⁻¹ (DAVID et al., 2017); 21,73 a 25,77 g 100 g⁻¹ (RIOS et al., 2018); e 24,53 g 100 g⁻¹ (DAVID; ACKA et al., 2018). Essas variações observadas nos teores de proteínas pelos diversos autores citados, certamente ocorreram devido a cultivar (genética) e às condições de cultivo utilizadas (ambiente).

Hashimoto et al. (2020) obtiveram 23,98 e 21,08 g 100 g⁻¹ para farinha de cotilédones das cultivares BRS Guariba e BRS Novaera, valores menores ao obtido neste estudo.

Os teores de proteínas verificados nas farinhas analisadas respaldam o excelente teor proteico, podendo ser classificadas de acordo com a RDC nº 268 de 22 de setembro de 2005, como um produto com alto teor de proteínas para crianças de 1 a 3 anos, pois os teores obtidos foram maiores do que o valor de referência 13g 100 g⁻¹ de alimento (BRASIL, 2005).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 6, verificou-se uma redução nos teores de umidade, cinzas e lipídios para farinha de cotilédones em relação à farinha de grão

integral. Provavelmente, a remoção do tegumento dos grãos tenha colaborado com a redução destes teores. Contudo, a presença de maiores teores de proteínas e fibras nas farinhas mostram que elas podem enriquecer os produtos elaborados, podendo oferecer benefícios ligados a nutrição e a saúde dos consumidores.

Em relação ao teor de carboidratos totais, a FCO apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação às demais. Entretanto, as três farinhas estudadas apresentaram teores maiores do que os encontrados na literatura: David et al. (2017) obtiveram 59,66, 54,95 e 59,23 g 100 g⁻¹ em três cultivares de feijão-caupi (Nhyira, Soronko e Tona); Rios et al. (2018) observaram teores de 58,08 a 64,02 g 100 g⁻¹ em FGI de feijão-caupi; Enyiukwu et al. (2018) relataram um média de 57,02 g 100 g⁻¹ na cultivar de feijão-caupi IAR-48; Khalid e Elharadallou (2013) observaram teores de 60,07 e 59,78 g 100 g⁻¹, respectivamente para FGI e FCO de feijão-caupi; Bezerra et al. (2019) encontraram teores variando de 60,33 a 67,46 g 100 g⁻¹; e Nwadike et al. (2018) observaram valores na faixa de 57,03 a 69,23 g 100 g⁻¹. Resultados semelhantes ao encontrado presente estudo foram obtidos por, Hashimoto et al. (2020) 69,92 e 74,15 g 100 g⁻¹ em FCO das cultivares de feijão-caupi BRS Guariba e BRS Novaera.

As farinhas de feijão-caupi (FGI, FCT e FCO) apresentaram carboidratos totais como constituinte de maior teor, correspondendo de 69 a 78% da sua composição total. Considerando a importância do feijão-caupi no hábito alimentar brasileiro, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, estes valores são expressivos, confirmando ser um alimento de boa fonte deste nutriente e atendendo às principais recomendações dietéticas.

O teor de fibra alimentar total variou de 11,28 a 51,12 g 100 g⁻¹ nas farinhas analisadas (Tabela 6). De acordo com estes resultados, as três farinhas são consideradas alimentos com alto teor de fibra alimentar, superando o mínimo preconizado pela legislação 5 g de fibra 100 g⁻¹ de produto (BRASIL, 2012).

Eashwarage et al. (2017) afirmaram que a fibra alimentar se concentra em maior quantidade no tegumento dos grãos de feijão-caupi. Corroborando com estes autores, a FCO apresentou teores maiores de fibra alimentar total (51,12 g 100 g⁻¹), fibra alimentar solúvel (2,81 g 100 g⁻¹) e fibra alimentar insolúvel (48,31 g 100 g⁻¹).

A farinha de cotilédones (FCT) apresentou menores teores de FAT, FAS e FAI, respectivamente 11,28, 1,36 e 9,91 g 100 g⁻¹. No entanto, Suri et al. (2017) obtiveram teores maiores de fibra alimentar em cotilédones de feijão-caupi, 27,35, 3,20 e 24,15 g 100 g⁻¹, para

FAT, FAS e FAI. Isso evidencia que não é regra que a fibra alimentar se concentre em maior parte no tegumento do grão e que depende do genótipo e das condições de cultivo.

Os teores de FAT quantificados na farinha e grão integral do presente estudo foram maiores do que os determinados por Antova et al. (2014), que variou de 1,7 a 3,0 g 100 g⁻¹; Liyanage et al. (2014), 3,95 a 4,64 g 100 g⁻¹; Anjos et al. (2016), com variação de 5,35 a 6,43 g 100 g⁻¹. Entretanto, outros autores obtiveram maiores variações, Carvalho et al. (2012a); Kirse e Karklina (2015); Eashwarage et al. (2017); Orita et al. (2019) e Tiwari et al. (2019), que obtiveram variações de 20 a 35 g 100 g⁻¹; 12,00 a 14,80 g 100 g⁻¹; 13,60 a 15,99 g 100 g⁻¹; 17,4 a 23 g 100 g⁻¹; e 20,5 a 25,00 g 100 g⁻¹, respectivamente. Conforme Orita et al. (2019), os teores de fibra alimentar presentes nos grãos de feijão-caupi, variam com o grupo comercial, cultivares e ambiente de cultivo. Os resultados evidenciam que embora os teores de fibra alimentar encontrados na FCT de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque seja menor do que na FGI e FCT, esses teores ainda assim são considerados bons tendo em vista que são maiores do que os encontrados nos trabalhos citados acima, mostrando também o potencial dessa cultivar como excelente fonte de fibra alimentar nos cotilédones.

Os teores de fibra alimentar total, fibra solúvel e fibra insolúvel verificados nas farinhas FGI, FCT e FCO, possibilita o seu aproveitamento, no desenvolvimento de novos produtos alimentícios, com inúmeros benefícios à saúde, incluindo o potencial de redução do risco de doença coronariana, diabetes, obesidade e alguns tipos de câncer.

3.6 Valor Energético Total

O Valor Energético Total (VET) das farinhas FGI e FCT não diferiram entre si, apresentando valores de 344,79 e 348,50 Kcal 100 g⁻¹, respectivamente (Tabela 6). Esses valores corroboram com os obtidos por outros autores para FGI: Cavalcante et al. (2017), observaram uma variação de 388,6 a 395,66 Kcal 100 g⁻¹ em cinco cultivares de feijão-caupi; Rios et al. (2018) encontraram teores variando de 352 a 365,4 Kcal 100 g⁻¹; Bezerra et al. (2019) obteve uma variação de 340,28 a 357,56 Kcal 100 g⁻¹; Traore et al. (2020) 340,42 e 343,45 Kcal 100 g⁻¹.

Observa-se que a FCO apresentou menor valor energético total 191,33 Kcal 100 g⁻¹, este resultado mostra que, o maior teor de fibra alimentar apresentado pela respectiva farinha, explica o menor valor energético obtido, pois no tegumento dos grãos há maior concentração no teor de fibra alimentar.

3.7 Minerais

Os resultados de composição mineral das farinhas obtidas a partir dos grãos de feijão-caupi encontram-se na Tabela 7. A FGI analisada nesse estudo apresentou teor de fósforo de 412,38 mg 100g⁻¹, enquanto FCT e FCO, 365,65 e 261,10 mg 100g⁻¹, respectivamente.

Tabela 7. Perfil de minerais das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) da cultivar de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.

Mineral*	FGI	FCT	FCO
Macromineral			
P	412,38 ± 4,33 a	365,65 ± 4,52 b	261,10 ± 5,87 c
Na	19,84 ± 0,14 b	19,78 ± 0,10 b	39,46 ± 0,45 a
K	1224,37 ± 12,73 a	1154,02 ± 16,74 a	940,49 ± 21,63 b
Ca	58,49 ± 5,42 b	30,95 ± 3,69 c	248,41 ± 6,42 a
Mg	204,42 ± 15,44 b	161,42 ± 12,59 c	364,09 ± 5,18 a
Micromineral			
Fe	6,02 ± 0,26 b	4,10 ± 0,05 c	13,33 ± 0,24 a
Zn	4,56 ± 0,04 a	4,25 ± 0,07 b	3,26 ± 0,03 c
Cu	0,65 ± 0,03 a	0,46 ± 0,03 c	0,54 ± 0,02 b
Mn	0,94 ± 0,02 b	0,59 ± 0,06 c	1,46 ± 0,05 a

*Valores de médias em mg 100g⁻¹ ± desvio padrão. Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

A FCO apresentou teor de fósforo significativamente (p≤0,05) menor às demais farinhas. Gerrano et al. (2018), avaliando 22 genótipos de feijão-caupi, verificaram média de 531,5 mg 100g⁻¹ para a FGI, teor este, maior ao obtido no presente trabalho. Traore et al. (2020) obtiveram teores menores 249,30 e 263,10 531,5 mg 100g⁻¹, em duas cultivares de feijão-caupi.

A concentração de sódio foi mais elevada para a FCO, que apresentou 39,46 mg 100g⁻¹, teor este, duas vezes maior que a média de sódio em comparação às demais farinhas e à literatura existente para grão integral de feijão-caupi. Carvalho et al. (2012a), 12,49 mg 100g⁻¹; Enyiukwu et al. (2018), 0,13 mg 100g⁻¹; e Traore et al. (2020) obtiveram médias de 4,91 e 6,32 mg 100g⁻¹ em duas cultivares de cor branca e vermelha, respectivamente. Essa concentração elevada de sódio apresentada pela FCO não é apreciável, pois diariamente uma grande quantidade de sódio é adicionado na alimentação na forma de cloreto de sódio.

As estimativas das médias para as concentrações de potássio variaram de 1.224,37; 1154,02; e 940,49 mg 100g⁻¹ (Tabela 7) para FGI, FCT e FCO, respectivamente. Carvalho et al. (2012a) observaram variação de potássio de 957,00 a 1.251 mg 100g⁻¹ em um estudo com

30 genótipos de feijão-caupi; Traore et al. (2020) 774,00 e 900,70 mg 100g⁻¹, enquanto Enyiukwu et al. (2018) obtiveram média de 1.292,25 mg 100g⁻¹.

Ao se comparar o teor de cálcio das FGI, FCT e FCO (Tabela 7), observou-se que a FCO apresentou teor de 248,41 mg 100g⁻¹, maior às demais farinhas. A FGI apresentou média de 58,49 mg 100g⁻¹, sendo maior do que a média obtida por Gondwe et al. (2019), que foi de 25,33 mg 100g⁻¹. No entanto menor que os teores obtidos por Traore et al. (2020) 87 e 169 mg 100g⁻¹.

As três farinhas diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre si para o teor de magnésio, com a FCO (364,09 mg 100g⁻¹) estatisticamente maior às demais farinhas. A FGI (204,42 mg 100g⁻¹) foi maior ($p \leq 0,05$) à CT (161,42 mg 100g⁻¹). Concentrações mais baixas desse mineral em comparação com as obtidas neste trabalho foram apresentadas por Carvalho et al. (2012a) 128,6 a 167,17 mg 100g⁻¹; Rios et al. (2018), que obtiveram variações de 130 a 169 mg 100g⁻¹ e Traore et al. (2020) 150,50 e 181,90 mg 100g⁻¹.

As médias para a concentração de ferro nas farinhas diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$). A FGI apresentou 6,02 mg 100g⁻¹, teor este equivalente aos obtidos por Rocha et al. (2011), de 6,06 mg 100g⁻¹; e Pereira et al. (2014), de 5,10 mg 100g⁻¹; porém menor ao observado por Carvalho et al. (2012a) para o grão da mesma cultivar de feijão-caupi (7,5 mg 100g⁻¹) e Traore et al. (2020) 9,93 e 11,69 mg 100g⁻¹ para duas cultivares. Para a FCT, o teor de ferro foi de 4,10 mg 100g⁻¹, teor menor ao da FGI. Isso sugere que o processo de descorticação reduziu os teores de ferro, visto que este se acumula preferencialmente no tegumento do grão. A FCO se destacou entre as farinhas por apresentar o maior teor de ferro (13,33 mg 100g⁻¹).

Com relação ao teor de zinco, as três farinhas diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$), com destaque para a FGI, que apresentou a maior média (4,56 mg 100g⁻¹) para esse mineral. Essa média é semelhante à relatada por Oliveira et al. (2017) 4,16 a 4,76 mg 100g⁻¹; maior do que os teores obtidos por Carvalho et al. (2012a), de 3,6 mg 100g⁻¹, e Pereira et al. (2014), de 5,10 mg 100g⁻¹; e menor do que o teor observado por Rocha et al. (2011), de 5,16 mg 100g⁻¹. Ao comparar-se o teor de zinco da FGI com as demais farinhas FCT e FCO, observou-se uma redução nos teores deste micromineral de 4,25 e 3,26 mg 100g⁻¹, respectivamente, evidenciando que, diferentemente do ferro, o processo de descorticação não reduziu os teores de zinco, sugerindo que este se acumula preferencialmente no cotilédone do grão. Rios et al. (2018) avaliaram FGI e FCT em cinco cultivares de feijão-caupi e verificaram maior teor de zinco na FCT das cultivares BRS Itaim e BRS Xiquexique.

Para o teor de cobre, as farinhas diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$). A FGI foi maior às demais farinhas, com $0,65 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$. Houve redução no teor deste micromineral para FCT ($0,46 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) em relação à FGI. Carvalho et al. (2012a) observaram teor de cobre de $2,00 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ para a FGI da mesma cultivar.

O teor de manganês para a FCT apresentou redução significativa ($p \leq 0,05$) $0,46 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ em relação à FGI ($0,94 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$). A FCO apresentou o maior teor de Mn ($1,46 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$). A variação para Mn observada no presente trabalho foi menor à obtida por Naiker et al. (2019), de $1,09$ a $1,53 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$, em FGI de cinco cultivares de feijão-caupi.

De forma geral, a FGI apresentou maiores teores de fósforo, potássio, zinco e cobre, enquanto a FCO concentrou os maiores teores de sódio, cálcio, magnésio, ferro e manganês, evidenciando que aqueles se concentram mais no tegumento e, estes, mais no cotilédone. Concluiu-se que as farinhas podem melhorar a adequação de consumo de minerais como ferro e zinco, dado de suma importância, porque estes micronutrientes apresentam funções primordiais no nosso organismo.

3.8 Perfil de aminoácidos

Os resultados do perfil de aminoácidos das farinhas estudadas estão descritos na Tabela 8. Dentre as farinhas analisadas, a FCO (farinha de coproduto) apresentou menores teores para todos os aminoácidos estudados, com diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação as demais farinhas. Observou-se também uma redução na concentração de aminoácidos na FCT em relação à FGI, porém não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre elas, exceto para o teor de metionina, que foi maior na FCT em relação a FGI. Suri et al. (2017), também observaram uma redução nos teores de aminoácidos na farinha de cotilédones em relação ao grão integral. Entretanto, os autores relataram maior teor de triptofano na FCT.

A tendência da distribuição de aminoácidos nas farinhas foi semelhante, de acordo com a Tabela 8. Entretanto, foi possível constatar que os teores de aminoácidos identificados na FCO, apresentaram uma dotação abaixo das recomendações estabelecidas (WHO, 2007). Assim, a complementação com outros alimentos é recomendada para que se obtenha melhor qualidade proteica.

Tabela 8. Perfil de aminoácidos das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) da cultivar de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.

Aminoácidos	FGI	FCT	FCO	Padrão de referência ¹
Histidina	2,17 ± 0,06 a	2,07 ± 0,05 a	0,91 ± 0,03 b	1,5
Isoleucina	2,89 ± 0,09 a	2,83 ± 0,10 a	1,21 ± 0,03 b	2,7
Leucina	5,63 ± 0,17 a	5,54 ± 0,18 a	2,31 ± 0,08 b	5,4
Lisina	5,60 ± 0,06 a	5,51 ± 0,23 a	2,41 ± 0,07 b	4,5
Metionina	2,04 ± 0,02 b	2,63 ± 0,04 a	0,96 ± 0,01 c	2,2 ²
Cisteína	0,27 ± 0,00 a	0,25 ± 0,00 a	0,13 ± 0,00 b	
Fenilalanina	4,23 ± 0,14 a	4,10 ± 0,10 a	1,65 ± 0,05 b	4,0 ³
Tirosina	2,51 ± 0,08 a	2,40 ± 0,05 a	1,10 ± 0,04 b	
Treonina	2,74 ± 0,07 a	2,68 ± 0,09 a	1,20 ± 0,03 b	2,3
Triptofano	0,57 ± 0,01 a	0,56 ± 0,01 a	0,22 ± 0,00 b	0,6
Valina	3,51 ± 0,09 a	3,41 ± 0,11 a	1,48 ± 0,04 b	3,6
Ácido aspártico	8,01 ± 0,11 a	7,84 ± 0,28 a	3,32 ± 0,11 b	
Serina	4,28 ± 0,11 a	4,10 ± 0,09 a	1,81 ± 0,06 b	
Ácido glutâmico	15,76 ± 0,25a	15,52 ± 0,56a	5,93 ± 0,22b	
Glicina	2,51 ± 0,09 a	2,28 ± 0,03 a	1,21 ± 0,04 b	
Arginina	5,48 ± 0,15 a	5,38 ± 0,28 a	2,28 ± 0,08 b	
Alanina	2,96 ± 0,08 a	2,86 ± 0,09 a	1,38 ± 0,07 b	
Prolina	3,19 ± 0,08 a	3,11 ± 0,08 a	1,58 ± 0,05 b	

Valores das médias em base seca (g 100g⁻¹ de proteína) ± desvio padrão. Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p≤0,05).

¹Padrão de referência em (g 100g⁻¹ para ingestão diária) FAO/WHO/UNU para crianças de 1 a 2 anos de idade (WHO, 2007). ²(Met+Cys); ³(Phe+Tyr). Valores sombreados correspondem aos aminoácidos que, se encontram limitantes nas farinhas.

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

O perfil de aminoácidos da FCO, revelou um baixo teor de aminoácidos sulfurados, que leva a identificação da metionina + cisteína como limitante para crianças em idade pré-escolar, classificando-a como deficitária. Ainda, o baixo teor de lisina (2,41 g 100g⁻¹ de proteínas) obtido na FCO compromete sua qualidade como aminoácido complementar das proteínas dos cereais. Com relação aos aminoácidos não essenciais, observa-se que a FCO apresentou valores significativamente (p≤0,05) menores às FGI e FCT.

Neste estudo, os aminoácidos essenciais verificados para a FCT foram constituídos em maior parte por leucina, seguido por lisina, fenilalanina, valina, isoleucina, treonina, metionina, tirosina, histidina, cisteína e triptofano. Os teores de aminoácidos essenciais quantificados na FCT do presente estudo foram maiores aos reportados por Elhardallou et al. (2015) para FCT de feijão-caupi (leucina: 1,58 g 100g⁻¹ de proteína; lisina: 4,28 g 100g⁻¹ de proteína; fenilalanina: 2,00 g 100g⁻¹ de proteína; valina: 0,72 g 100g⁻¹ de proteína; isoleucina: 0,98 g 100g⁻¹ de proteína; treonina: 0,44 g 100g⁻¹ de proteína; metionina: ND; tirosina: 3,33 g 100g⁻¹

de proteína; histidina: 0,77 g 100g⁻¹ de proteína; cisteína: 0,03 g 100g⁻¹ de proteínas; e triptofano: ND).

Quando comparada com o padrão de referência, a FCT apresentou concentrações de aminoácidos essenciais de acordo com o padrão FAO/WHO/UNU de necessidade para crianças pré-escolares de 1 a 2 anos de idade (WHO, 2007), como demonstrado na Tabela 8, destacando-se o baixo teor de triptofano e valina, correspondendo aos aminoácidos que se encontram limitantes na respectiva farinha.

A FCT apresentou teor de lisina 5,51 g 100g⁻¹ de proteínas teor semelhante ao obtido por Suri et al. (2017) 5,20 g 100g⁻¹ de proteínas ao analisar FCT de uma variedade indígena de feijão-caupi ('Pant lobia-5') de Pantnagar, Índia. Elhardallou et al. (2015), obtiveram menor teor 4,20 g 100g⁻¹ de proteínas em FCT em estudo realizado com cultivar comercializada em Wad Medani, Sudão.

Em relação aos aminoácidos não-essenciais presentes na FCT, destacaram-se os elevados teores de ácido aspártico e ácido glutâmico, com 7,84 e 15,52 g 100g⁻¹ de proteínas, respectivamente. Elhardallou et al. (2015), avaliando FCT de feijão-caupi obtiveram teor de ácido glutâmico de 3,32 g 100g⁻¹ de proteínas, menor ao do presente estudo.

A FGI apresentou em sua constituição, todos os aminoácidos essenciais. Os teores constatados no presente estudo, corroboram com os resultados encontrados na literatura para FGI de feijão-caupi (VASCONCELOS et al., 2010; CARVALHO et al., 2012a; AFIUKWA et al., 2015; UKPENE; IMADE, 2015; ILESANMI; GUNGULA, 2016; HARMANKAYA et al., 2016; FROTA et al., 2017; AREMU et al., 2017; ALGHAMDI et al., 2019).

A FGI apresentou triptofano e valina como aminoácidos limitantes para crianças em idade pré-escolar, enquanto os demais aminoácidos essenciais atenderam as necessidades, inclusive para os sulfurados, contrapondo a afirmação que o aminoácido que mais limita o aproveitamento biológico das proteínas do feijão-caupi é a metionina. Em estudos com feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*), Ribeiro et al. (2010) também encontraram genótipos com alto teor de metionina e cisteína. Traore et al. (2020) relataram que os aminoácidos essenciais mais concentrados nas farinhas de duas cultivares de feijão-caupi foram, treonina, metionina, lisina e valina.

Teores similares do aminoácido metionina verificados no presente trabalho foram obtidos por Ukpene e Imade (2015), que analisaram perfis de aminoácidos em sete variedades de feijão-caupi, e afirmaram que o teor de metionina em todos os genótipos variou de 2,24 a

2,61 g 100g⁻¹ de proteínas. Entretanto, outros autores relataram teores menores, Aremu et al. (2017) 0,46 a 1,20 g 100g⁻¹ de proteína; Alghamdi et al. (2019) 0,80 a 1,47 g 100g⁻¹ de proteína; Teka et al. (2019) 0,16 a 0,24 g 100g⁻¹ de proteína; Biama et al. (2020) 0,33 a 0,38 g 100g⁻¹ de proteína.

O teor de lisina (5,60 g 100g⁻¹ de proteínas) presente na FGI foi ideal, pois, a presença deste aminoácido nos grãos de feijão-caupi melhora a qualidade das proteínas dos cereais, principalmente, o arroz, reconhecidamente deficiente nesse aminoácido. Valores semelhantes foram obtidos por Suri et al. (2017) 5,47 g 100g⁻¹ de proteína; Alghamdi et al. (2019) obtiveram uma variação de 4,90 a 7,20 g 100g⁻¹ de proteína em oito genótipos de feijão-caupi; Aremu et al. (2017) 5,76 a 6,84 g 100g⁻¹ de proteína. Teka et al. (2019) e Biama et al. (2020), obtiveram teores menores 1,36 a 1,47 g 100g⁻¹ de proteína em 5 cultivares de feijão-caupi cultivados na Etiópia e 1,49 a 1,82 g 100g⁻¹ de proteína em 10 genótipos cultivados no Kenya, respectivamente. De acordo com Franco (2005) e Ribeiro et al. (2010), alimentos com elevado teor de lisina são desejáveis, pois juntamente com a arginina e a serina, promovem maior absorção do teor de cálcio pelo organismo, porque influencia o pH intestinal e na formação de compostos solúveis cálcio-aminoácidos.

Considerando os aminoácidos não essenciais, a FGI apresentou ácido aspártico (8,01 g 100g⁻¹ de proteínas) e ácido glutâmico (15,76 g 100g⁻¹ de proteínas) mais abundantes. Afiukwa et al. (2015), Harmankaya et al. (2016), Aremu et al. (2017) e Alghamdi et al. (2019) também relataram o ácido aspártico e ácido glutâmico como aminoácidos não essenciais predominantes em feijão-caupi. Segundo Onwuliri e Obu (2002), o alto conteúdo desses dois aminoácidos pode estar correlacionado com as formas de assimilação de nitrogênio pela planta. O ácido glutâmico exerce função no metabolismo vegetal, participa do processo de assimilação do nitrogênio, síntese da clorofila e de outros aminoácidos (TAIZ; ZEIGER, 2017).

De modo geral, considerando os resultados apresentados no presente estudo, as três farinhas possuem potencial como matérias-primas a serem utilizadas no desenvolvimento de produtos, melhorando a qualidade nutricional, haja vista as diferenças constatadas na composição centesimal e perfil de aminoácidos.

3.9 Compostos bioativos e capacidade antioxidante

De acordo com os resultados de compostos fenólicos totais (Tabela 9), verifica-se que as concentrações destes na FGI foram maiores à FCT. Assim, podemos inferir que o processo de descorticação levou a uma redução significativa ($p \leq 0,05$) no conteúdo destes compostos. Conforme Andarwulan et al. (2012), os compostos fenólicos totais se encontram presentes predominantemente no tegumento dos grãos de feijão. Corroborando com essa afirmativa, no presente trabalho a FCO destacou-se para esses compostos, com $337,52 \text{ mgEAG } 100\text{g}^{-1}$.

Tabela 9. Compostos bioativos das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) da cultivar de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque.

Tipo de Farinha	Fenólicos totais (mgEAG 100g^{-1})	Flavonoides (mgEQ 100g^{-1})	Antocianinas (mg cy-3-glu 100g^{-1})
FGI	$266,76 \pm 0,00 \text{ b}$	$30,51 \pm 3,60 \text{ b}$	$0,69 \pm 0,06 \text{ b}$
FCT	$115,70 \pm 0,00 \text{ c}$	$20,11 \pm 0,00 \text{ c}$	$0,44 \pm 0,11 \text{ b}$
FCO	$337,52 \pm 3,94 \text{ a}$	$80,47 \pm 3,60 \text{ a}$	$2,12 \pm 0,60 \text{ a}$

*Valores das médias \pm desvio padrão; EAG, equivalentes de Ácido Gálico; EQ, equivalente de Quercetina; cy-3-glu, equivalentes de cianidina-3-glucosídeo; médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Para a FGI, os teores de fenólicos totais foram maiores ($266,76 \text{ mgEAG } 100\text{g}^{-1}$) aos de Barros et al. (2017), que ao avaliarem o efeito da cocção no teor de compostos fenólicos para a mesma cultivar, obtiveram $177,07 \text{ mgEAG } 100\text{g}^{-1}$ nos grãos crus. Moreira-Araújo et al. (2017) analisaram dois genótipos de feijão-caupi e obtiveram teores que variaram de 177 (cv. BRS Tumucumaque) a $437 \text{ mgEAG } 100\text{g}^{-1}$ (Pingo de ouro 1-2). Barros et al. (2019) obtiveram teor maior $297,23 \text{ mgEAG } 100\text{g}^{-1}$ (cv. BRS Tumucumaque) estes autores afirmaram que essa variação nas concentrações de compostos fenólicos para a mesma cultivar pode ser explicada pelas condições ambientais de cultivo ou fatores inerentes às condições de extração.

Considerando os teores estabelecidos por Marathe et al. (2011) em estudo com leguminosas, foi possível concluir que os resultados obtidos no presente estudo para as farinhas de feijão-caupi permitem classificá-las como moderado (> 100 e $< 200 \text{ mgEAG } 100\text{g}^{-1}$) e alto teor destes compostos ($> 200 \text{ mgEAG } 100\text{g}^{-1}$), revelando um significativo potencial funcional para as farinhas e evidenciando a importância no consumo de feijão-caupi.

Para o teor de flavonoides, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as farinhas (Tabela 9). O maior teor observado foi para a FCO ($80,47 \text{ mgEQ } 100\text{g}^{-1}$) e menor para a FCT ($20,11 \text{ mgEQ } 100\text{g}^{-1}$). O teor na FGI foi menor ao observado por Barros et al. (2017), de $45,80 \text{ mgEQ } 100\text{g}^{-1}$ para a mesma cultivar; Moreira-Araújo et al. (2017), de $45,80 \text{ mgEQ } 100\text{g}^{-1}$

teores foram maiores aos verificados por Sombié et al. (2018), em 31 genótipos de feijão-caupi de 7,46 a 23,95 mgEQ 100g⁻¹.

Os níveis para teores de flavonoides nos alimentos e a recomendação com exatidão de consumo diário dos polifenóis, não foram encontradas na literatura pesquisada. Contudo, levando em consideração as principais fontes de ingestão dos flavonoides provenientes de alimentos vegetais, pode-se afirmar que as farinhas do presente estudo apresentaram teores benéficos.

Quanto às concentrações de antocianinas totais (Tabela 9), a FCO apresentou um maior teor (2,12 mg cy-3-glu100g⁻¹), diferindo das farinhas FGI e FCT com concentrações menores, 0,69 e 0,44 2,12 mg cy-3-glu100g⁻¹, respectivamente. Resultados semelhantes aos reportados por Cavalcante et al. (2017) 0,1 a 1,8 mg cy-3-glu100g⁻¹, em cinco cultivares de feijão-caupi. Moreira-Araújo et al. (2017) e Barros et al. (2019) não identificaram a presença de antocianinas totais nas amostras de feijão-caupi para mesma cultivar (cv. BRS Tumucumaque). Esse resultado ratifica as afirmações de Akond et al. (2011) sobre a relação direta entre a coloração do tegumento dos grãos de feijão e a concentração de antocianinas.

Pode-se observar no presente estudo que a concentração de antocianinas totais nas farinhas da cultivar de feijão-caupi Tumucumaque foi muito pequena, quando comparadas às principais fontes de antocianina na dieta humana, frutas (açai, uva, maçã, morango e acerola) e outros vegetais, como o repolho roxo, batata roxa, berinjela, entre outros (CARDOSO et al., 2011).

Com base nos resultados quantificados para compostos bioativos (Tabela 9) das farinhas de grão integral, cotilédones e coproduto, constata-se que o conteúdo destes compostos variou consideravelmente entre as diferentes partes dos grãos da cultivar de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque analisada no presente estudo.

A capacidade antioxidante das farinhas de grão integral, cotilédones e coproduto, demonstrada na Tabela 10, mostrou que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) na capacidade antioxidante das farinhas. A FCT apresentou menor capacidade antioxidante (659,63 $\mu\text{molTEAC } 100\text{g}^{-1}$) em relação às demais farinhas. Assim, o processo de descorticação aplicado desempenhou uma redução significativa na capacidade antioxidante desta farinha. Isso ocorreu pelo fato dos compostos que possuem função antioxidante estarem presentes majoritariamente na camada que reveste o grão.

Tabela 10. Capacidade antioxidante das farinhas de grão integral (FGI), cotilédones (FCT) e coproduto (FCO) da cultivar de feijão-caupi BRS Tumucumaque.

Tipo de farinha	Capacidade antioxidante*
	DPPH ($\mu\text{molTEAC } 100\text{g}^{-1}$)
FGI	1.128,48 \pm 132,34b
FCT	659,63 \pm 20,09c
FCO	1.699,59 \pm 34,96 ^a

*Valores das médias \pm desvio padrão; capacidade antioxidante equivalente ao Trolox. Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de *Tukey* ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Em estudo com a cultivar de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque, Barros et al. (2017) verificaram capacidade antioxidante de $551.5 \mu\text{molTEAC } 100\text{g}^{-1}$; e Moreira-Araújo et al. (2017), de $552 \mu\text{molTEAC } 100\text{g}^{-1}$; valores menores ao da FGI deste estudo ($1.128,48 \mu\text{molTEAC } 100\text{g}^{-1}$). Cavalcante et al. (2017), entretanto, obtiveram valores de 362.9 a $2586.3 \mu\text{molTEAC } 100\text{g}^{-1}$, aproximando-se dessa forma aos resultados do presente estudo. De um modo geral, nota-se que as farinhas de grão integral, cotilédones e coproduto apresentaram significativo potencial antioxidante.

Nas Tabelas 9 e 10 observa-se que a farinha de coproduto (FCO) com maior teor de fenólicos foi a que apresentou maior capacidade antioxidante. A FCO apresentou o maior teor de compostos fenólicos, que refletiu na sua elevada capacidade de sequestrar os radicais livres DPPH. Assim, as farinhas FGI e FCO apresentam significativos teores de compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Os resultados obtidos neste estudo são de grande importância, visto que ratifica a inclusão das farinhas de feijão-caupi na alimentação ou em produtos alimentícios, como alimento funcional, auxiliando na redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis.

3.10 Fatores antinutricionais

Apesar do feijão-caupi constituir uma importante fonte de nutrientes para a dieta humana, a presença de antinutricionais interfere na aceitação e utilização de seus grãos. Dentre os antinutricionais, os taninos condensados (Tabela 11). Para os teores de taninos condensados, verificou-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as farinhas. A FCO apresentou maior teor, $15,71 \text{ mgEC } 100 \text{ g}^{-1}$ e o menor teor foi obtido para a farinha FCT, $7,44 \text{ mgEC } 100 \text{ g}^{-1}$. Para farinha de grão integral o resultado foi, $12,38 \text{ mgEC } 100 \text{ g}^{-1}$, que está em consonância com o obtido por Barros et al. (2019) $12,81 \text{ mgEC } 100 \text{ g}^{-1}$ para a mesma cultivar; IHEMEJE et al. (2018) obtiveram $11,86 \text{ mgEC } 100 \text{ g}^{-1}$ em cultivar africana; MAKINDE e ABOLARIN (2020) obtiveram uma

variação de 8 a 12,18 mgEC 100 g⁻¹ em três genótipos de feijão-caupi cultivados na Nigéria. Porém, maior do que o observado por Difo et al. (2014), 9,0 mgEC 100 g⁻¹ e Cavalcante et al. (2017) 1,9 a 4,9 mgEC 100 g⁻¹ em cinco cultivares de feijão-caupi.

A FCT apresentou uma redução em torno de 40% nos teores de taninos em relação a FGI, conforme Tabela 11. Essa redução demonstra que o processo de descorticação dos grãos de feijão-caupi reduziu significativamente o teor de taninos, pois estes se concentram principalmente no tegumento do grão. Em contrapartida, a FCO apresentou um aumento de aproximadamente 27% em relação à FGI.

Tabela 11. Fatores antinutricionais das farinhas de grão integral, cotilédones e coproduto.

Tipo de farinha	Fatores antinutricionais*	
	Taninos (mgEC 100 g ⁻¹)	Ácido fítico (mg g ⁻¹)
FGI	12,38 ± 0,27b	10,51 ± 0,08a
FCT	7,44 ± 0,27c	9,35 ± 0,03a
FCO	15,71 ± 0,72a	2,92 ± 0,00b

*Valores das médias ± desvio padrão; EC, equivalente de Catequina; ácido fítico expresso em mg g⁻¹ de ácido fítico; médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

De acordo com Traore et al. (2020), a granulometria influencia na redução dos teores de taninos, os autores relataram maiores teores em farinhas de feijão-caupi integral com maior granulometria em comparação com as farinhas de feijão-caupi integral de menor granulometria.

Os valores referentes ao ácido fítico das diferentes farinhas encontram-se na Tabela 12, os teores variaram entre 2,92 a 10,51 mg g⁻¹ nas farinhas de feijão-caupi. Observou-se maiores teores para as farinhas FGI e FCT, porém, houve uma redução de 11,03% no teor de ácido fítico da FCT em relação à FGI, não havendo diferença significativa (p≤0,05), entre as mesmas. No entanto, ambas diferiram estatisticamente da FCO. Essa discrepância existente entre os teores de ácido fítico deve-se, provavelmente, a diferença existente na composição química das farinhas, uma vez que o conteúdo de ácido fítico concentra-se principalmente nos cotilédones dos grãos.

Diferentemente de Ghavidel e Prakash (2007) que observaram uma redução de 52% no teor de ácido fítico após a remoção do tegumento de grãos de feijão-caupi. O teor obtido para a farinha FGI (10,51 mg g⁻¹) foi menor do que o relatado por Onwuliri e Obu (2002), 14,1 mg g⁻¹; Vasagam; Balasubramanian; Venkatesan (2007), 13,7 mg g⁻¹ e Batista et al. (2010) 11,66 mg g⁻¹ para outras cultivares de feijão-caupi.

Entretanto, diversos autores obtiveram uma ampla variação (0,21 a 20,33 mg g⁻¹) nos teores de ácido fítico em grãos de feijão-caupi: Preet e Punia (2009), 8,18 a 9,49 mg g⁻¹ em quatro variedades; Nassourou et al. (2015), 0,608 a 14,97 mg g⁻¹ em quinze linhagens; Dhanasekar e Reddy (2017) 0,21 a 3,25 em vinte genótipos; Sombié et al. (2018), 5,55 a 13,50 mg g⁻¹ em trinta variedades; Verma et al. (2019), 18,47 a 20,33 mg g⁻¹ em oito variedades; Silva et al. (2019) mg g⁻¹; e Gonçalves et al. (2020), 6,76 a 12,22 mg g⁻¹ em dezoito cultivares de feijão-caupi, dentre essas a cv. BRS Tumucumaque, que apresentou menor teor de ácido fítico 7,41 mg g⁻¹ que o obtido no presente estudo. Esses mesmos autores relataram que os menores teores de ácido fítico foram observados nas cultivares BRS Novaera, BRS Tumucumaque, IPA 207 e Paulistinha.

Conforme os resultados apresentados anteriormente, pode-se afirmar que essa variação no teor de ácido fítico em grãos de feijão-caupi pode ser atribuída a diferentes fatores, entre eles: o genótipo, maturidade dos grãos, condições de cultivo, principalmente inerentes ao manejo do solo e adubação.

Embora diversos autores considerem o ácido fítico um fator antinutricional, estudos recentes demonstram que este composto possui importante ação antioxidante. Segundo Gonçalves et al. (2020) níveis reduzidos de ácido fítico pode resultar em efeitos indesejáveis, como a redução de proteína, fósforo e outros elementos minerais no grão. Martinez-Domínguez et al. (2002) afirmaram que em baixas concentrações, o ácido fítico apresenta efeitos positivos sobre a saúde como ação protetora ao câncer e a prevenção de doenças cardiovasculares. Para a indústria de alimentos, Fukuji et al. (2008) e Bassinello et al. (2020), mostraram que em alguns estudos, este composto pode melhorar a qualidade nutricional, prevenir a descoloração e prolongar a vida útil do produto.

4. CONCLUSÕES

As farinhas desenvolvidas a partir da cultivar de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque apresentam boas características físicas e uniformidade de partículas, aspectos importantes para utilização, por exemplo, em massas alimentícias e produtos de panificação.

As farinhas de grão integral e cotilédones possuem melhor capacidade emulsificante e estabilidade da emulsão, auxiliando na melhoria e manutenção da textura de produtos, principalmente panificação, além de atividade de água adequada à conservação.

As farinhas de grão integral, cotilédones e coproduto apresentam interessantes características físicas, químicas, tecnológicas e funcionais, com potencial de aplicação na elaboração de produtos diversos pela indústria de alimentos. A inclusão dessas farinhas na formulação de produtos amplia o potencial de aproveitamento do feijão-caupi pelas indústrias de alimentos e consumidores, além de contribuírem para a agregação de valor, ampliação e importância socioeconômica da cadeia produtiva do feijão-caupi por meio da diversificação de mercado.

5. REFERÊNCIAS

AFIUKWA, C. A.; EBEM, E. C.; IGWE, D. O.; OGAH, O. A comparative study of the protein and amino acid composition of cowpea and selected mushroom species in Abakaliki, Nigeria. **Journal of Global Biosciences**, v. 4, n. 5, p. 2289-2295, 2015.

AGGARWAL, S.; SHARMA, S. Evaluation of nutritional, phytochemical and antioxidant properties of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Global journal for research analysis**, v. 6, n. 6, p. 179-182, 2017. <https://doi.org/10.36106/gjra>

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. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.08.028>

AKOND, G. M.; KHANDAKER, L.; BERTHOLD, J.; GATES L.; PETERS, K.; DELONG, H.; HOSSAIN, K. Anthocyanin, total polyphenols and antioxidant activity of common bean. **American Journal of Food Technology**, v. 6, n. 5, 2011. <https://doi.org/10.3923/ajft.2011.385.394>

ALGHAMDI, S. S.; EL-HARTY, E. H.; KHAN, M. A.; MIGDADI, H. M.; FAROOQ, M. Grain yield, nutritional composition and anti-nutritional factors of cowpea genotypes in dry environments of Saudi Arabia. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 21, p. 1137-1147, 2019. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1004>

AMONSOU, E. O.; HOUSSOU, P. A.; SAKYI-DAWSON, E.; SAALIA, F. Dehulling characteristics, sensory and functional properties of flours from selected cowpea varieties.

Journal Science of Food and Agriculture, v. 89, p. 1587-1592, 2009.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.3628>

ANDARWULAN, N.; KURNIASIH, D.; APRIADY, R. A.; RAHMAT, H. ROTO, A. V.; BOLLING, B. W. Polyphenols, carotenoids, and ascorbic acid in underutilized medicinal vegetables. **Journal of Functional Foods**, v. 4, n. 1, p. 339-347, 2012.
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.01.003>

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JUNIOR, E. L. Gelatinization of corn grits by Roll- and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, v. 14, n. 1, p.4-12, 1969. <https://doi.org/10.1002/star.19700220408>

ANJOS, F.; VAZQUEZ-ANON, M.; DIERENFELD, E. S.; PARSONS, C. M.; CHIMONYO, M. Chemical composition, amino acid digestibility, and true metabolizable energy of cowpeas as affected by roasting and extrusion processing treatments using the cecectomized rooster assay. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 25, p. 85-94, 2016.
<http://dx.doi.org/10.3382/japr/pfv069>

ANTOVA, G. A.; STOILOVA, T. D.; IVANOVA, M.M. Proximate and lipid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivated in Bulgaria. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 33, p. 146-152, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.12.005>

AOAC, Official Method 985.29 Total Dietary Fiber in Foods. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16^a ed., 3^a rev. Gaithersburg: Published by AOAC International, 1997.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17 th ed. Arington, USA: AOAC International, 2000.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18 th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18 th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2010.

APPIAH, F.; ASIBUO, J. Y.; KUMAH, P. Physicochemical and functional properties of bean flours of three cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) varieties in Ghana. **African Journal of Food Science**, v. 5, n. 2, p. 100-104, 2011.

AREMU, M. O.; AUDU, S. S.; GAV, B. L. Comparative review of crude protein and amino acids of leguminous seeds grown in Nigeria. **International Journal of Sciences**, v. 6, n. 8, p. 88-97, 2017. <https://doi.org/10.18483/ijSci.1390>

ASARE, A. T.; AGBEMAFLE, R.; ADUKPO, G. E.; ADAMTEY, K. A. Assessment of functional properties and nutritional composition of some cowpea (*Vigna unguiculata* L.) Genotypes in Ghana. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 6, n. 8. p. 465-469, 2013.

ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para o consumo humano e animal. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2014.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard-to-cook common beans. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 3, p. 286-290, 2010. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01557.x>

BATISTA, K. A.; PRUDENCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the biochemical and functional properties of the extruded hard-to-cook cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 4, p. 794-799, 2010. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02200.x>

BARROS, N. V. A.; ROCHA, M. M.; GLÓRIA, M. B. A.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Effect of cooking on the bioactive compounds and antioxidant activity in grains cowpea cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5 (Especial), p. 824-831, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170097>

BARROS, N. V. A.; ABREU, B. B.; SILVA, D. T. S.; SOARES, A. K. O.; ROCHA, M. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Identification and quantification of phenolic compounds in grains of biofortified cowpea cultivars, before and after cooking. **Current Nutrition and Food Science**, v. 16, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.2174/1573401315666190925123800>

BASSINELLO, P. Z.; CARVALHO, R. N.; ARAÚJO, M. R.; ALMEIDA, R. P.; COBUCCI, R. M. A. **Potencial de aproveitamento de farinhas de quirera de arroz e bandinha de feijão em biscoitos tipo cookie**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 204).

BASSINELLO, P. Z.; BENTO, J. A. C.; GOMES, L. O. F.; CALIARI, M.; OOMAH, B. D. Nutritional value of gluten-free rice and bean based cake mix. **Ciência Rural**, v. 50, n. 6, 2020. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190653>

BIAMA, P. K.; FARAJ, A. K.; MUTUNGI, C. M.; OSUGA, I. N.; KURUMA, R. W. Nutritional and technological characteristics of new cowpea (*Vigna unguiculata*) Lines and Varieties Grown in Eastern Kenya. **Food and Nutrition Sciences**, v. 11, n. 5, p. 416-430, 2020. <https://doi.org/10.4236/fns.2020.115030>

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Resolução nº. 54 de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília. DF. 19 de novembro de 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Resolução nº 269 de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília. DF. 22 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Resolução nº 268, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o regulamento técnico para produtos proteicos de origem vegetal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília. DF. 23 de setembro de 2005.

BEZERRA, J. M.; VIEIRA, M. M. S; SANTOS, A. F.; FARIAS, E. T. R.; LOPES, M. F.; SOUZA, A. S. Composição química de oito cultivares de feijão-caupi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 41-47, 2019. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v14i1.5683>

CARDOSO, L. M.; LEITE, J. P. V.; PELUZIO, M. do C. G. Efeitos biológicos das antocianinas no processo aterosclerótico. **Revista Colombiana de Ciências. Químico-Farmacêuticas**, v. 40, n. 1, p. 116-138, 2011.

CARVALHO, A. F. U.; SOUSA, N. M.; FARIAS, D. F.; ROCHA-BEZERRA, L. C. B.; SILVA, R. M. P.; VIANA, M. P.; GOUVEIA, S. T.; SAMPAIO, S. S.; SOUSA, M. B.; LIMA, G. P. G.; MORAIS, S. M.; BARROS, C. C.; FREIRE-FILHO, F. R. Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1-2, p. 81-88, 2012a. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.01.005>

CARVALHO, A. V.; BASSINELLO, P. Z.; MATTIETTO, R. A.; CARVALHO, R. N.; RIOS, A. O.; SECCADIO, L. L. Processamento e caracterização de *snack* extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 72-83, 2012b. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232012000100008>

CASTILHO, F.; FONTANARI, G. G.; BATISTUTI, J. P. Avaliação de algumas propriedades funcionais das farinhas de tremçoço doce (*Lupinus albus*) e feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) e sua utilização na produção de fiambre. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 68-75, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010005000007>

CAVALCANTE, E. S.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; GOÉS, A. C. P.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, K. J. D. **BRS Tumucumaque: cultivar de feijão-caupi para o Amapá e outros estados do Brasil**. Macapá: Embrapa Amapá, 2014. 5p. (Embrapa Amapá. Comunicado Técnico, 124).

CAVALCANTE, R. B. M.; ARAÚJO, M. A. M.; ROCHA, M. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Effect of thermal processing on chemical compositions, bioactive compounds, and antioxidant activities of cowpea cultivars. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1050-1058, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n426rc>

CAVALCANTE, R. B. M.; MORGANO, M. A.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. M.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Cheese bread enriched with biofortified cowpea flour. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 1, p. 97-103, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542016000100009>

CAVALCANTE, R. B. M.; MORGANO, M. A.; GLÓRIA, M. M. A.; ROCHA, M. M.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Mineral content, phenolic compounds and bioactive amines of cheese bread enriched with cowpea. **Food Science and Technology**, v. 39, n. 4, p. 1-7, 2019. <https://doi.org/10.1590/fst.11718>

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 1112 p.

DAVID, O.; ACKA, G. K.; ACKA, A. Quality evaluation of noodles with cowpea substitution. **International Journal of Innovative Research and Advanced Studies**, v. 4, n. 6, p. 464-473, 2017.

DAVID, O.; ACKA, G. K. Comparative studies on proximate composition of cowpea, maize and soft wheat flours in Ghana. **Nutrition and Food Toxicology**, v. 3, n. 3, p. 680-685, 2018.

DHANASEKAR, P.; REDDY, K. S. Open access research article role of seed raffinose family oligosaccharides and phytic acid in better performance potential of cowpea under water stress conditions. **Journal of Basic and Applied Plant Sciences**, v. 1, n. 106, p. 1-9, 2017.

DIFO, H. V.; ONYIKE, E.; AMEH, D. A.; NDIDI, U. S.; NJOKU, G. C. Chemical changes during open and controlled fermentation of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour. **International Journal of Food Nutrition and Safety**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2014.

ELHARDALLOU, S.; KHALID, I.; GOBOURI, A.; ABDEL-HAFEZ, S. Amino acid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) flour and its protein isolates. **Food and Nutrition Sciences**, v. 6, p. 790-797, 2015. <https://doi.org/10.4236/fns.2015.69082>

ENYIUKWU, D. N.; AMADIOHA, A. C.; ONONUJU, C. C. Nutritional significance of cowpea leaves for human consumption. **Greener Trends in Food Science and Nutrition**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2018. <http://doi.org/10.15580/GTFSN.2018.1.061818085>

ESHWARAGE, I. S.; HERATH, T. GUNATHILAKE, T. Dietary fibre, resistant starch and in-vitro starch digestibility of selected eleven commonly consumed legumes (mung bean, cowpea, soybean and horse gram) in Sri Lanka. **Research Journal of Chemical Science**, v. 7, p. 27-33, 2017.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2005. 307p.

FREIRE FILHO, F. R. (ed.). **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2011. 84 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. F.; VIEIRA, P. F.M. J. Cultura: aspectos socioeconômicos. In: DO VALE, J. C.; BERTINI, C. H. M.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 9-34.

FREITAS, S. C.; SILVA, T. S.; CARVALHO, P. G. B.; TUPINAMBÁ, D. D.; KOAKUZU, S. N.; CARVALHO, A. V.; MOURA, C. F. H. **Procedimento operacional padrão para determinação de fibras solúvel e insolúvel**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2008. 28p. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Documentos, 94).

FROTA, K. M. G.; LOPES, L. A.; SILVA, I. C. V.; ARÊAS, J. A. G. Nutritional quality of the protein of *Vigna unguiculata* L. Walp. and its protein isolate. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 792-798, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170092>

FROTA, K. M. G.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) na elaboração de produtos de panificação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 44-50, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009005000003>

FUKUJI, T. S.; FERREIRA, D. L.; SOARES, A. L.; PRETE, C. E. C.; IDA, E. I. Ácido fítico de híbridos de milho e alguns produtos industrializados. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 31-35, 2008. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.5878>

GERRANO, A. S.; WILLEM S. RENSBURG, W. S. J. V.; VENTER, S. L.; SHARGIE, N. G.; AMELEWORK, B. A.; SHIMELIS, H. A.; LABUSCHAGNE, M. T. Selection of cowpea genotypes based on grain mineral and total protein content. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 69, n. 2, p. 155-166, 2018. <https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1520290>

GHAVIDEL, R. A.; PRAKASH, J. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, *in vitro* iron and calcium bioavailability and *in vitro* starch and protein

digestibility of some legume seeds. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 1292-1299, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.08.002>

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins: Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**, p.1-13, 2005. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>

GOMES, G. M. S.; REIS, R. C.; SILVA, C. A. D. T. Obtenção de farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 1, p. 31-36, 2012. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v14n1>

GOMES, J. C.; SILVA, C. O.; COSTA, N. M. B.; PIROZI, M. R. Desenvolvimento e caracterização de farinhas de feijão. **Revista Ceres**, v. 53, n. 309, p. 548-558, 2006.

GOMES, L. O. F.; SANTIAGO, R. A. C.; KOAKUZU, S. N.; BASSINELLO, P. Z. Estabilidade microbiológica e físico-química de misturas para bolo sem glúten e qualidade dos bolos prontos para consumo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 283-295, 2014. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0914>

GONÇALVES, F. V.; MEDICI, L.O.; FONSECA, M. P. S.; PIMENTEL, C.; GAZIOLA, A. S.; AZEVEDO, R. A. Protein, phytate and minerals in grains of commercial cowpea genotypes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 1, p. 1-16, 2020. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020180484>

GONDWE, T. M.; ALAMU, E. O.; MDZINISO, P.; M, AZIYA-DIXON. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) for food security: an evaluation of end-user traits of improved varieties in Swaziland. **Scientific Reports**, v. 9, 15991, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52360-w>

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; VILLEGAS-OCHOA, M. A.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A.; GARDEA, A. A.; AYALA-ZAVALA, J. F. Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 3, s197–s202, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00295.x>

- HAMID, S.; MUZZAFAR, S.; WANI, I. A.; MASOODI, F. A. Physicochemical and functional properties of two cowpea cultivars grown in temperate Indian climate. **Cogent Food and Agriculture**, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2015. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1099418>
- HARMANKAYA, M.; CEYHAN, E.; ÇELİK, A. S.; SERT, H.; KAHRAMAN, A.; ÖZCAN, M. M. Some chemical properties, mineral content and amino acid composition of cowpeas (*Vigna sinensis* (L.) Savi). **Quality Assurance and Safety of Crops and Foods**, v. 8, n. 1, p. 111-116, 2016. <https://doi.org/10.3920/QAS2014.0487>
- HASHIMOTO, J. M.; SCHMIELE, M.; NABESHIMA, E. H. Pasting properties of raw and extruded cowpea cotyledons flours. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, p. 1-11, 2020. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.30319>
- IHEMEJE, A.; NWANEKEZI, E. C.; ODIMEGWU, E. N.; EKWE, C. C. Effect of processing methods of toasting, soaking, boiling, sprouting on dietary fibre and antinutrient contents of African yam bean and red kidney bean flour. **European Journal of Food Science and Technology**, v. 6, n. 1, p.40-48, 2018.
- ILESANMI, J. O. Y.; GUNGULA, D. T. Amino acid composition of cowpea grains preserved with mixtures of neem (*Azadirachta indica*) and moringa (*Moringa oleifera*) seed oils. **American Journal of Food and Nutrition**, v. 4, n. 6, p. 150-156, 2016. <https://doi.org/10.12691/ajfn-4-6-2>
- KHALID, I. I.; ELHARADALLOU, S. B. Functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.), and lupin (*Lupinus termis*) flour and protein isolates. **Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 3, n. 6, p. 1-6, 2013. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000234>
- KHALID, I. I.; ELHARDALLOU, S. B. Factors that compromise the nutritional value of cowpea flour and its protein isolates. **Food and Nutrition Sciences**, v. 7, n. 2, p. 112-121, 2016. <https://doi.org/10.4236/fns.2016.72013>
- KALPANADEVİ, V.; MOHAN, V. R. Effect of processing on antinutrients and *in vitro* protein digestibility of the underutilized legume, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. unguiculata. **Food Science and Technology**, v. 51, n. 2, p. 455-461, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.09.030>

KAUR, M.; SINGH, N. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Food Chemistry**, v. 91, n. 3, p. 403-411, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.015>

KIM, D. O.; LEE, K. W.; LEE, H. J.; LEE, C. Y. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolics phytochemicals. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 50, p. 3713-3717, 2002. <https://doi.org/10.1021/jf020071c>

KINSELLA, J. E.; MELACHOURIS, N. Functional properties of proteins in foods: a survey. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 219-280, 1996. <https://doi.org/10.1080/10408397609527208>

KIRSE, A.; KARKLINA, D. Integrated evaluation of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and maple pea (*Pisum sativum* var. arvense L.) spreads. **Agronomy Research**, v. 13, p. 956-968, 2015.

LANDIM, L. A. S.; PESSOA, M. L. S. B.; BRANDÃO, A. C. M. S.; MORGANO, M. A.; ARAÚJO, M. A. M.; ROCHA, M. M.; ARÊAS, A. C. A. S.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Impact of the two different iron fortified cookies on treatment of anemia in preschool children in Brazil. **Nutrición Hospitalaria**, v. 33, n. 5, p. 1142-1148, 2016. <https://doi.org/10.20960/nh.579>

LIYANAGE, R.; PERERA, O. S.; WETHTHASINGHE, P.; JAYAWARDANA, B. C.; VIDANAARACHCHI, J. K.; SIVAKANESAN, R. Nutritional properties and antioxidant content of commonly consumed cowpea cultivars in Sri Lanka. **Journal of Food Legumes**, v. 27, n. 3, p. 215-217, 2014.

LIU, H. J.; CHANG, B. Y.; YAN, H. W.; YU, F. H.; LIU, X. X. Determination of amino acids in food and feed by derivatization with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimethyl carbamate and reserved phase liquid chromatographic separation. **Journal of AOAC International**, v. 78, n. 3, p. 736-743, 1995. <https://doi.org/10.1093/jaoac/78.3.736>

MA, H. JZHOU, G.; LEDWARD, D. A.; YU, X.; PAN, R. Effect of combined high pressure and thermal treatment on myofibrillar proteins solubilization of beef muscle. **International**

Journal of Molecular Sciences, v. 12, p. 3034-3041, 2011.
<https://doi.org/10.3390/ijms12053034>

MAKINDE, F. M.; ABOLARIN, O. O. Effect of post-Dehulling treatments on anti-nutritional and functional properties of cowpea (*Vigna Unguiculata*) flour. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 24, n. 9, p. 1641-1647, 2020.
<https://doi.org/10.4314/jasem.v24i9.23>.

MARATHE, S. A.; RAJALAKSHMI, V.; JAMDAR, S. N.; SHARMA, A. Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. **Food and Chemical Toxicology**, v. 49, n. 9, p. 2005-2011, 2011.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.04.039>

MARTINEZ-DOMÍNGUEZ, B.; IBÁÑEZ-GÓMEZ, M. V.; RINCÓN LEÓN, F. Ácido fólico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.

MOONGNGARM, A.; SASANAM, S.; PINSIRI, W.; INTHASOI, P.; JANTO, S.; PENGCHAI, J. Functional properties of protein concentrate from black cowpea and its application. **American Journal of Applied Sciences**, v. 11, n. 10, p. 1811-1818, 2014.
<https://doi.org/10.3844/ajassp.2014.1811.1818>

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; SAMPAIO, G. R.; SOARES, R. A. M.; SILVA, C. P.; ARAÚJO, M. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Identification and quantification of antioxidant compounds in cowpea. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 799-805, 2017.
<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170093>

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; BRANDÃO, A.C.A.S. Food produced with flour as a strategy to control iron deficiency anemia in children. In: KHAN, J. **Current Topics in Anemia Book**. London: Intech Open, 2018. Chapter 13. p. 257-272, 2018.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.69892>

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; SAMPAIO, G. R.; SOARES, R. A. M.; SILVA, C. P.; ARAÚJO, M. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Identification and quantification of phenolic compounds

and antioxidant activity in cowpeas of BRS Xiquexique cultivar. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 209-216, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n124rc>

MOONGNGARM, A.; SASANAM, S.; PINSIRI, W.; INTHASOI, P.; JANTO, S.; PENGCHAI, J. Functional properties of protein concentrate from black cowpea and its application. **American Journal of Applied Sciences**, v. 11, n. 10, p. 1811-1818, 2014. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2014.1811.1818>

NAIKER, T. S.; GERRANO, A.; MELLEM, J. Physicochemical properties of flour produced from different cowpea (*Vigna unguiculata*) cultivars of Southern African origin. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 3, p. 1541-1550, 2019. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03649-1>

NASCIMENTO, K.; AUGUSTA, I. M.; RODRIGUES, N. R.; JÚNIOR, J. L. B.; BARBOSA, M. I. M. J. Características tecnológicas das farinhas pré-cozidas a partir do processo de extrusão termoplástica. **Acta Tecnológica**, v. 9, p. 37-47, 2014.

NASSOUROU, M. A.; NOUBISSIÉ, T. JB.; GONNE S.; HAMADAMA Y.; BELL JM.; NJINTANG Y. N. Diallel Analysis of polyphenols and phytates content in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Scientia Agriculturae**, v. 12, n. 1, p. 46-51, 2015. <https://doi.org/10.15192/PSCP.SA.2015.12.1.4651>

NWADIKE, C. O.; ANTHONY, N.; DICKSON, O.; CATHERINE, V.; APUYOR, T. B. Proximate and nutrient composition of some common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Journal of Agriculture and Ecology Research International**. v 15. p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.9734/JAERI/2018/42138>

PORTE, A.; SILVA, E. F.; ALMEIDA, V. D. S.; SILVA, T. X.; PORTE, L. H. M. Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*Carica papaya*) e de abóbora (*Cucurbita* sp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 1, p. 91-96, 2011. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v13n1p91-96>

OJWANG, L. O.; DYKES, L.; AWIKA, J. M. Ultra performance liquid chromatography-tandem quadrupole mass spectrometry profiling of anthocyanins and flavonols in cowpea

(*Vigna unguiculata*) of varying genotypes. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 60, n. 14, p. 3735-3744, 2012. <https://doi.org/10.1021/jf2052948>

ONWULIRI, A. V.; OBU, A. J. Lipids and other constituents of *Vigna unguiculata* and *Phaseolus vulgaris* grown in northern Nigeria. **Food Chemistry**, v. 78, n. 1, p. 1-7, 2002. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(00\)00293-4](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(00)00293-4)

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. E. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Sciences**, v. 53, n. 2, p. 450-455, 1988. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb07728.x>

OLUREMI, O. I.; AJAYI, O. S.; A.; OLUYEMI, E.; IDOWU, O.; ADENIJI, A. O.; OLASUPO, O. F.; AGBOOLA, R.; OLUSESI, I. M. Nutraceuticals in different varieties of cowpeas. **American Journal of Food Science and Technology**, v. 6, n. 2, p. 68-75, 2018. <https://doi.org/10.12691/ajfst-6-2-2>.

OLIVEIRA, D. S. V.; FRANCO, L. J. D.; MENEZES-JÚNIOR, J. A. N.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. M.; NEVES, A. C.; SOUSA, F. M. Adaptability and stability of the zinc density in cowpea genotypes through GGE-Biplot method. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 783-791, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170091>

ONWULIRI, V. A.; OBU, J. A. Lipids and other constituents of *Vigna unguiculata* and *Phaseolus vulgaris* grown in northern Nigeria. **Food Chemistry**, v. 78, n. 1, p. 1-7, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00293-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00293-4)

ORITA, A. Y.; AYUMI, S.; TOSHIHIKO, O.; TOMOYUKI, O.; HIDEAKI. Proximate, anthocyanin and oligomeric proanthocyanidin compositions of cowpeas [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] cultivated in southwest Japan. **Legume Research-an International Journal**, v. 43, n. 3, p. 359-364, 2019. <https://doi.org/10.18805/LR-478>

PEREIRA, E. J.; CARVALHO, L. M. J.; DELLAMORA-ORTIZ, G. M.; CARDOSO, F. S. N.; CARVALHO, J. L. V.; VIANA, D. S.; FREITAS, S. C.; ROCHA, M. M. Effects of cooking methods on the iron and zinc in cowpea (*Vigna unguiculata*) to combat nutritional deficiencies in Brazil. **Food and Nutrition Research**, v. 58, p. 1-7, 2014. <https://doi.org/10.3402/fnr.v58.20694>

PREET, K.; PUNIA, D. Proximate composition, phytic acid, polyphenols and digestibility (invitro) of four brown cowpea varieties. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 51, n. 3, p. 189-193, 2009. <https://doi.org/10.1080/09637480050029692>

PRICE, M. L.; SCOYOC, S. V.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978. <https://doi.org/10.1021/jf60219a031>

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E. Composição de aminoácidos de gerações precoces de feijão obtidas a partir de cruzamentos com parental de alto teor de metionina. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 57-61, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000100008>

RIOS, M. J. B. L.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; SILVA, M. G. M. S.; BARROS, N. V. A.; PORTO, R. G. C. L. Chemical, granulometric and technological characteristics of whole flours from commercial cultivars of cowpea. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 217-224, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n125rc>

ROCHA, M. M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; FREIRE FILHO, F. R.; FRANCO, L. J. D.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. **Avaliação dos teores de ferro, zinco e proteína em linhagens de feijão-caupi da classe comercial branca, subclasse fradinho**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 4p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico, 226).

ROCHA, M. de M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; FREIRE FILHO, F. R.; MENEZES JÚNIOR, J. Â. N. de; RIBEIRO, V. Q. Melhoramento genético do feijão-caupi no Brasil. In: JORNADA TECNOLÓGICA INTERNACIONAL SOBRE EL FRIJOL CAUPÍ, 1., 2013, Monteria, Colômbia. [**Memorias**]. Monteria, Colômbia: Universidade de Córdoba, 2013. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94200/1/FRIJOL-CAUPI-BRASIL.pdf>

ROCHA, M. M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; MENEZES-JÚNIOR, J. A. N. Cultivares. In: Do Vale, J. C. **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2017. p. 9-34.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; PÉREX-JIMÉNEZ, J.; SAURA CALIXTO, F.; BRITO, E. S.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional

tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>

SANTANA, G. S.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; EGEA, M. B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 88-95, 2017. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1549>

SCHOENINGER, V.; COELHO, S. R. M.; PALOSCHI, C.L.; PRADO, N. V. Qualidade físico-química e tempo de cozimento de grãos de feijão novos e envelhecidos em condições de armazenamento refrigerado. **Varia Scientia Agrárias**, v. 3, p. 55-65, 2013.

SIDDIQ, M.; RAVI, R.; HARTE, J. B.; DOLAN, K. D. Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **Food Science and Technology**, v. 43, n. 2, p. 232-237, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.07.009>

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA, V. M.; BOLETA, E.; MARTINS, J.; SANTOS, F.; SILVA, A.; ALCOCK, T. D.; WILSON, L.; SÁ, M.; YOUNG, S.; BROADLEY, M.; WHITE, P.; REIS, A. Agronomic biofortification of cowpea with selenium: effects of selenate and selenite applications on selenium and phytate concentrations in seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 13, p. 5969-5983, 2019. <https://doi.org/99.10.1002/jsfa.9872>.

SIMION, T. Breeding cowpea *Vigna unguiculata* L. Walp. for quality traits. **Annals of Reviews and Research**, v. 3, n. 2, p. 45-51, 2018.

SIMPLÍCIO, A. P. M.; MORGANO, M. A.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; DAMASCENO, SILVA, K. J. Desenvolvimento de pão fonte de fibras enriquecido com farinha de cultivares de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 4., Sorriso, 2016. **Anais...Teresina**: Embrapa Meio-Norte, 2016. p. 215.

SINGLETON, V. I.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid agents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SIQUEIRA, E. M. A.; MENDES, J. F. R.; ARRUDA, S. F. Biodisponibilidade de minerais em refeições vegetarianas e onívoras em restaurante universitário. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 3, p. 229-237, 2007.

SOMBIÉ, P. A. E. D.; COMPAROÉ, M.; COULIBALY, A. Y.; QUÉDRAOGO, J. T.; TIGNÉGRÉ, J. B. S.; KIÉNDRÉBEOGO, M. Antioxidant and phytochemical studies of 31 cowpeas (*Vigna unguiculata* (L. Walp.)) genotypes from Burkina Faso. **Foods**, v. 7, n. 143, p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.3390/foods7090143>

SOMBIÉ, P. A. E. D.; QUÉDRAOGO, I.; TIGNÉGRÉ, J. B. S.; Hilou, A.; QUÉDRAOGO, J. T.; KIÉNDRÉBEOGO, M. Genotypic variation of mineral elements and phytate levels of thirty cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp.) varieties cultivated in Burkina Faso. **Journal of Food Chemistry and Nutrition**, v. 6, n. 1, p 13-20, 2018. <https://doi.org/10.33687/jfcn.006.01.2343>

SOUSA, J. L. M.; ROCHA, M. M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; NEVES, A. C.; SOUSA, R. R. Potencial de genótipos de feijão-caupi para o mercado de vagens e grãos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 392-398, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015000500006>

Statistical Analysis System (SAS) Institute (2002) SAS/STAT User's Guide. Version 8, 6th Edition, SAS Institute, Cary, 112.

SURI, S.; DUTTA, A.; SINGH, Y. V.; RAGHUVANSHI, R. S; AGRAWAL, S. Effect of dehulling and splitting on nutritional, organoleptic quality, and storage stability of cowpea (*Vigna unguiculata* (L). Walp). **Current Journal of Applied Science and Technology**. v. 24, n. 2, p. 1-9, 2017. <https://doi.org/10.9734/CJAST/2017/36963>

TAIZ, L.& ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal e desenvolvimento vegetal**. 6ª edição, Porto Alegre: ARTMED, 2017, 820p.

TEKA, T. A.; RETTA, N.; BULTOSA, G.; TESSEMA, H. A.; ASTATKIE, T. Protein fractions, *in vitro* protein digestibility and amino acid composition of select cowpea varieties grown in Ethiopia. **Food Bioscience**, v. 36, p. 1-31, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100634>

TIWARI, D.; DUTTA, A.; SINGH, Y.; RAGHUVANSHI, R.; SHUKLA, P.; KHAN, R.; TILARA, S. Physicochemical and organoleptic characteristics of different parts of vegetable cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 53, n. 6, p. 662-668, 2019. <http://doi.org/10.18805/IJARE.A-5148>.

TRAORE, S.; LOUKOU, A. L.; AGBO, A. E.; ZAH, M. C.; DIABAGATE, H. M. F.; CAMARA, F.; BROU, K. Influence of morphological variability on nutritional and technological characteristics of flours from cowpea (*Vigna unguiculata* L., 1843) grown in Côte d'Ivoire. **American Journal of Food Science and Technology**, v. 8, n. 5, p. 176-184, 2020. <https://doi.org/10.12691/ajfst-8-5-2>

UKPENE, A.; IMADE, F. Amino acid profiles of seven cowpea varieties grown in Agbor. **Nigerian Annals of Natural Sciences**, v. 15. p. 72-78, 2015.

VASCONCELOS, I. M.; MAIA, F. M. M.; FARIAS, D. F.; CAMPELLO, C. C.; CARVALHO, A. F. U.; MOREIRA, R. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Protein fractions, amino acid composition and antinutritional constituents of high-yielding cowpea cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 1, p. 54-60, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2009.05.008>

VASAGAM, K. P. K.; BALASUBRAMANIAN, T.; VENKATESAN, R. Apparent digestibility of differently processed grain legumes, cowpea and mung bean in black tiger shrimp, *Penaeus monodon* Fabricius and associated histological anomalies in hepatopancreas and midgut. **Animal Feed Science and Technology**, v. 132, n. 3, p. 250-266, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.03.022>

VERMA, A.; KUSHWAHA, A.; KUMAR, A.; BAGHEL, S. S. Physico-chemical properties and nutritional composition of improved varieties of grain cowpea grown in Pantnagar. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 5, n. 5, p. 334-338, 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO); FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO); UNITED NATIONS UNIVERSITY (UNU) (Switzerland). **Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation**. Geneva, 2007, 265 p, (935).

WATT, B.; MERRILL, A.L. **Composition of foods: raw, processed, prepared.** Washington: Agricultural Research Service, 1963. 198p. (Agriculture Handbook, 8)

ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1996. 5p. Comunicado Técnico, 215).

ARTIGO 2

**EFEITO DE PARÂMETROS DO PROCESSO DE
EXTRUSÃO SOBRE PROPRIEDADES FÍSICO-
FUNCIONAIS DE *SNACKS* DE FARINHA DE
COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI**

ARTIGO 2

EFEITO DE PARÂMETROS DO PROCESSO DE EXTRUSÃO SOBRE PROPRIEDADES FÍSICO-FUNCIONAIS DE SNACKS DE FARINHA DE COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI

RESUMO - O feijão-caupi é o segunda pulse mais produzido no mundo. Para transformar esses grãos nutritivos em um produto expandido de qualidade e pronto para comer, eles foram descascados, moídos e processados em uma extrusora de dupla rosca. Utilizou-se delineamento de Box-Behnken 3^2 para identificar a melhor condição de extrusão, variando: temperatura (100 a 140 ° C), velocidade de rotação das roscas (300 a 700 rpm) e umidade (12 a 16%). Este estudo teve como objetivo determinar as condições desejáveis de cozimento por extrusão de *snacks* expandidos de farinha de feijão-caupi descorticado (FCD) da cultivar BRS Tumucumaque, utilizando-se a metodologia de superfície de resposta. Secções transversais dos *snacks* foram avaliadas por meio de imagens em scanner. A regressão múltipla foi eficiente em explicar o comportamento das condições de extrusão apenas sobre o índice de solubilidade em água (ISA) e a força de compressão (FC). ISA (25,89 a 33,85%) foi afetado pela velocidade, temperatura e interação entre estas. Os mesmos efeitos afetaram de forma oposta a força de compressão (FC) (1,24 a 2,83 N). Os *snacks* 13, 14, e 15 apresentam uma melhor aparência, aspecto mais homogêneo, células menores, paredes finas e melhor crocância. A desejabilidade global para altos valores de ISA e FC foi de 0,81. As condições desejáveis de cozimento por extrusão no desenvolvimento de *snacks* de FCD são a combinação de 135,6 °C de temperatura, 700 rpm de velocidade e 12% de umidade.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; extrusão termoplástica; expansão; absorção; solubilidade; força de compressão.

EFFECT OF EXTRUSION PROCESS PARAMETERS ON PHYSICAL-FUNCTIONAL PROPERTIES OF COWPEA COTYLEDON FLOUR SNACKS

ABSTRACT - Cowpea is the 2nd pulse most produced in the world. To transform these nutritious grains into a quality puffed product ready-to-eat, they were dehulled, milling and processed in a twin-screw extruder. A Box-Behnken 3^2 design was used to identify the best extrusion condition, varying: temperature (100 to 140 °C), screw speed (300 to 700 rpm) and moisture (12 to 16 %), using the response surface methodology. Transversal sections of snacks were evaluated using scanner images. The regression was efficient in explaining the behavior of the extrusion parameters only on the water solubility index (WSI) and the compression force (CF). WSI (25.89 to 33.85%) was affected by the screw speed, temperature and interaction between them. The same effects affected the CF (1.24 to 2.83 N) in the opposite way. Snacks 13, 14, and 15 have a better appearance, more homogeneous appearance, smaller cells, thin walls, and better crispness. The global desirability for high WSI and CF values was 0.81. The desirable extrusion cooking conditions in the preparation of snacks puffed dehulled cowpea flour are the combination of 135.6 °C of temperature, 700 rpm of screw speed, and 12% of moisture content.

Keywords: *Vigna unguiculata*; thermoplastic extrusion; expansion, absorption, solubility, compression force.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é a segunda espécie de feijão mais cultivada no mundo (7,2 milhões de tons.), seguido do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) (30,4 milhões de tons.) e que representaram 17,1 e 72,1% da produção de feijões em 2018, respectivamente (FAO, 2020). Essa espécie é importante por ser rústica e de ampla adaptabilidade para regiões de altas temperaturas e de déficits hídricos (FREIRE FILHO et al., 2017), onde outras espécies de pulses não se desenvolvem satisfatoriamente.

Os grãos de feijão-caupi possuem quantidades relevantes de proteínas (17,4 a 28,3%), baixo teor de lipídios (1,0 a 1,6%), carboidratos digeríveis (35,7 a 57,8%), incluindo fibras alimentares (19,5 a 35,6%) e minerais (3,3 a 4,6%), como ferro (6,0 a 8,1 mg 100 g⁻¹) e zinco

(2,7 a 4,4 mg 100 g⁻¹) (CARVALHO et al., 2012). A sua inclusão na dieta tem sido associada a efeitos fisiológicos benéficos, como melhora do perfil lipídico e ação antioxidante (KAPRAVELOU et al., 2015). Entretanto, exigem um tempo relativamente longo de cozimento no preparo de pratos tradicionais (STRAUTA; MUIZNIECE-BRASAVA, 2016).

Os grãos podem ser descorticados e produtos alimentares sensoriais preparados com farinha de cotilédone de feijão-caupi (FCC) são mais aceitáveis (NOGMA et al., 2018) e mais nutritivos (WOOD; MALCOLMSON, 2011), e o menor teor de fibra insolúvel favorecerá a expansão física de massa, desejável em produtos expandidos.

As mudanças sociais têm ocasionado mudanças nos padrões de consumo alimentar (AJITA; JHA, 2017), aumentando a demanda por alimentos convenientes, associados aos aspectos nutricionais e de saúde. O feijão-caupi possui atributos relacionados aos dois últimos aspectos, necessitando incorporar praticidade ao consumo, que se obtidos com sucesso, serão diferentes dos alimentos tradicionais à base de carboidratos e lipídios (STRAUTA; MUIZNIECE-BRASAVA, 2016). Um processo HTST eficiente, versátil e contínuo que inativa enzimas, reduz a contaminação microbiana e pode transformar matérias-primas em produtos expandidos prontos para consumo é a extrusão termoplástica. Uma combinação de pressão, calor e cisalhamento mecânico faz com que a matriz alimentar derreta, seguida por moldagem na matriz e descompressão imediata na saída da extrusora, resultando em evaporação instantânea parcial da água e expansão do produto. Baixos teores de umidade, alta temperatura de processo e altas velocidades de rotação das roscas, diminuem a resistência e a viscosidade do material fundido favorecendo a expansão. Entretanto, a ocorrência de retrações imediatas após a expansão máxima poderá ocorrer, se logo em seguida houver condensação de umidade, resultando em pressão negativa no interior das células (HORVAT; SCHUCHMANN, 2013).

No entanto, a maioria dos estudos que processaram farinha integral de feijão-caupi (FCI) por extrusão utilizou equipamento de rosca único (LIRA FILHO, 2001; MARQUES, 2013; BATISTA et al., 2010; JAKKANWAR et al., 2018). Strauta e Muizniece-Brasava (2016) usaram FCI em uma extrusora de dupla rosca, e Phillips et al. (1984) usaram FCC em equipamento de rosca única. Visando a obtenção de produtos com alto grau de expansão, avaliou-se a qualidade dos extrusados de FCC processados em extrusora de dupla rosca, sob condições de alta taxa de cisalhamento, utilizando baixos teores de umidade, em alta e ampla faixa de velocidade de rotação da rosca, e em temperaturas de operação convencionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Grãos de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque foram descorticados mecanicamente por fricção e abrasão (MB-1, Máquinas Suzuki S/A, Santa Cruz do Rio Pardo, Brazil). Os cotilédones foram fragmentados em moinho de facas (Renard Indústria e Comércio Ltda., Model MFC-180-75-01 01 No. 5753, São Paulo, SP, Brazil) com uma tela de abertura de 3 mm de diâmetro acoplado na saída e transformado em farinha de cotilédones de feijão-caupi (FCC) em moinho de rolos (Brabender OHG, Senior Quadrumat Model, Duisburg, North Rhine-Westphalia, Germany).

2.2 Composição química e granulometria

Os seguintes componentes químicos foram determinados de acordo com as metodologias oficiais da AOAC (2012): umidade (925,45b), proteínas (960,52), lipídios (930,39), cinzas (923,03), fibra alimentar (985,29) e carboidratos por diferença. O diâmetro médio das partículas foi determinado de acordo com o método descrito por Henderson e Perry (1976). Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

2.3 Processo de extrusão

A FCC foi submetida ao processo de extrusão na Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro-RJ, em equipamento de dupla rosca Evolum HT25 (Cletral, Firminy, França), com taxa de alimentação 7 kg h^{-1} e matriz de quatro furos com 3,8 mm de diâmetro.

2.3 Delineamento experimental

Utilizou-se um delineamento Box-Behnken com três variáveis independentes, dois níveis (3^2) e pontos centrais: temperatura (100; 120 e 140 °C), velocidade de rotação das roscas (300; 500 e 700 rpm) e umidade (12; 14 e 16%), conforme apresentado na Tabela 1. Os ensaios foram executados em ordem decrescente de temperatura de extrusão. A escolha destes parâmetros e os respectivos intervalos foram definidos com base em estudos preliminares e dados da literatura. Após a extrusão, os *snacks* foram submetidos à secagem em estufa de circulação de ar ($60^\circ\text{C } 4 \text{ h}^{-1}$), resfriados e acondicionados em sacos de polietileno.

Tabela 1. Níveis expressos em valores codificados e reais das condições experimentais do planejamento experimental Box-Behnken 3² do processo de extrusão da farinha de cotilédones de feijão-caupi e suas respostas experimentais.

Ensaio	Valores codificados (Valores reais)			IES	IEL	IEV	ISA	IAA	FC
	X ₁ (°C)	X ₂ (rpm)	X ₃ (%)						
1	-1(100)	-1(300)	0(14)	5,38±0,47	1,50±0,13	8,06±1,10	28,91±0,70	3,75±0,16	2,04±0,47
2	1(140)	-1(300)	0(14)	3,90±0,81	1,89±0,17	7,39±1,81	23,90±0,63	3,86±0,32	1,59±0,50
3	-1(100)	1(700)	0(14)	5,85±0,82	3,66±0,43	21,50±4,41	32,24±0,74	3,47±0,38	1,27±0,28
4	1(140)	1(700)	0(14)	2,65±0,46	9,32±2,43	24,15±5,31	33,85±0,36	3,34±0,24	1,46±0,49
5	-1(100)	0(500)	-1(12)	7,64±1,20	2,42±0,22	18,38±2,39	31,67±1,68	3,76±0,23	1,27±0,31
6	1(140)	0(500)	-1(12)	4,64±0,81	1,99±0,26	9,17±1,58	30,55±0,39	3,50±0,19	1,86±0,78
7	-1(100)	0(500)	1(16)	4,64±1,18	1,34±0,12	6,21±1,78	30,18±0,71	3,55±0,36	2,08±0,40
8	1(140)	0(500)	1(16)	4,34±0,48	2,59±0,43	11,25±2,28	30,77±1,77	3,48±0,28	1,32±0,57
9	0(120)	-1(300)	-1(12)	4,61±0,43	1,66±0,13	7,66±0,92	25,89±0,21	3,70±0,24	2,44±0,59
10	0(120)	1(700)	-1(12)	4,68±0,70	3,23±0,24	14,98±1,22	30,97±0,74	3,05±0,18	2,40±0,27
11	0(120)	-1(300)	1(16)	4,39±0,45	1,12±0,06	4,91±0,52	26,60±0,26	3,82±0,11	2,83±0,56
12	0(120)	1(700)	1(16)	3,50±0,69	2,30±0,36	7,93±1,20	30,74±0,85	3,05±0,10	1,98±0,44
13	0(120)	0(500)	0(14)	5,08±0,56	1,98±0,14	10,07±1,32	32,53±0,66	3,16±0,68	1,61±0,53
14	0(120)	0(500)	0(14)	4,10±0,65	4,35±0,88	17,75±4,31	32,45±0,35	3,59±0,12	1,24±0,14
15	0(120)	0(500)	0(14)	6,77±0,53	3,07±0,28	20,77±2,16	32,17±0,13	3,57±0,10	1,50±0,42

X₁ = Temperatura de extrusão (°C), X₂ = Velocidade de rotação das roscas (rpm), X₃ = Umidade de alimentação (%), IES = Índice de expansão seccional, IEL = Índice de expansão longitudinal, IEV = Índice de expansão volumétrico, ISA = Índice de solubilidade em água (%), IAA = Índice de absorção de água (g g⁻¹), FC = Força de compressão (N).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

2.4 Propriedades físico-funcionais

2.4.1 Determinação das propriedades físicas

Os índices de expansão seccional (IES), longitudinal (IEL) e volumétrica (IEV) foram calculados segundo a metodologia descrita por Alvarez-Martinez et al. (1988). A força de compressão foi determinada em analisador de textura (Stable Micro Systems, TA-XT2i, Reino Unido) empregando o software XTRAD. Extrusados com 2 cm de comprimento foram colocados horizontalmente em plataforma (HDP/90) e rompidos com uma faca de aço retangular Warner Bratzler de 12,0 x 7 cm (HDP/WBR). As análises foram realizadas em 10 replicatas e os resultados expressos em N.

2.4.2 Determinação das propriedades funcionais

Os índices de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA) das amostras foram determinados conforme os princípios básicos do método descrito por Anderson et al. (1969), em triplicata. O IAA foi obtido pela divisão do peso do gel pelo peso da amostra moída e expresso em g de gel g⁻¹ de amostra. As placas de petri com sobrenadante foram colocadas em estufa a 105 °C por aproximadamente 15 horas, resfriadas e pesadas (resíduo solúvel desidratado). O ISA foi obtido pela divisão do resíduo solúvel desidratado pelo peso da amostra, e o valor expresso em porcentagem.

2.5 Imagens da seção transversal por scanner

A técnica de avaliação dos extrusados por imagens em scanner, originalmente proposta por Tan et al. (1994) foi adaptada às condições laboratoriais. Os extrusados foram cortados transversalmente em segmentos de 12 mm. Estes foram escaneadas em *scanner* (HP, model Scanjet G2710, São Paulo, Brasil). A área de captura da imagem foi padronizada em 30 x 30 mm, 300 *dpi*, de forma a permitir uma melhor visualização e comparação da estrutura celular entre os extrusados.

2.6 Análises estatísticas

Os dados foram analisados por meio da metodologia de superfície de resposta, utilizando-se o software Statistica (StatSoft, Versão 10, Tulsa, Estados Unidos). A qualidade do ajuste do modelo de regressão múltipla foi avaliada por análise de variância (ANOVA) e

coeficientes de determinação (R^2). O modelo básico usada para ajustar os dados foi segundo a equação abaixo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2$$

onde Y representa a varável resposta; β_0 , β_1 , β_2 e β_3 são estimadores de parâmetros lineares; β_{11} , β_{22} e β_{33} são os termos quadráticos; e β_{12} , β_{13} e β_{23} são os termos de interação do modelo. As varáveis independentes X_1 , X_2 e X_3 foram a codificação para temperatura, velocidade de rotação das roscas e umidade, respectivamente.

Foram estimadas as correlações de Pearson entre as variáveis respostas com a finalidade de auxiliar na discussão dos seus comportamentos em função dos efeitos dos parâmetros de extrusão avaliados.

Os modelos experimentais significativos ($p \leq 0,05$) foram submetidos à análise de desejabilidade global, em condição de equidade, adotando-se valores de "s" e "t" iguais a 1, para identificar a condição de processo que favorece as características desejáveis.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição química e granulometria

A CCF continha (db) $25,28 \pm 0,08\%$ de proteínas, $1,68 \pm 0,02\%$ de lipídios, $3,02 \pm 0,04$ de cinzas, $9,91 \pm 0,89\%$ de fibra alimentar insolúvel, $1,36 \pm 1,01\%$ de fibra solúvel e $59,03 \pm 2,61\%$ de carboidratos. O diâmetro geométrico médio das partículas da CCF foi de $265,90 \mu\text{m}$.

3.2 Índice de expansão seccional

O índice de expansão seccional (IES) foi afetado significativamente somente pelo efeito linear negativo da temperatura (Tabela 2), o valor do coeficiente de determinação foi relativamente alto ($r^2 = 0,80$) e a falta de ajuste não foi significativo, mas não foi possível definir o modelo matemático, já que este não foi significativo ($p = 0,20$). Isso pode ter ocorrido devido à combinação das variáveis independentes utilizadas, principalmente pelos baixos e estreita variação nos teores de umidade, estreita variação da temperatura e ampla variação na velocidade de rotação das roscas.

Tabela 2. Coeficientes de regressão e determinação das variáveis resposta índice de expansão seccional (IES), índice de expansão longitudinal (IEL), índice de expansão volumétrica (IEV), índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção de água (IAA) e força de compressão (FC).

Fator	Coeficiente de regressão					
	IES	IEL	IEV	ISA	IAA	FC
Intercepto	5,32**	3,13*	16,20**	32,38**	3,44**	1,45**
X_1	-1,00*	0,86 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,49 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
X_2	-0,20 ^{ns}	1,54*	5,07*	2,81**	-0,28*	-0,22**
X_3	-0,59 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-2,49 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}
X_1^2	0,07 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,73 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,32**
X_2^2	-0,95 ^{ns}	0,47 ^{ns}	-1,65 ^{ns}	-2,45**	0,00 ^{ns}	0,46**
X_3^2	-0,08 ^{ns}	-1,53 ^{ns}	-5,67 ^{ns}	-1,38*	-0,03 ^{ns}	0,50**
X_1X_2	-0,43 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,65*	-0,06 ^{ns}	0,16 ^{ns}
X_1X_3	0,67 ^{ns}	0,42 ^{ns}	3,56 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,34**
X_2X_3	-0,24 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-1,08 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,20*
F	2,21	2,02	2,15	16,36	2,17	21,40
p (modelo)	0,20 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,003**	0,20 ^{ns}	0,002**
R^2	0,80	0,78	0,79	0,97	0,80	0,97
p (Falta de ajuste)	0,94 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,03*	0,75 ^{ns}	0,94 ^{ns}

X_1 = Temperatura de extrusão (°C), X_2 = Velocidade de rotação das roscas (rpm), X_3 = Umidade de alimentação (%), R^2 = coeficiente de determinação, *, **: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ^{ns} = Not significant.

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Analisando os dados da Tabela 1, observa-se o efeito negativo da temperatura no valor de IES, que variou de 2,65 a 7,64. De acordo com (Alvarez-Martinez et al. (1988), o valor de IEL é inversamente proporcional ao IES, comportamento observado no presente trabalho, porém, apresentando baixa correlação negativa ($r = -0,37$; $p \leq 0,05$) e positiva com IEV ($r = 0,24$; $p \leq 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físico-funcionais dos extrusados de farinha de cotilédones de feijão-caupi.

	IEL	IEV	ISA	IAA	FC
IES	-0,37 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,29 ^{ns}	-0,23 ^{ns}
IEL		0,78*	0,58*	-0,30 ^{ns}	-0,44 ^{ns}
IEV			0,71*	-0,19 ^{ns}	-0,65*
ISA				-0,58*	-0,55*
IAA					0,02

* = Significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste t, ^{ns} = Não significativo.

Lira Filho (2002) e Jakkanwar et al. (2018) extrusando farinha integral de feijão-caupi em extrusora de um único parafuso também encontraram efeitos negativos da temperatura para o IES, mas Marques (2013) obteve uma correlação positiva. Bepary et al. (2019) também encontraram efeitos negativos da temperatura ao usar farinha de ricebean (*Vigna umbellata*) e extrusora de dupla rosca. Carmo et al. (2019), processando uma formulação contendo 60% de ervilha e 40% de aveia em uma extrusora de dupla rosca encontraram um efeito negativo da temperatura nos menores teores de umidade.

Condições de processo que aumentam a taxa de cisalhamento, como baixos teores de umidade, temperatura de processo próximo a 100 °C e altas velocidades de rotação das roscas diminuem a viscosidade do material fundido e a resistência, favorecendo a expansão das bolhas do extrusado logo após a saída da matriz (HORVAT & SCHUCHMANN, 2013). Mas, provavelmente o efeito negativo da temperatura com o valor de IES esteja associado a retração após a expansão máxima do extrusado. Pois segundo Horvat e Schuchmann (2013) se houver condensação de umidade no interior do extrusado ainda em estado borrachento, logo após a saída da matriz, poderá ocorrer a retração até que se atinja a temperatura de 45 °C acima da temperatura de transição vítrea (Tg). Para grãos de milho a Tg é entre 55 e 70°C (LIU et al., 2009). Em temperaturas de processo mais elevada, maior a vulnerabilidade à retração. Arhaliass et al. (2003) ressaltaram que o encolhimento muda com as condições do processo de extrusão, podendo obter retração de 0 a 60% ao trabalhar com teor de umidade de 18,4%.

3.3 Índice de expansão longitudinal

O índice de expansão longitudinal (IEL) foi calculado indiretamente fazendo um balanço de massa na extrusora e uma suposição para a densidade da massa fundida na matriz (Kumar et al., 2007), mas poderia ser determinado também através da razão entre a velocidade de saída do material extrusado após a expansão e sua velocidade no orifício da matriz (Alvarez-Martínez et al., 1988).

O valor de IEL variou de 1,12 a 9,32 (Tabela 1), mas não foi possível definir o modelo matemático pela falta de significância ($p = 0,23$); no entanto, os valores foram influenciados positivamente pelo efeito linear da velocidade de rotação das roscas (Tabela 2) e à medida a que velocidade aumentou, houve um aumento no IEL. Resultados semelhantes foram apresentados por Fontoura et al. (2019) e Kumar et al. (2007).

Alvarez-Martínez et al. (1988) não constataram nenhuma ruptura profunda na estrutura molecular da amilopectina, e obtiveram maior expansão radial quando houve maior cisalhamento do fundido na matriz associado as propriedades elásticas da amilopectina, nessas condições o material fundido armazena energia e ao sair da matriz se expande na direção radial. Como os teores de umidade utilizado foram menores (12 a 16%) e velocidades de rotação bem maiores, provavelmente ocorreram mais rupturas na estrutura molecular em rotações mais elevada, favorecendo a expansão longitudinal. As altas velocidades das roscas também diminuem o tempo de residência (LEE; MCCARTHY, 1996), que impede um grande acúmulo de energia no material fundido. Isso pode ser constatado na Tabela 3, onde observa-se uma correlação positiva significativa de IEL com ISA ($r = 0,58$, $p \leq 0,05$), indicando que quando o IEL foi maior, houve maior degradação de estruturas moleculares.

3.4 Índice de expansão volumétrica

O valor de VEI foi determinado pela multiplicação de IES e IEL (ALVAREZ-MARTÍNEZ et al. 1988). As mesmas considerações sobre a significância do modelo e falta de ajuste para IES foram aplicadas para o IEV. O IEV variou de 4,91 a 24,15 (Tabela 1) e foi afetado positivamente pelo efeito linear da velocidade de rotação das roscas (Tabela 2), apresentando uma boa correlação positiva com os valores do IEL ($r = 0,78$, $p \leq 0,05$) (Tabela 3). O IEV também apresentou boa correlação negativa com a foça de compressão ($r = -0,65$, $p \leq 0,05$) e positiva com o ISA ($r = 0,71$, $p \leq 0,05$). Esses valores de IEV foram bem superiores aos obtidos por Carmo et al. (2019), de 0,62 a 1,8; utilizando velocidade de roscas de 200 rpm e em temperaturas e umidades semelhantes.

3.5 Índice de solubilidade em água

De acordo com Jakkanwar et al. (2018) e Ajita e Jha (2017), o ISA é utilizado como um indicador da degradação biomoléculas (amidos, proteínas, açúcares, fibras, etc.), sendo medindo pela a quantidade de componentes solúveis em água recuperados após a extrusão.

Para as condições do processo de extrusão aplicada à FCD, o valor do ISA variou de 23,90 a 33,85%, sendo afetado significativamente pelos efeitos linear positivo e quadrático negativo da velocidade de rotação das roscas (Tabela 2, Figura 1a). O teor de umidade também foi afetado significativamente pelo efeito quadrático negativo, e houve uma interação positiva entre a temperatura e a velocidade das roscas (Tabela 2).

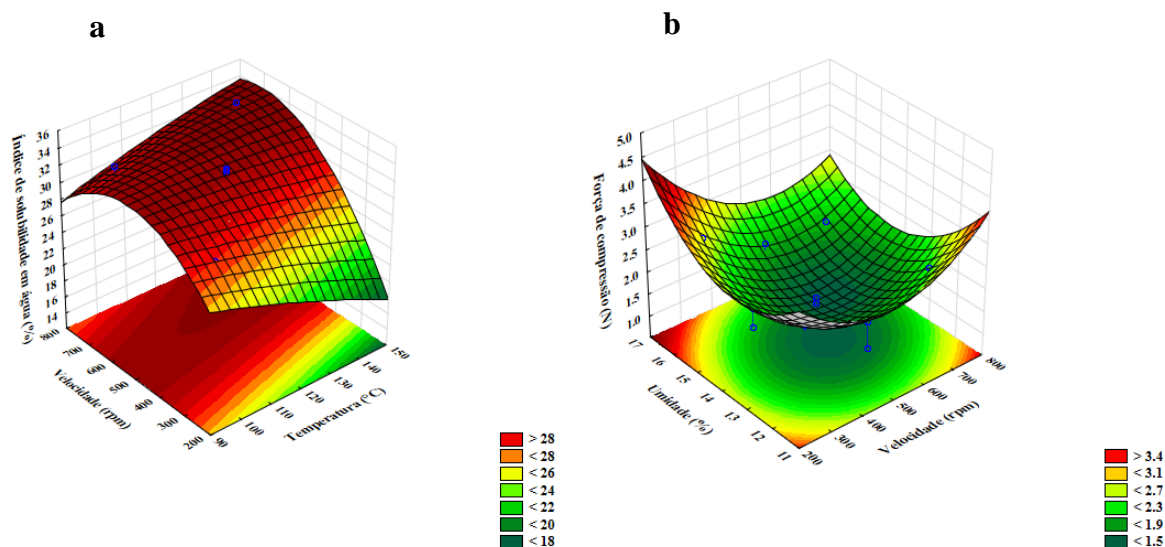


Figura 1. Efeito do processo de extrusão no índice de solubilidade em água com umidade mantida em 14% (a) e força de compressão com temperatura mantida em 120 ° C (b).

O modelo foi significativo ($p = 0,003$) e com alto valor de $r^2 = 0,97$, porém a falta de ajuste também foi significativa (Tabela 2); isso não é desejável, mas ocorreu porque as médias dos pontos centrais foram muito próximas (Tabela 1), e conseqüentemente o valor do erro puro foi muito baixo; nessa situação, os testes de significância para falta de ajuste devem ser considerados irrelevantes (WASZCZYNSKY; NELSEN, 1996), e o modelo pode ser considerado preditivo.

Aumentos nos valores do ISA têm sido observados quando há incrementos na velocidade das roscas, provocando elevação da taxa de cisalhamento, potencializado pelos baixos teores de umidade (JAKKANWAR et al., 2018; SHARMA et al., 2017). Os valores apresentados foram superiores aos dos trabalhos citados, indicando que as condições de processamento foram severas para as macromoléculas.

O modelo foi altamente significativo ($p \leq 0,01$), apesar da falta de ajuste apresentar significância ($p = 0,03$), o modelo se ajustou bem aos dados, pois o R^2 foi alto (0,97). A falta de ajuste não é desejável, mas ocorreu porque as médias dos pontos centrais foram muito próximas (Tabela 1) e, conseqüentemente, o valor do erro puro foi muito baixo; nessa situação os testes de significância para falta de ajuste devem ser considerados irrelevantes (WARNER; NELSON, 1996), e o modelo pode ser considerado preditivo (BARROS NETO et al., 2010).

Aumentos nos valores do ISA têm sido observados quando as velocidades de rotação das roscas são aumentadas, provocando aumento da pressão e taxa de cisalhamento, incrementado pelos baixos teores de umidade (SINGH et al., 2007; JAKKANWAR et al., 2018; SHARMA et al., 2017). Os valores apresentados foram superiores aos dos trabalhos citados, indicando que as condições de processamento foram severas para as macromoléculas.

3.6 Índice de absorção de água

O índice de absorção de água (IAA) é uma medida indireta do grau de cozimento que resulta na capacidade da farinha, majoritariamente constituída por amido, em absorver água de forma quase que instantânea, característica que depende do ingrediente utilizado e dos parâmetros de processo (SHARMA et al. 2017).

Para as condições do processo de extrusão aplicada à FCD, os valores do IAA variaram de 3,05 a 3,86 g g⁻¹. Apenas o efeito linear negativo da velocidade de rotação das roscas afetou de forma significativa o valor do IAA (Tabela 3), mas não foi possível definir o modelo matemático pela falta de significância ($p = 0,20$).

O valor negativo do coeficiente de regressão (Tabela 2) indica que o aumento da velocidade de rotação das roscas reduziu de forma significativa o valor do IAA das FCD extrusadas. Sharma et al. (2017), ao extrusar mistura de farinhas arroz (70%) e farinha de feijão-mungo (30%), relataram que altas velocidades de rotação das roscas tiveram efeitos severos sobre os biopolímeros, levando a quebra estrutural das moléculas, diminuindo a capacidade de ligar a água. Isso também foi observado em FCI (Jakkanwar et al. 2018). Na condição oposta de baixa velocidade de rotação das roscas, Jim et al. (1994) encontraram uma maior proporção de cadeias poliméricas não danificadas e maior disponibilidade de grupos hidrofílicos com capacidade de se ligar à água, aumentando o valor do IAA.

3.7 Força de compressão

Em extrusados expandidos, a textura é um atributo sensorial crítico e determinam a qualidade sensorial do produto, desempenhando um papel importante na aceitabilidade (ANTON; LUCIANO 2007). O teste aplicado simula uma mordida como se fossem os dentes incisivos alinhados, representando uma lâmina, cortando perpendicularmente ao eixo longitudinal do extrusado até a quebra completa, e o pico de força obtido é a medida da força

de corte ou força de compressão (FC), indicativo da dureza do produto. Esse é um dos parâmetros das características mecânicas, definido como a força necessária para atingir uma determinada deformação, ou força requerida para quebrar o extrusado (BEPARY et al. 2019).

Os produtos também não podem ser muito duros ao ponto de serem difíceis de morder e mastigar, ou pouco duros, que se quebrem facilmente durante o acondicionamento em embalagens e transporte.

A força de compressão variou de 1,24 a 2,83 N (Tab. 1), e foi afetada pela velocidade de rotação das roscas (efeito linear negativo e quadrático positivo), temperatura (efeito quadrático negativo), umidade (efeito quadrático positivo), e as duas interações com a umidade apresentando efeitos negativos (Tabela 2 e Figura 1b). O modelo foi significativo, explicando 97% da variação e a falta de ajuste não foi significativo (Tabela 2). Os valores correlacionaram negativamente e de forma significativa ($p \leq 0.05$) com o IEV ($r = -0.65$) e o ISA ($r = -0,55$) (Tabela 3).

Em estudos que avaliaram a força de compressão de extrusados de FCI, Lira Filho (2002), utilizando a mesma metodologia analítica, obteve valores elevados para a FC (10,53 a 58,18 N), os quais foram afetados por efeitos lineares e quadráticos da temperatura. Jakkanwar et al. (2018) avaliando os mesmos parâmetros de processo, relatou que a umidade afetou positivamente e a velocidade de rotação das roscas afetou negativamente os valores de dureza. Strauta e Muizniece-Brasava (2016) encontraram extrusados mais duros quanto maior o teor de umidade. Bepary et al. (2019) usando o mesmo procedimento analítico, as mesmas variáveis de extrusão independentes, porém, em diferentes faixas, foram obtidos extrusados de farinha integral de feijão arroz com FC de 9,61 a 27,95 N, com efeitos positivos de velocidade de rotação e umidade, e negativos para temperatura.

Utilizando extrusados cilíndricos comerciais e mesmo modelo de probe, Paula e Conti-Silva (2014) obtiveram força de compressão, denominada por eles de fraturabilidade, de 12,6 a 19,9 N; esses valores foram cerca de 10 vezes superiores aos obtidos com os extrusados de FCD.

3.8 Imagens da secção transversal dos extrusados

As diferenças na secção transversal (tamanho, formato e irregularidades), coloração e células (formato, distribuição e tamanho) são visíveis na Figura 2. Segundo Miller (1985),

baixos teores de umidade na extrusão diminuem a uniformidade e circularidade dos extrusados (E).

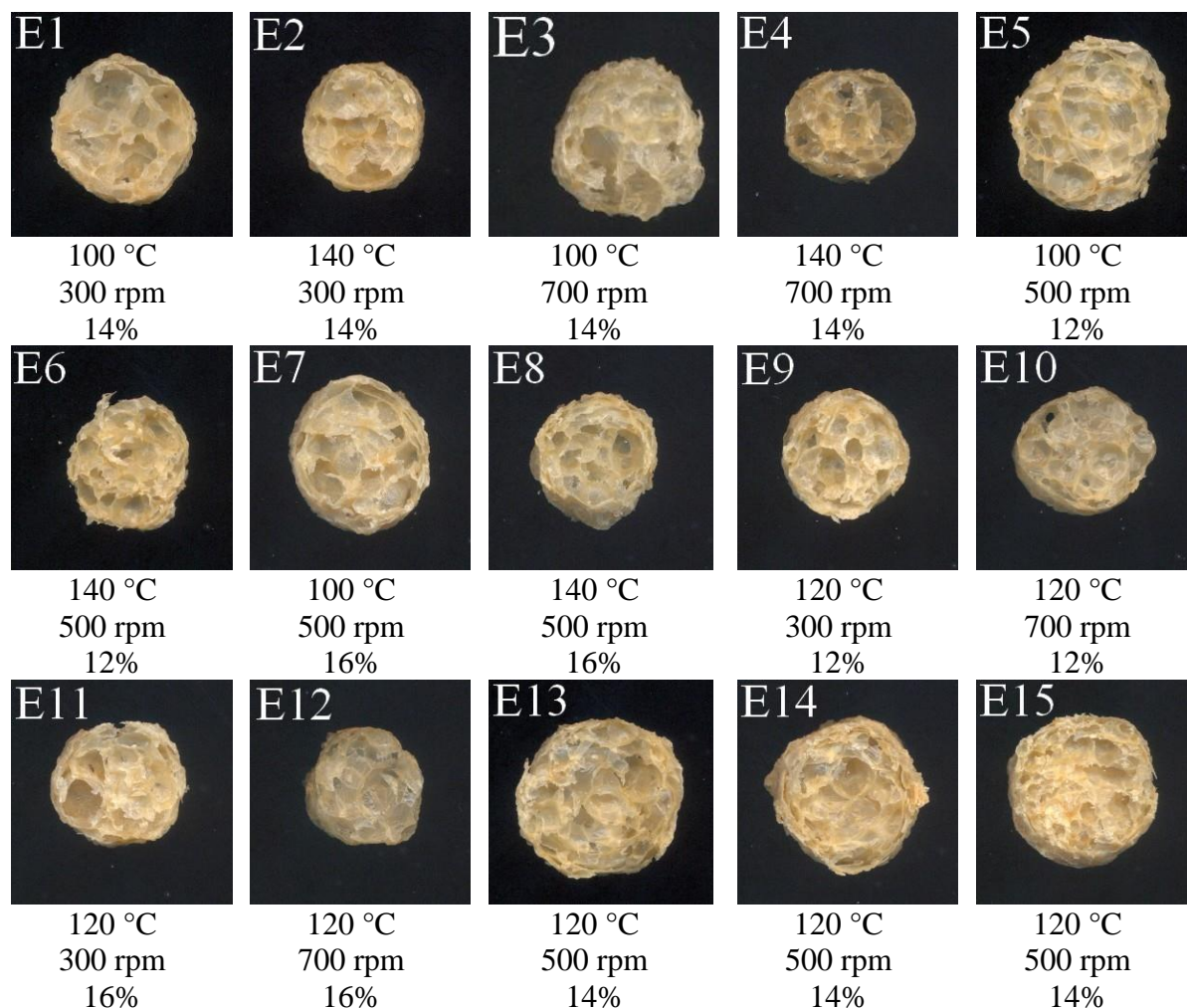


Figura 1. Seção transversal de extrusados de farinha de cotilédone de feijão-caupi obtidos em diferentes condições de temperatura (100 a 140 ° C), velocidade da rosca (300 a 700 rpm) e umidade (12 a 16%).

Entre E9 e E10, a diferença no processo foram os extremos da velocidade de rotação, 300 e 700 rpm, respectivamente. Os valores de SEI para ambos foram semelhantes (Tabela 1); porém, observa-se que E9 tem uma estrutura mais densa, devido a coloração mais escura e paredes mais grossas das células. O E10 apresenta paredes celulares mais delgadas, coloração mais clara, resultado da maior expansão longitudinal, seu IEL foi 3,23, quase o dobro de E9 (1,66) (Tabela 1). De forma semelhante foram os valores do IEV (14,98 e 7,66, respectivamente) (Tabela 1). Apesar de E9 parecer ser mais compacto devido a cor escura, o

valor da FC foram muitos próximos, provavelmente compensadas pelos valores do ISA e IAA, que apresentaram maior discrepância nos valores (Tabela 1).

Para a umidade de 16%, tem-se os E7, E8, E11 e E12. Nesse teor de umidade o IES de E7 foi visualmente (Figura 2) e em valor absoluto (Tabela 1) maior que o E8 (Tabela 1), mas o IEL foi quase o dobro para o E8, e conseqüente, o IEV também foi quase o dobro do E7, e os valores do ISA e IAA foram mais próximos (Tabela 1). O valor da FC foi influenciado pelo valor de LEI; quanto menor o valor, mais compacto e escuro, resultando em maior valor da FC (Tabela 1).

Entre E11 e E12, a maior velocidade de rotação para E12 resultou em extrusado menos compacto, visível pela coloração mais clara e estrutura mais delgada das paredes das células em comparação com E11 (Figura 2), e com menor valor do IES, IAA e FC, e maior valor para IEL, IEV, ISA, todos foram diferentes do E11 (Tabela 1).

Para o teor de umidade de 14% (E1, E2, E3, E4, E13, E14 e E15), comparando E1, E2, E3 e E4, a menor velocidade de rotação em E1 e E2, resultou em extrusados mais escuros, devido principalmente ao menor IEL, e conseqüentemente, por correlação positiva (Tabela 3) menor valor do IEV. Houve menor degradação das estruturas moleculares devido aos menores valores do ISA e maiores do IAA, resultando em extrusados mais duros (Tabela 1). Com alta rotação das roscas em E3 e E4, resultaram em maiores valores do IEL, e devido à correlação positiva significativa (Tabela 3), os valores do ISA e IEV também foram altos. Como o ISA e a FC apresentaram correlação negativa (Tabela 3), E3 e E4 apresentaram menores valores de FC (Tabela 1).

Os extrusados dos tratamentos 13, 14 e 15 (E13, E14 e E15) foram processados sob as mesmas condições (repetições do ponto central). Assim, a coloração, a distribuição interna das células e o tamanho da seção transversal foram muito semelhantes (Figura 2). Os valores para o ISA e a FC também foram muito próximos (Tabela 1).

3.9 Desejabilidade global

Utilizou-se os modelos matemáticos do ISA e da FC, considerando que para a faixa de variáveis independentes avaliada é desejável obter extrusados que não se fragmentem facilmente durante o enchimento e transporte, com valores próximos aos dos extrusados comerciais (PAULA; CONTI-SILVA, 2014), e que possuem altos valores do ISA, de modo que são solubilizados dentro da boca durante a mastigação. Nessas condições, o valor máximo de

desejabilidade global por simulação foi 0,81, proporcionado pelas condições de processo de 135,6 °C, velocidade de roscas de 700 rpm e 12% de umidade (Figura 3). Essa faixa, segundo os critérios de Akhanazarova e Kafarov (1982), corresponde à faixa reconhecida como excelente (0,8 a 1,0). Essa condição prevê um produto com qualidade superior para o ISA (32,14%) e FC (2,51 N), valor próximo aos observados experimentalmente, obtidos na região do ponto central (Tabela 1).

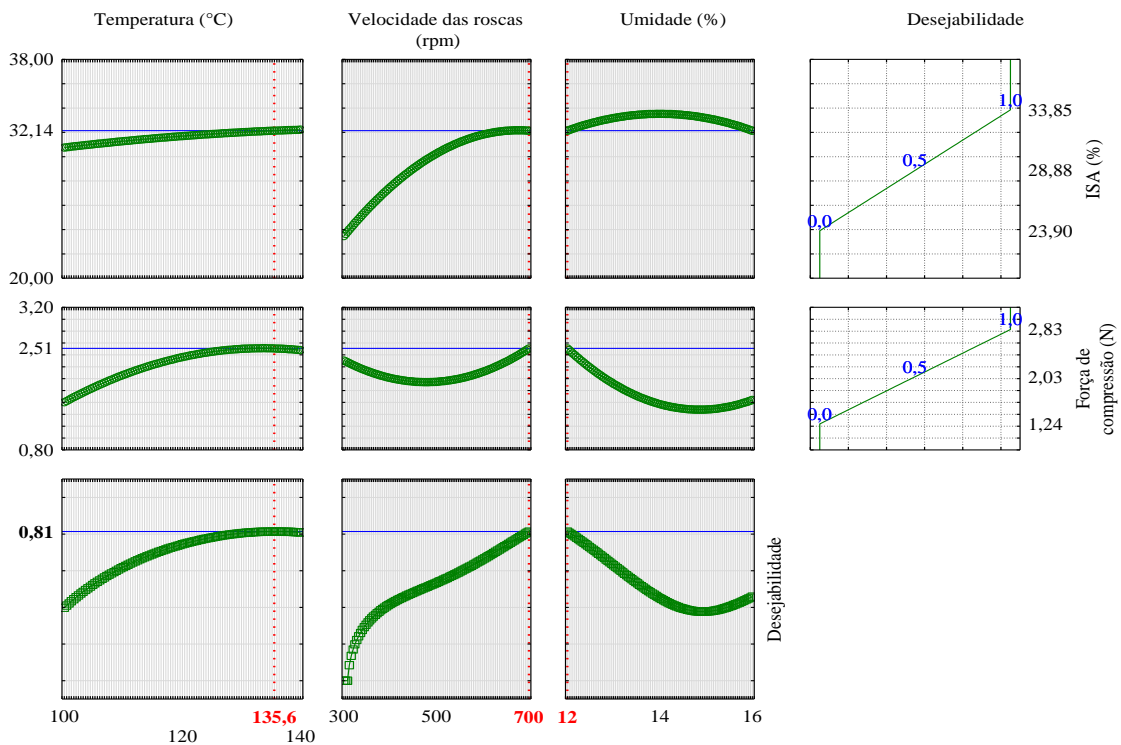


Figura 2. Perfil dos valores preditos da desejabilidade individual e global para o índice de solubilidade em água e a força de compressão na otimização dos *snacks* extrusados de farinha de feijão-caupi descorticado.

4. CONCLUSÕES

A temperatura, velocidade de rotação das roscas e umidade interferiram na qualidade dos extrusados. Linearmente, a temperatura influenciou negativamente na expansão radial, a velocidade afetou positivamente as expansões longitudinais e volumétricas e negativamente a absorção de água. A umidade afetou quadraticamente a solubilidade em água e a força de compressão, que não foi influenciada pelos efeitos lineares da temperatura e da umidade, e pela interação entre temperatura e velocidade.

As imagens das secções transversais dos extrusados foram importantes para auxiliar na interpretação dos efeitos das variáveis independentes sobre as propriedades físico-funcionais avaliadas. Os *snacks* 13, 14, e 15 apresentam uma melhor aparência, um bom índice de expansão radial e um aspecto mais homogêneo, com células menores e paredes finas, resultando em melhor crocância.

Dentro do limite estudado, foi possível obter por simulação uma alta desejabilidade global igual a 0,81, para a condição de menor teor de umidade, velocidade máxima de rotação e temperatura de 135,6 ° C, o que proporcionará valores de solubilidade em água e força de compressão dos extrusados máximos.

5. REFERÊNCIAS

AJITA, T.; JHA, S. K. Extrusion cooking technology: principal mechanism and effect on direct expanded snacks - an overview. **International Journal of Food Studies**, v. 6, p. 113-128, 2017.

ALVAREZ-MARTINEZ L.; KONDURY, K. P.; HARPER, J. M. A general-model for expansion of extruded products. *Journal of Food Science*, v. 53, n. 2, p. 609-615, 1988.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN-JUNIOR, E. L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, v. 14, n. 1, p. 4-12, 1969.

ARHALIASS, A.; BOUVIER, J. M.; LEGRAND, J. Melt growth and shrinkage at the exit of the die in the extrusion-cooking process. **Journal of Food Engineering**, v. 60, p. 185-192, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 19th ed. Washington, 2012.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the biochemical and functional properties of the extruded hard-to-cook cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, p. 794-799, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02200.x>

BEPARY, R.; WADIKAR, D.; VASUDISH, C.; SEMWAL, A.; SHARMA, G. Optimization and evaluation of ricebean (*Vigna umbellata*) extrusion process for downstream food processability. **Defence Life Science Journal**, v. 4, n. 2, p. 130-139, 2019. <https://doi.org/10.14429/dlsj.4.13556>

CARMO, C. S.; VARELA, P.; POUDROUX, C.; DESSEV, T.; MYHRER, K.; RIEDER, A.; ZOBEL, H.; SAHLSTROM, S.; KNUTSEN, S. H. The impact of extrusion parameters on physicochemical, nutritional and sensorial properties of expanded snacks from pea and oat fractions. **LWT- Food Science and Technology**, v. 112, p. 1-12, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108252>

CARVALHO, A. F. U.; SOUSA, N. M.; FARIAS, D. F.; ROCHA-BEZERRA, L. C. B.; SILVA, R. M. P.; VIANA, M. P.; GOUVEIA, S. T.; SAMPAIO, S. S.; SOUSA, M. B.; LIMA, G. P. G.; MORAIS, S. M.; BARROS, C. C.; FREIRE FILHO, F. R. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, p. 81-88, 2012a. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.01.005>

CARVALHO, A. F. U.; SOUSA, N. M.; FARIAS, D. F.; ROCHA-BEZERRA, L. C. B.; SILVA, R. M. P.; VIANA, M. P.; GOUVEIA, S. T.; SAMPAIO, S. S.; SOUSA, M. B.; LIMA, G. P. G.; MORAIS, S. M.; BARROS, C. C.; FREIRE-FILHO, F. R. Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, p. 81-88, 2012.

FONTOURA, L. M.; ASCHERI, J. L. R.; VARGAS, J. W. S. Enrichment of rice with grape peel powder by extrusion. **International Journal of Food Engineering**, v. 5, n. 4, p. 250-255, 2019. <https://doi.org/10.18178/ijfe.5.4.250-255>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION - FAO. **Faostat/Crops/Cowpea Dries**. Rome, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. M. J. Aspectos sócioeconômicos. In: DO VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2017. p. 9-34.

HENDERSON, S. M.; PERRY, R. L. **Agricultural process engineering**. 3 ed. Westport: AVI Publishing, 1976. 442p. Chapter 6, p. 130-159.

HORVAT, M.; SCHUCHMANN, H. P. Investigation of growth and shrinkage mechanisms in vapor-induced expansion of extrusion-cooked corn grits. **Food Bioprocess Technology**, v. 6, n. 12, p. 3392-3399, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0977-4>

JAKKANWAR, S. A.; RATHOD, R. P.; ANNAPURE, U. S. Development of cowpea-based (*Vigna unguiculata*) extruded snacks with improved in vitro protein digestibility. **International Food Research Journal**, v. 25, p. 804-813, 2018.

JIN, Z.; HSIEH, F.; HUFF, H. Extrusion cooking of corn meal with soy fiber, salt, and sugar. **Cereal Chemistry**, v. 71, n. 3, p. 227–233, 1994.

KAPRAVELOU, G.; MARTINÉZ, R.; ANDRADE, A. M.; LÓPEZ, C. C.; LÓPEZ-JURADO, M.; ARANDA, P.; ARREBOLA, F.; CAÑIZARES, F. J.; GALISTEO, M.; PORRES, J. M. Improvement of the antioxidant and hypolipidaemic effects of cowpea flours (*Vigna unguiculata*) by fermentation: results of *in vitro* and *in vivo* experiments. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 6, p. 1127-11378, 2015. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6809>

KUMAR, S.; GREWAL, R.; RANI, V. Standardization and quality evaluation of ready to eat extruded snacks developed using maize-oat blends and processed cowpea. **International Journal of Food and Nutrition Science**, v. 5, n. 4, p. 121-129, 2016.

LEE, S-Y.; MCCARTHY, K. L. Effect of screw configuration and speed on RTD and expansion of rice extrudate. **Journal of Food Process Engineering**, v. 19, n. 2, p. 153-170, 1996. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.1996.tb00387.x>

LIRA FILHO, F. J. **Efeitos da extrusão termoplástica sobre as propriedades tecnológicas e nutritivas das proteínas da farinha integral do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**. 2002. 165p. Tese (Doutorado). - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, São Paulo, 2002.

MARQUES, M. R. **Ação hipocolesterolêmica de hidrolisados de feijões-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Nutrição em Saúde Pública) -

Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. <https://doi.org/10.11606/D.6.2013.tde-09102013-152334>.

LIU, P.; YU, L.; LIU, H. S.; CHEN, L.; LI, L. Glass transition temperature of starch studied by a high-speed DSC. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, p. 250-253, 2009.

MARQUES, M. R. 2013. 74 f. **Ação hipocolesterolêmica de hidrolisados de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

MILLER, R. C. Low moisture extrusion: effects of cooking moisture on product characteristics. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 1, p. 249-253, 1985. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb13321.x>

NOGMA, T. N.; CHIMIMBA, U. K.; MWANGWELA, A. M.; THAKWALAKWA, C.; MALETA, K. M.; MANARY, M. J.; TREHAN, I. Effect of cowpea flour processing on the chemical properties and acceptability of a novel cowpea blended maize porridge. **PLoS One**, V. 13, e0200418, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200418>

PAULA, A. M.; CONTI-SILVA, A. C. Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses in extruded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 121, p. 9-14, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.007>

SHARMA, C.; SINGH, B.; HUSSAIN, S. Z.; SHARMA, S. Investigation of process and product parameters for physicochemical properties of rice and mung bean (*Vigna radiata*) flour based extruded snacks. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 6, p. 1711-1720, 2017. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2606-8>

STRAUTA, L.; MUIZNIECE-BRASAVA, S. The effects of different amounts of additional moisture on the physical properties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) extrudates. **International Journal of Nutrition and Food Engineering**, v. 10, n. 12, p. 847-850, 2016. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1128175>

WASZCZYNSKYJ, K.; NELSEN, T. Collaborative study on sensory and volatile compound analysis of oils. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 73, p. 157-166, 1996.

WOOD, J.; MALCOLMSON, L. J. Pulse milling technology. In: TIWARI, B. K.; GOWEN, A.; MCKENNA, B. (eds.). **Pulse Foods**: processing, quality and nutraceutical applications. Academic Press, 2011. p. 193-221.

ARTIGO 3

***SNACKS DE FARINHA DE COTILÉDONES DE
FEIJÃO-CAUPI: CARACTERÍSTICAS
SENSORIAIS, NUTRITIVAS E FUNCIONAIS***

ARTIGO 3

SNACKS DE FARINHA DE COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI: CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS, NUTRITIVAS E FUNCIONAIS

RESUMO - Este trabalho objetivou caracterizar produtos extrusados obtidos a partir de farinha de cotilédones de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque quanto às características sensoriais, nutritivas e funcionais. Os cotilédones foram triturados em moinho de facas e transformados em farinha no moinho de rolos. A farinha de cotilédones foi submetida ao processo de extrusão em equipamento de dupla rosca, utilizando Delineamento Box-Behnken com três variáveis independentes. Os *snacks* foram analisados quanto ao valor nutricional, funcional e sensorial. Os resultados obtidos na análise sensorial demonstraram que os tratamentos T13 (120 °C, 500 rpm e 14%) e T3 (100 °C, 700 rpm e 14%) tiveram, respectivamente, maior e menor aceitação. O *snack* T13 apresentou (% base seca) 25,09 de proteínas; 1,29 de lipídios; 65,34 de carboidratos totais; 4,01 de fibra insolúvel e 1,86 de fibra solúvel; e 2,82 de cinzas, tendo como principais minerais (mg 100g⁻¹): 4,94 de ferro; 4,06 de zinco; 1,5 de manganês; 510,0 de fósforo; e 1.430,0 de potássio. O perfil de aminoácidos mostrou-se inferior aos padrões de referência, teores esses menores quando comparados com padrões nutricionais recomendados pela FAO. O *snack* T13 apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) com relação à farinha de cotilédones e apresenta um grande potencial nutritivo, sensorial e funcional, constituindo-se em fonte de proteínas, aminoácidos essenciais, fibras alimentares, carboidratos totais e de minerais, com destaque para as concentrações de ferro e zinco, bem como melhoria na digestibilidade proteica, menores teores de antinutricionais e bons teores de compostos fenólicos no produto. Os resultados indicam que a farinha de cotilédones de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque possui atributos desejáveis no desenvolvimento de *snacks* com boas características nutricionais, constituindo-se em uma boa alternativa na produção e melhoria da qualidade nutricional desse tipo de produto e uma ótima opção de lanche saudável.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, produto extrusado, qualidade nutricional, compostos bioativos.

COWPEA COTYLEDON FLOUR SNACKS: SENSORY, NUTRITIVE AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS

ABSTRACT - This work aimed to characterize extruded products obtained from cowpea cotyledon flour snacks regarding sensory, nutritional, bioactive and antioxidant properties. The cotyledons were ground in a knife mill and the flour milled fragments in the roller mill. Cotyledon flour was extruded in a double-screw equipment using a Box-Behnken Design with three independent variables. Snacks were analyzed for nutritional, functional, and sensory composition. The results obtained in the sensory analysis showed that the treatments T13 (120 °C, 500 rpm e 14%) and T3 (100 °C, 700 rpm e 14%) had, respectively, higher, and lower acceptability. T13 snack presented (% dry basis) 25.09 protein; 1.29 of lipids; 65.34 carbohydrates; 4.01 insoluble fiber and 1.86 soluble fiber; and 2.82 ash, having as main minerals (mg 100g⁻¹): 4.94 iron; 4.06 zinc; 1.5 manganese; 510.0 phosphorus; and 1,430.0 potassium. The amino acid profile was lower than the reference standards, lower when compared with nutritional standards recommended by FAO. Snack T13 showed a significant difference (p≤0.05) in relation to cotyledon flour and has a great nutritional, sensory and functional potential, constituting a source of proteins, essential amino acids, dietary fibers, carbohydrates and minerals, with emphasis on iron and zinc concentrations, as well as, improved protein digestibility, lower levels of antinutritional and good levels of phenolic compounds in the product. The results indicate that cowpea cotyledon flour cv. BRS Tumucumaque has desirable attributes in the development of snacks with good nutritional characteristics, constituting a good alternative in the production and improvement of the nutritional quality of this type of product and a great healthy snack option.

Keywords: *Vigna unguiculata*, extruded product, nutritional quality, bioactive compounds.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma importante fonte de energia, especialmente para a população que vive nos países em desenvolvimento (SILVA et al., 2018). Seus grãos destacam-se pelas quantidades significativas de proteínas (23 a 25%), carboidratos totais (56,8%), fibras alimentares (3,9%), minerais (fósforo, sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco e manganês), vitaminas (tiamina, riboflavina, piridoxina, niacina e folacina) e baixo teor de gorduras (1,3%). Além desses, o feijão-caupi também apresenta aminas bioativas e compostos fenólicos (CARVALHO et al., 2012; CAVALCANTE et al., 2017).

O feijão-caupi é uma cultura bastante versátil em relação ao cultivo, comercialização e formas de consumo. É comercializado na forma de grãos secos, vagens e grãos imaturos (feijão-verde), farinha usada no preparo de receitas, enlatados e congelados FREIRE FILHO et al. (2017). Consumido na forma de receitas culinárias típicas, estas geralmente são conforme os hábitos culturais de cada região (SILVA et al., 2018), cozido em água com sal e verduras, saladas, baião-de-dois, feijão-tropeiro, feijoada, abará, massas baianas entre outros (NEVES et al., 2011).

Estudos mostram que além da maneira tradicional de consumo, o feijão-caupi pode ser utilizado como matéria-prima ou ingrediente na formulação de novos produtos, contribuindo para elevar sua qualidade nutricional. Almeida; Marangoni; Steel (2013), afirmaram que na panificação o amido proveniente do feijão-caupi melhora a qualidade tecnológica dos produtos quando comparado com o amido de fontes convencionais. Simplício, 2013, observou aumento no valor nutritivo de pães integrais (proteínas, lipídios, ferro, zinco, magnésio e fósforo e fibras. Em estudo conduzido por Landim et al. (2016), os autores demonstraram a funcionalidade (redução na prevalência de anemia, 12,2%, após a intervenção 1,4%) do feijão-caupi, avaliando o impacto da ingestão de biscoitos elaborados à base de farinha do grão por crianças pré-escolares. O acréscimo de farinha integral de feijão-caupi em pão de queijo elevou o conteúdo de fibras alimentares, proteínas minerais e compostos bioativos (CAVALCANTE et al., 2017).

Considerando essas informações o feijão-caupi apresenta grande potencial como matéria-prima para o enriquecimento de produtos tradicionais e desenvolvimento de novos produtos alimentícios, pois a composição química do grão mostra benefícios nutricionais, funcionais e sensoriais. Uma aplicação proposta para o feijão-caupi é a sua utilização como matéria-prima na formulação de produtos convencionais, na elaboração de produtos de conveniência, tais como os *snacks* extrusados.

Snacks é um termo que se refere a lanche, comercialmente é atribuído a alimentos de consumo rápido. São produtos prontos para o consumo, obtidos por meio da cocção por extrusão de farinhas amiláceas, aromatizados com uso de lipídeos como agentes fixadores de aroma e sabor. Apresentam elevado valor calórico, baixo teor de proteínas e fibras alimentares, e elevadas quantidades de lipídeos (CAPRILES et al., 2012).

A extrusão é um processo contínuo que aplica tecnologia de cozimento sob alta temperatura por curto período de tempo, no qual as matérias primas tornam-se produtos com novas formas e textura, totalmente cozidos com transformações em suas características químicas, físicas e nutritivas (BERRIOS et al., 2013; SOUZA et al., 2013). Possui como vantagens, a melhoria na digestibilidade das proteínas e do amido, diminuição ou eliminação de fatores antinutricionais e melhoria das propriedades funcionais e menor degradação dos nutrientes (BATISTA et al., 2010; DEENANATH; EGAL, 2017).

Este trabalho objetivou caracterizar produtos extrusados obtidos a partir de farinha de cotilédones de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, quanto às características sensoriais, nutritivas e funcionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo, utilizou-se grãos integrais de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque, desenvolvida pela Embrapa Meio-Norte e obtidos junto à beneficiadora de grãos de Sorriso, MT. A remoção do tegumento de grãos foi realizada em Santa Cruz do Rio Pardo, SP, na empresa de Máquinas Suzuki S/A, utilizando-se descortecedor (Suzuki, model MB-1, São Paulo, Brasil). Os cotilédones resultantes foram triturados em moinho de facas (Renard, model MFC-180-75-01, São Paulo, Brasil) e os fragmentos transformados em farinha no moinho de rolos (Brabender, model Quadrumat Senior, Duisburg, Alemanha), estes processos foram realizados na Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP).

A farinha de cotilédones (FCT) foi submetida ao processo de extrusão na Embrapa Agroindústria de Alimentos, em equipamento de dupla rosca (Clextral Evolum HT25, Firminy, França), utilizando Delineamento Box-Behnken com três variáveis independentes: temperatura (100; 120 e 140°C), umidade (12; 14 e 16%); e velocidade de rotação das roscas (300; 500 e 700 rpm). O delineamento utilizado constou de 12 pontos fatoriais e 3 repetições no ponto central, totalizando assim 13 condições distintas de processo.

Em estudo anterior, os efeitos combinados das variáveis estudadas sobre as características tecnológicas dos produtos foram avaliados através da Metodologia de Superfície Resposta (MSR) e por meio da análise de regressão multivariada foi possível identificar as condições de processo favoráveis para a obtenção de produtos com características físicas mais desejáveis. A partir destes resultados, para este estudo, selecionou-se as quatro condições de processo ideais e produziu-se um lote de extrusados para cada condição. Os produtos obtidos foram submetidos a caracterização sensorial, nutricional e funcional, segundo as metodologias descritas a seguir:

2.1 Análise sensorial

As formulações foram avaliadas quanto à aceitação, por meio de escala hedônica estruturada de nove pontos (9 = gostei muitíssimo; 1 = desgostei muitíssimo) e intenção de compra, escala estruturada de cinco pontos (1 = certamente não compraria; 5 = certamente compraria) (DUTCOSKY, 2013). A avaliação sensorial foi realizada por 100 assessores sensoriais não treinados de ambos os sexos com idade entre 18 e 45 anos. As quatro amostras de *snacks* foram apresentadas aos assessores sensoriais à temperatura ambiente de forma monádica, em copos descartáveis de 100 mL codificados com números aleatórios de três dígitos, sob luz branca de forma individual em cabines apropriadas do laboratório de análise sensorial. Foi fornecida água para fazer a limpeza do palato entre as amostras. O delineamento experimental foi em blocos completos balanceados permitindo que cada amostra ocupasse a mesma posição o mesmo número de vezes. O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da UFPI, com parecer de número 1.806.551, de acordo com as normas propostas pelo Ministério da Saúde e do Conselho Nacional de Saúde, para pesquisas envolvendo seres humanos (BRASIL, 2012).

2.2 Compostos bioativos e capacidade antioxidante

Inicialmente, foram preparados os extratos das amostras segundo metodologia de Rufino et al. (2010); Moreira-Araújo et al. (2018). Os solventes utilizados para extração dos compostos antioxidantes foram o metanol 50% (50:50, v/v), acetona 70% (70:30, v/v) e água, na proporção de 2:2:1.

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método espectrofotométrico, utilizando o reagente *Folin-Ciocalteu* e as leituras das absorvâncias das

amostras foram realizadas a 765 nm em espectrofotômetro (BEL Engineering, model 1102, Monza, Itália); os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de amostra. A concentração de compostos fenólicos totais foi avaliada através da interpolação da absorbância utilizando uma curva padrão de ácido gálico previamente construída (SINGLETON; ROSSI, 1965). O conteúdo de flavonoides totais foi determinado segundo González-Aguilar et al. (2007), com absorbância medida a 425 nm em espectrofotômetro (BEL Engineering, model 1102, Monza, Itália); diferentes concentrações de quercetina (0-100 mg / L) foram usadas para construir uma curva padrão, e os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de quercetina (EQ) / 100 g de amostra. A concentração de antocianinas totais foi avaliada seguindo o método de diferença de pH (GIUSTI; WROLSTAD, 2005); a absorbância foi medida em espectrofotômetro (BEL Engineering, model 1102, Monza, Itália) no comprimento de onda máximo de cada amostra e em 700 nm, em soluções tampão de pH 1,0 e pH 4,5, e o branco mensurado com água destilada.

A capacidade antioxidante foi determinada pelo método DPPH de acordo com Kim et al. (2006) e Moreira-Araújo et al. (2018). Os resultados foram comparados com o antioxidante padrão, Trolox, e foram expressos em TEAC μM / 100 g de amostra.

2.3 Composição centesimal

O *snacks* e a farinha de cotilédones, utilizados como matéria-prima, foram analisados quanto ao conteúdo de umidade por meio do método de secagem em estufa, método 934.01 (AOAC, 2005). O resíduo mineral fixo foi determinado pela metodologia de incineração em forno mufla à temperatura de 550 °C, método 923.03 (AOAC, 2005). A determinação de proteínas foi realizada pelo método de micro Kjeldahl, o qual se baseia na destruição da matéria orgânica seguida de destilação, sendo o nitrogênio dosado por volumetria. O fator 6,25 foi utilizado para converter o teor de nitrogênio total em proteína, método 2001.11 (AOAC, 2005). Os teores de lipídios (correspondente à fração extrato etéreo) foram quantificados em extrator intermitente de Soxhlet, utilizando-se éter de petróleo P. A., como solvente, método 945.38 (AOAC, 2005).

O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença dos demais constituintes da composição centesimal, de acordo com a AOAC (2005).

O teor de fibra alimentar foi determinado de acordo com o método enzimático gravimétrico, método 985.29 (AOAC, 2005), com adaptações (FREITAS et al., 2008).

Valor energético total (VET)

O valor energético foi estimado por meio dos fatores de conversão de Atwater: 4 kcal g⁻¹ para proteínas, 4 kcal g⁻¹ para carboidratos totais e 9 kcal g⁻¹ para lipídios (WATT; MERRILL, 1963).

2.4 Minerais

Os teores de minerais foram determinados de acordo com o método oficial 965.09 da AOAC (2010), com digestão solução nitro-perclórica (2:1). Os minerais ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram quantificados por meio de espectrofotometria de absorção atômica, utilizando-se os parâmetros instrumentais (lâmpada, comprimento de onda, corrente da lâmpada e largura da fenda) específicos para cada nutriente por absorção atômica, utilizando espectrofotômetro (GBC, model B462, Melbourne, Austrália). Sódio (Na) e potássio (K) foram quantificados pelo método de fotometria de chama, as leituras realizadas diretamente com o fotômetro de chama (Micronal, model 906 AA, São Paulo, Brasil). A determinação do fósforo (P) foi realizada por colorimetria em espectrofotômetro (BEL Engineering, model 2000, Monza, Itália), comprimento de onda de 725 nm, segundo método descrito por Silva e Queiroz (2002). Os valores das concentrações dos minerais foram obtidos em partes por milhão (ppm) e depois transformados para mg 100g⁻¹.

2.5 Perfil de aminoácidos

A determinação do conteúdo de aminoácidos foi realizada segundo AOAC (2000), por cromatografia líquida de alta eficiência, em HPLC (Waters, model 2695, Massachusetts, Estados Unidos), com hidrólise prévia. As proteínas foram hidrolisadas de acordo com o método 994.12 da AOAC. Três hidrólises distintas foram necessárias: hidrólise ácida (HCl 6 M) para a determinação de 18 aminoácidos resistentes, hidrólise básica (NaOH 4,2 M) para a quantificação do triptofano, e a prévia oxidação (ácido perfórmico) e posterior hidrólise ácida para a quantificação dos aminoácidos sulfurados. As hidrólises foram conduzidas em ampolas de vidro seladas sob vácuo e mantidas à 110°C por 20 h. A separação do triptofano foi feita em coluna C18 com detecção fluorimétrica. Os aminoácidos sulfurados e os resistentes à hidrólise ácida foram derivatizados com 6-aminoquinolil-succimidil-carbamato (AQC), separados em fase reversa e detectados por fluorescência. Com as três metodologias foi possível a separação e quantificação dos seguintes aminoácidos: asparagina, serina, glutamina, glicina, histidina,

arginina, treonina, alanina, prolina, tirosina, valina, lisina, isoleucina, leucina, fenilalanina, triptofano, cisteína e metionina.

2.6 Fatores antinutricionais

A determinação do teor de taninos condensados baseou-se no método da vanilina, segundo Price; Scoyoc e Butler, (1978). O teor de ácido fítico foi determinado pelo método 986.11 AOAC, (2010) com modificação, sendo a análise realizada atualmente por ICP, com modificação do recolhimento dos ácido fítico com solução de HCl 2,0M em balão volumétrico de 25,00mL e leitura direta do fósforo (P) por ICP.

2.7 Digestibilidade proteica *in vitro*

Para determinar a digestibilidade *in vitro* das amostras utilizou-se o método descrito por Akeson e Stahman (1964) com adaptações. Este se baseia na hidrólise enzimática das proteínas com pepsina e pancreatina seguida da determinação do nitrogênio não precipitável com ácido tricloroacético.

Pesou-se a amostra em tubo falcon e adicionou-se solução de pepsina (*pepsin from porcine gastric mucosa* 250 uni/mg, Sigma P7000) na concentração de 3 mg/mL em HCl 0,01N e deixadas a 37 °C por 3 h. Posteriormente, a solução foi neutralizada com NaOH 0,1N, sendo então adicionada a solução de pancreatina (*pancreatin from porcine pancreas* 8 x USP, Sigma P7545) na concentração de 0,4% em tampão fosfato 0,1 M em pH 8,0. Após este processo, a mistura foi incubada por 24 horas a 37°C. A digestão foi interrompida com a adição lenta de 1 mL de solução de TCA 50%. Logo em seguida centrifugou-se a 4000 g (Fanen, model 280, São Paulo, Brasil) por 30 min. Foi determinado o nitrogênio do sobrenadante através do método de Kjeldahl segundo AOAC (2005).

2.8 Análise estatística

Os resultados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo Teste de *Tukey* a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SAS®, Statistical Analysis System (SAS/STAT, Cary, Estados Unidos), (SAS INSTITUTE, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da aplicação da metodologia de superfície de resposta para a otimização do processo de extrusão da farinha de cotilédones de feijão-caupi e com base nos parâmetros de otimização avaliados em estudo anterior, pôde-se concluir, que o valor ótimo foi alcançado nas condições intermediárias de temperatura, umidade e velocidade de rotação da rosca testada. As melhores condições de processamento (umidade, temperatura e velocidade de rotação das roscas) para obter o *snacks* com o melhor conjunto de propriedades tecnológicas foram estabelecidos com base nos índices de expansão. A partir dessas informações foi possível selecionar os tratamentos T02 (140 °C, 300 rpm e 14%); T03 (100 °C, 700 rpm e 14%); T05 (100 °C, 500 rpm e 12%); e T13 (120 °C, 500 rpm e 14%) para as próximas condições experimentais de otimização.

3.1 Análise sensorial

O processo de desenvolvimento e otimização dos *snacks* de farinha de cotilédones envolveu a realização de testes sensoriais, pois independentemente do valor nutritivo apresentado, espera-se que o produto seja sensorialmente atrativo.

Os resultados da porcentagem de aceitação e a frequência das notas atribuídas aos *snacks* pelos assessores sensoriais não treinados estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Aceitação dos *snacks* pelos assessores sensoriais não treinados.

Escala hedônica	Frequência das notas atribuídas aos <i>snacks</i>			
	<i>Snack</i> T02	<i>Snack</i> T03	<i>Snack</i> T05	<i>Snack</i> T13
9. Gostei muitíssimo	2	2	4	4
8. Gostei muito	10	9	12	10
7. Gostei moderadamente	13	13	16	26
6. Gostei levemente	25	20	30	31
5. Indiferente	22	13	16	18
4. Desgostei levemente	12	10	9	7
3. Desgostei moderadamente	8	16	9	2
2. Desgostei muito	7	9	3	2
1. Desgostei muitíssimo	1	8	1	0
Percentual de aceitação*	50	44	62	71
Percentual de rejeição*	50	56	38	29
Média geral**	5,36 ± 1,76bc	4,8 ± 2,16c	5,74 ± 1,73ab	6,12 ± 1,40a

T02 (140 °C, 300 rpm e 14%); T03 (100 °C, 700 rpm e 14%); T05 (100 °C, 500 rpm e 12%); e T13 (120 °C, 500 rpm e 14%) *Porcentagem de aceitação % (soma das frequências das notas de 6 a 9); Porcentagem de rejeição % (soma das frequências das notas de 1 a 5). ** Valores das médias ± desvio padrão; médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Os assessores sensoriais apresentaram o seguinte perfil: consumidores potenciais do produto, não treinados, selecionados em função da disponibilidade e interesse em participar do teste. Compreendeu principalmente estudantes, professores e funcionários da Universidade Federal do Piauí, de ambos os sexos e ampla faixa etária, 73% encontravam-se entre 18 a 25 anos, 15% entre 26 e 35 anos, 3% entre 36 e 45 anos e 9% não informaram.

De acordo com a análise das frequências das notas foi possível observar que a aceitação foi maior para o *snacks* T13 (71%), que obteve a maioria das respostas entre as notas 6 e 9, revelando uma boa aceitação pelos assessores.

Os demais *snacks* apresentaram percentual de aceitação (soma das frequências das notas de 6 a 9) de 62%, 50% e 44% para T05, T02 e T03, respectivamente. Os *snacks* T02 e T03 foram os de maior rejeição, pois obtiveram a menor frequência das notas de aceitação e maior frequência das notas de rejeição (soma das frequências das notas de 1 a 5). É importante ressaltar que alguns assessores relataram aroma característico de feijão, gosto de queimado, sabor residual de feijão. Tais problemas sensoriais *off flavors* e *off odors* normalmente estão relacionados à degradação de lipídios pela ação da lipoxigenase, responsável pelo desenvolvimento do sabor de feijão, ocasionando a formação de compostos responsáveis pelo aparecimento de sabor desagradável (BRITO et al., 2008; KHRISANAPANT et al., 2019). Estes *off flavors* nos grãos de feijão-caupi são uma barreira ao consumo e limitam a sua utilização como ingredientes em algumas aplicações na indústria alimentar.

A formulação T13, mesmo tendo uma boa aceitação sensorial, os resultados mostram a necessidade de melhoria nas características relatadas pelos assessores sensoriais, principalmente relacionadas a aroma e sabor. Isso mostra que há a necessidade de mais estudos relacionados a identificação dos compostos responsáveis pelos *off flavors* presentes em feijão-caupi, suas possíveis origens e as tecnologias disponíveis para prevenir, reduzir ou mascarar esses compostos.

Em consonância com o presente estudo, Carmo et al. (2019) relataram a presença de *off flavors* identificados pelos assessores sensoriais ao analisarem sensorialmente *snacks* de ervilha e aveia.

Quanto ao teste de médias, os *snacks* T05 e T13 não diferiram estatisticamente entre si, porém o *snack* T13 diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais *snacks*, pois obteve maior média geral 6,12, semelhante aos valores obtidos por Jakkanwar et al. (2018) ao analisar cinco formulações de extrudados à base de feijão-caupi integral, 6,8; 6,5; 7,8; 6,12 e 7,2 para as respectivas condições

de processo (16%, 160 rpm, 160°C), (24%, 200 rpm, 160°C), (16%, 200 rpm, 180°C), (20%, 213 rpm, 170°C) e (20%, 180 rpm, 170°C).

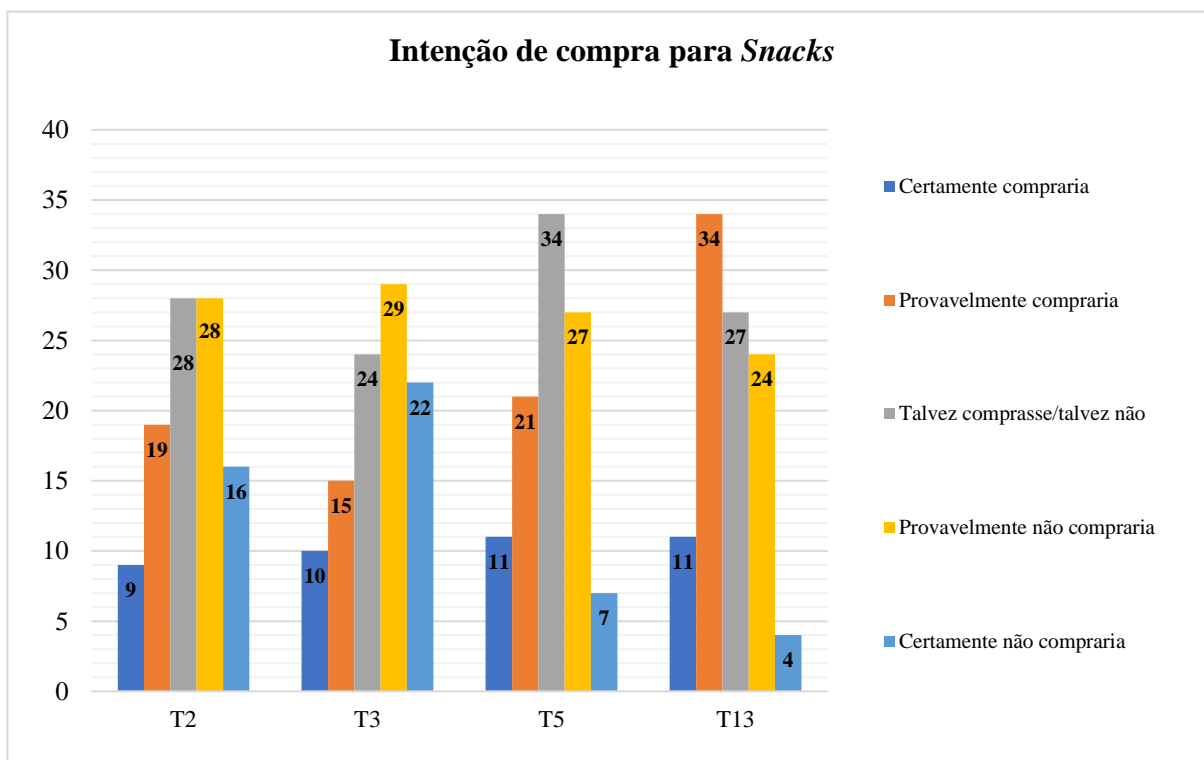


Figura 1. Intenção de compra para *snacks* de farinha de cotilédones de feijão-caupi.

O teste de Intenção de Compra (Figura 1) normalmente é aplicado em paralelo ao de aceitação, utilizado para avaliar a atitude de compra do consumidor em relação ao produto analisado. Observa-se que a formulação T13 apresentou maior porcentagem de intenções positivas, igual a 45% (certamente compraria e provavelmente compraria), e a formulação T02 apresentou maior rejeição em relação a intenção de compra, apresentando 51% (provavelmente não compraria e certamente não compraria).

3.2 Compostos bioativos e capacidade antioxidante

Verificou-se que o teor de fenólicos totais nas formulações dos *snacks* variaram de 23,42 a 44,09 mg EAG 100 g⁻¹ (Tabela 2). O *snack* T13 apresentou maior teor em relação aos demais *snacks*, porém não houve diferença significativa entre os *snacks* T03 e T13 que apresentaram um teor médio de 41,81 e 44,09 mg EAG 100 g⁻¹, respectivamente. Isso confirma que as condições intermediárias dos parâmetros utilizados no presente estudo promoveram menor degradação dos fenólicos totais.

Observou-se que o *snack* T13 apresentou maior teor de flavonoides totais, 7,62 mg EQ 100 g⁻¹, diferindo estatisticamente ($p \leq 0,05$) dos *snacks* T2 e T5 que apresentaram valores de médias iguais 1,37 mg EQ 100 g⁻¹. Parvez et al. (2019) obtiveram valores menores aos deste estudo, 1,18 mg EQ 100 g⁻¹ em produto extrusado de feijão-caupi. Essa diferença provavelmente foi ocasionada pelo efeito combinado das variáveis analisadas (temperatura, umidade e velocidade de rotação da rosca) testadas neste trabalho. Isso porque a disponibilidade de flavonoides nos *snacks* diminuiu em função da termolabilidade dos mesmos, e as condições de altas temperaturas e pressão podem acarretar transformações químicas, decomposição ou conversão destes em outros compostos.

Tabela 2. Compostos bioativos e capacidade antioxidante dos *snacks* extrusados.

Compostos bioativos*	<i>Snack</i> T02	<i>Snack</i> T03	<i>Snack</i> T05	<i>Snack</i> T13
Fenólicos totais (mg EAG100 g ⁻¹)	23,42 ± 0,00c	41,81 ± 3,98 ^a	30,28 ± 0,00b	44,09 ± 0,00a
Flavonoides (mg EQ 100 g ⁻¹)	1,37 ± 0,00b	5,53 ± 3,60ab	1,37 ± 0,00b	7,62 ± 2,56 ^a
Antocianinas (mg cy-3-glu100g ⁻¹)	ND	ND	ND	ND*
Capacidade antioxidante				
DPPH (µmol.Trolox.100g ⁻¹)	174,20 ± 0,00c	373,77 ± 20,32 ^a	197,49 ± 20,29c	314,94 ± 0,00b

T02 (140 °C, 300 rpm e 14%); T03 (100 °C, 700 rpm e 14%); T05 (100 °C, 500 rpm e 12%); e T13 (120 °C, 500 rpm e 14%) *Valores das médias ± desvio padrão; EAG, equivalentes de Ácido Gálico; EQ, equivalente de Quercetina; capacidade antioxidante equivalente ao Trolox; *ND não detectado. Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Não foi identificada a presença de antocianinas totais nas amostras dos *snacks* extrusados de farinha de cotilédones de feijão-caupi. No entanto, a farinha de cotilédones de feijão-caupi crua utilizada no desenvolvimento dos *snacks* do presente estudo apresentou teor de 0,44 mg cy-3-glu100g⁻¹ para antocianinas. Diante disso, pode-se afirmar que o processo de extrusão causou perdas significativas das antocianinas, uma vez que essas apresentam instabilidade em altas temperaturas, sendo destruídas pelo aquecimento.

Resultados similares ao do presente estudo foram observados por Barros et al. (2019) que também não identificaram a presença de antocianinas totais nas amostras de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque após o cozimento. Cavalcante et al. (2017) também relataram uma redução no teor de antocianinas em cinco cultivares de feijão-caupi após o processamento térmico.

A capacidade antioxidante dos *snacks* extrusados foi determinada pelo método de captura dos radicais livres DPPH (Tabela 2). Verificou-se diferença significativa ($p \leq 0,05$), entre todos os *snacks* analisados. Os *snacks* T3 e T13 obtiveram maior capacidade antioxidante, 373,77 e 314,94 $\mu\text{mol Trolox } 100\text{g}^{-1}$. Assim, as diferenças da ação antioxidante verificadas nos *snacks* T02 e T05 no presente estudo pode ter ocorrido devido às condições do processo de extrusão promover a destruição de compostos bioativos levando a redução dos mesmos. Dentre os compostos bioativos analisados, verificou-se uma relação entre os teores de fenólicos totais e flavonoides dos *snacks* e a capacidade antioxidante.

Comparando-se os resultados da análise sensorial com os teores de compostos bioativos dos *snacks* extrusados de farinha de cotilédones de feijão-caupi e com base nos parâmetros de otimização, pode-se concluir, que o valor ótimo foi alcançado nas condições intermediárias de temperatura, umidade e velocidade de rotação da rosca testada.

3.3 Composição centesimal e valor energético total

A composição centesimal e o valor energético total (VET) da farinha de cotilédones de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque e do *snacks* T13, são apresentados na Tabela 3. O processo de extrusão provocou uma redução em alguns dos nutrientes na composição dos *snacks* T13 em relação à farinha de cotilédones (FCT), utilizada como matéria-prima. Houve redução nos teores de umidade, cinzas, lipídios, proteínas e VET. Entretanto, houve um pequeno aumento no teor de carboidratos totais.

Os teores de umidade da farinha de cotilédones e do *snack* T13 apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$), com médias 10,71 e 9,90 g 100 g⁻¹, respectivamente. Estes valores representam um importante índice de qualidade, visto que resulta em maior estabilidade físico-química e microbiológica. Isso favoreceu a boa conservação do produto, encontrando-se dentro do padrão estabelecido pela legislação (BRASIL, 2005), que exige o máximo de 15 % de umidade em farinhas e 14% em *snacks*, conforme Resolução nº 12, março de 1978 da CNPPA (Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos), biscoitos ou bolachas para aperitivos e petiscos ou salgadinhos (BRASIL, 1978).

Tabela 3. Composição centesimal e valor energético total de farinha de cotilédones (FCT) e produto extrusado (*Snack* T13).

Composição centesimal**	FCT	<i>Snack</i> T13
Umidade	10,71 ± 0,13 a	9,90 ± 0,11 b
Cinzas	3,02 ± 0,04 a	2,82 ± 0,05 b
Lipídios	1,68 ± 0,02 a	1,29 ± 0,12 b
Proteínas	25,28 ± 0,58 a	25,09 ± 0,36 a
Carboidratos totais	70,00 ± 0,11 a	70,92 ± 0,35 a
FAT*	11,28 ± 1,88 a	5,57 ± 0,65 b
FAS*	1,36 ± 1,01 a	1,86 ± 0,63 a
FAI*	9,91 ± 0,89 a	4,01 ± 0,19 b
VET*	348,50 ± 0,23 a	372,23 ± 0,35 b

T13 (120 °C, 500 rpm e 14%); * FAT, fibra alimentar total; FAS, fibra alimentar solúvel; FAI, fibra alimentar insolúvel e VET, valor energético total. **Valores de médias (g 100 g⁻¹); umidade e cinzas (%); VET (Kcal 100 g⁻¹) ± desvio padrão. Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Quanto aos teores de cinzas, observou-se diferença significativa (p≤0,05) entre a FCT e o *snack* T13. O valor obtido no presente estudo foi 3,02 g 100 g⁻¹ para farinha de cotilédones, semelhante ao encontrado por Elhardallou et al. (2015), 3,87 g 100 g⁻¹ em farinha de cotilédones desengordurada. Para o *snack* T13 obteve-se valor de 2,82 g 100 g⁻¹, menor do que o teor obtido por Anjos et al. (2016), 4,76 g 100 g⁻¹ na análise de produtos extrusados de feijão-caupi tipo fradinho. O valor de cinzas encontra-se dentro do limite máximos de resíduo mineral fixo (3,0%) estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2005).

Os teores de lipídios da farinha de cotilédones e do *snack* T13 apresentaram diferença significativa (p≤0,05) e mostraram valores de 1,68 g 100 g⁻¹ e 1,29 g 100 g⁻¹, respectivamente. Estes apresentaram um baixo conteúdo de lipídios em comparação com outros nutrientes. O teor obtido neste estudo para farinha de cotilédone e *snack* de feijão-caupi, foi semelhante aos quantificados por Anjos et al. (2016), 1,47 e 1,32 g 100 g⁻¹, respectivamente. Gbeny et al. (2016) também relataram teores semelhantes, 1,55 a 1,75 g 100 g⁻¹, em extrusado de sorgo e feijão-caupi. Entretanto, Ojokoh e Fagbemi (2016) obtiveram teores maiores de lipídios, 2,19 a 5,50 g 100 g⁻¹, em extrusados de feijão-caupi e banana. E Danbaba et al. (2016) obtiveram valores bem menores em estudo com extrusado de feijão-caupi e arroz, 0,04 a 0,6 g 100 g⁻¹.

No tocante aos resultados, o teor de proteínas na farinha de cotilédones e do *snack* T13 não apresentou diferença significativa, 25,28 e 25,09 g 100 g⁻¹ (Tabela 3). Resultados semelhantes foram reportados por Anjos et al. (2016), 28,52 e 25,33 g 100 g⁻¹ para farinha de feijão-caupi e *snack*, respectivamente.

A redução do teor proteico do *snack* T13 em relação a farinha de cotilédones pode ser atribuída ao processamento térmico, em virtude da desnaturação de fatores de natureza proteica. (BRITO et al., 2008). No entanto, vale ressaltar que, embora o processo de extrusão não tenha causado redução drástica nos teores de proteínas, podem ocorrer alterações nas suas propriedades físicas devido a ação da temperatura, pressão e força mecânica (RUIZ-RUIZ et al., 2008). De acordo com a RDC N.º 268, de 22 de setembro de 2005, o teor de proteínas apresentado pelo *snack* T13 (25,09 g 100 g⁻¹) permite considerá-lo como um produto com alto teor de proteínas para crianças de 1 a 3 anos, pois apresentou teor maior ao valor de referência 13g 100 g⁻¹ de alimento (BRASIL, 2005).

O teor de carboidratos totais da farinha de cotilédones e do *snack* T13 deste estudo foi de 70,00 e 70,92 g 100 g⁻¹, respectivamente, os quais foram maiores que os obtidos por outros autores, como Bassinello (2010) e Carvalho et al. (2012), que relataram os carboidratos como sendo os principais constituintes dos feijões, ocupando até 60% da sua composição total. Diferentemente, Ojokoh e Fagbemi (2016) observaram uma redução no teor de carboidratos dos extrusados em relação à matéria-prima, 72,66 e 82,80 g 100 g⁻¹, respectivamente.

Os teores de fibra alimentar total obtidos na farinha de cotilédones e *snack* T13, apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$), observa-se que o processo de extrusão causou uma redução de 52% no teor de fibras do *snack* T13 em relação a farinha de cotilédones. Comportamento semelhante foi observado por Arribas et al. (2017), que relataram uma redução de 30% no teor de fibra alimentar total de *snack* à base de misturas de farinha de arroz, ervilha e alfarroba em relação a matéria-prima.

Apesar da redução no teor de FAT na sua constituição, o *snack* T13 (Tabela 3) pode ser considerado como fonte de fibras, segundo a RDC 54 de 2012 (BRASIL, 2012), um alimento sólido é fonte de fibras quando contém no mínimo 2,5 g 100 g⁻¹ de fibras e rico em fibras quando constituído de no mínimo 5,0 g 100 g⁻¹.

O teor de fibra alimentar insolúvel e o teor de fibra alimentar solúvel diminuiu e aumento, respectivamente, com a extrusão. Resultados similares foram encontrados por Bassinello et al. (2020), que também relataram aumento no teor de FAS em farinha integral de feijão comum após o processo de extrusão, e Berrios et al. (2010) em produto extrusado à base de lentilha e ervilha seca.

As perdas são devidas à ocorrência de alterações na composição química e nos efeitos fisiológicos das fibras alimentares decorrentes do processo de extrusão, causando mudanças na

solubilidade e na proporção entre fibra solúvel e insolúvel. Segundo Ascheri et al. (2006), durante a extrusão pode ocorrer a solubilização da fibra insolúvel e aumento da solúvel de algumas fontes alimentares, dependendo da severidade do processo (alta temperatura, alta velocidade do parafuso e baixo teor de umidade). De acordo com Souza e Leonel (2010), esse efeito pode ser resultado do rompimento de ligações covalentes e não covalentes entre carboidratos e proteínas associados às fibras, resultando em pequenos fragmentos moleculares, os quais poderiam ser mais solúveis.

O valor energético total (VET) da farinha de cotilédones e do *snack* T13 apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$), havendo um aumento após o processo de extrusão, com médias de 348,50 e 372,52 Kcal 100 g⁻¹, respectivamente.

No geral, quando o *snack* T13 de farinha de cotilédones de feijão-caupi é comparado com outros *snacks* tradicionalmente comercializados (Tabela 4), observa-se que o produto obtido neste estudo apresenta um diferencial em relação a outras opções do mercado, incluindo uma composição com teores nutricionais atrativos, baixo teor de gordura e maior teor proteico. Ressalta-se ainda, que por não apresentar glúten em sua composição, o *snack* de farinha de cotilédones de feijão-caupi pode ser consumido sem restrição por celíacos ou intolerantes à proteína do glúten, possibilitando manter o hábito de consumo de *snacks* escolhendo uma versão mais saudável.

Tabela 4. Comparação entre a composição nutricional obtida para o *snack* de feijão-caupi e as informações nutricionais presente em rótulos de *snacks* comerciais de feijão preto, branco e de milho.

Composição	<i>Snack</i> de feijão preto*	<i>Snack</i> de milho*	<i>Snack</i> de feijão-caupi
Lipídios	7,50 g	6,72 g	0,38 g
Proteínas	5,35 g	1,80 g	7,52 g
Carboidratos	16,07 g	19,20 g	21,27 g
VET*	150 kcal	144 kcal	111,66 kcal
Fibra alimentar	5,35 g	0 g	1,76 g

* Informações contidas nas embalagens dos produtos. Valores informados considerando a porção de 30 g para cada *snack*.

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

3.5 Minerais

O conteúdo de minerais das amostras da farinha de cotilédones e *snack* T13, estão apresentados na Tabela 5. As médias dos teores de fósforo da farinha de cotilédones e do *snack*

T13 não diferiram estatisticamente entre si, sendo que o *snack* T13 apresentou menor média (365,65 mg 100g⁻¹) em relação à farinha de cotilédones (369,56 mg 100g⁻¹).

A concentração de sódio na farinha de cotilédones e no *snack* T13 não diferiu estatisticamente, no entanto o processo de extrusão causou uma leve redução no teor verificado no *snack* T13 (Tabela 5). Segundo Iqbal et al. (2006), diariamente uma grande quantidade de sódio é adicionado na alimentação na forma de cloreto de sódio, portanto a concentração elevada de sódio não é apreciável no *snack*.

Tabela 5. Composição mineral da farinha de cotilédones (FCT) e produto extrusado (*Snack* T13).

Mineral*	FCT	<i>Snack T13</i>
P	365,65 ± 4,52a	369,56 ± 8,55a
Na	19,78 ± 0,10a	19,62 ± 0,36a
K	1154,02 ± 16,74a	1144,37 ± 22,75a
Ca	30,95 ± 3,69a	2,09 ± 0,10b
Mg	161,42 ± 12,59a	185,03 ± 16,35a
Fe	4,103 ± 0,05a	4,94 ± 0,07b
Zn	4,25 ± 0,07 ^a	4,06 ± 0,01a
Cu	0,46 ± 0,03 ^a	0,50 ± 0,07a
Mn	0,59 ± 0,06 ^a	1,02 ± 0,02b

T13 (120 °C, 500 rpm e 14%); *Valores de médias em base seca (mg 100g⁻¹) ± desvio padrão. Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Para o potássio (K), os teores observados foram de 1154,02 e 1144,37 mg 100g⁻¹ para farinha de cotilédones e *snack* T13, respectivamente (Tabela 5). Esses teores corroboram com o obtido por Carvalho et al. (2012) para o grão de feijão-caupi integral, que foi de 1106,00 mg 100g⁻¹.

A média para a concentração de cálcio no *snack* T13 foi de 2,09 mg 100g⁻¹ (Tabela 5). A farinha de cotilédones apresentou concentração maior (30,95 mg 100g⁻¹). O processo de extrusão provocou uma grande redução, cerca de 93%, na concentração de Ca no *snack* T13.

O teor médio de magnésio no *snack* T13 foi 185,03 mg 100g⁻¹ (Tabela 5) não diferindo da farinha de cotilédones (161,42 mg 100g⁻¹), porém houve um aumento no teor obtido no *snack* T13 em relação a farinha de cotilédones.

A cultivar BRS Tumucumaque utilizada no presente estudo é biofortificada em ferro e zinco. Quanto aos teores destes minerais, o teor de ferro da farinha de cotilédones foi de 4,10 mg 100g⁻¹ (Tabela 5), menor do que o teor reportado por Carvalho et al. (2012) para o grão da

mesma cultivar de feijão-caupi (7,5 mg 100g⁻¹). O *snack* T13 apresentou um aumento no teor de ferro em relação à farinha de cotilédones, diferindo estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$). O maior conteúdo de ferro no produto extrusado pode ter sido decorrente do atrito que alimentos com alto teor de fibra tem com a rosca e o canhão do extrusor, durante a extrusão (LACERDA et al., 2010). Estes valores observados mostram que o *snack* T13 se apresenta como produto com elevado teor de ferro, atingindo 33% da ingestão diária recomendada para adultos e elevado teor de Zn, suprimindo 40,6% da ingestão diária. Conforme a RDC nº 269 de 22 de setembro de 2005, regulamento técnico referente à informação nutricional complementar, alimentos fonte de minerais são aqueles com mínimo de 15% da IDR 100g⁻¹ do produto pronto e alimentos com elevado teor, apresentam um mínimo de 30% da IDR 100g⁻¹ no produto. Para adultos, a ingestão diária recomendada de Fe é de 15 mg dia⁻¹ e de Zn é de 10 mg dia⁻¹ (BRASIL, 2005).

Para o teor de zinco, os valores observados para a FCT e o *snack* T13 não apresentaram diferença estatística entre si ($p \leq 0,05$), com média de 4,06 mg 100g⁻¹ para o *snack* T13 e 4,25 mg 100g⁻¹ para FCT (Tabela 5). Teores maiores ao relatado por Carvalho et al. (2012), para o grão integral da mesma, que obtiveram valor de cultivar 3,6 mg 100g⁻¹. O processo de extrusão promoveu pequena redução desse mineral no extrusado, como pode ser constatado na comparação entre as médias da FCT com o *snack* T13.

As médias da farinha de cotilédones e do *snack* T13 não diferiram estatisticamente entre si para a concentração de cobre (Tabela 5). Os teores observados foram de 0,46 mg 100g⁻¹ para a farinha de cotilédones e 0,50 mg 100g⁻¹ para o *snack* T13, evidenciando que o processo de extrusão não interferiu no teor de cobre. O teor de manganês apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre a matéria prima e o *snack* T13, com um aumento de cerca 79% no teor deste mineral no produto extrusado.

3.6 Perfil de aminoácidos

Comparando-se a composição de aminoácidos da farinha de cotilédones (FCT) e do *snack* T13 (Tabela 6), pode-se verificar uma pequena redução nos teores dos aminoácidos do *snack* T13 em relação à FCT, exceto para o aminoácido triptofano. Contudo, não houve diferença estatística significativa entre a maior parte de aminoácidos determinados na FCT e *snack* T13, com exceção dos aminoácidos sulfurados, metionina + cisteína, lisina e arginina, onde se constatou diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

Os perfis de aminoácidos da FCT e do *snack* T13 apresentaram todos os aminoácidos essenciais. Não obstante, a matéria-prima foi deficiente em triptofano e valina. O *snack* T13 mostrou-se diferente em relação a seus aminoácidos limitantes, apresentando triptofano, leucina, valina e metionina + cisteína, em relação ao padrão de referência (Tabela 6).

Tabela 6. Perfil de aminoácidos da farinha de cotilédones (FCT), *snack* T13 e padrão de referência (WHO, 2007).

Aminoácidos	FCT	<i>Snack</i> T13	Padrão de referência ¹
Histidina	2,07 ± 0,05 ^a	1,93 ± 0,02a	1,5
Isoleucina	2,83 ± 0,10 ^a	2,73 ± 0,04a	2,7
Leucina	5,54 ± 0,18 ^a	5,34 ± 0,07a	5,4
Lisina	5,51 ± 0,23 ^a	4,51 ± 0,06b	4,5
Metionina	2,63 ± 0,04 ^a	1,95 ± 0,02b	2,2 ³
Cisteína	0,25 ± 0,00a	0,12 ± 0,00b	
Fenilalanina	4,10 ± 0,10 ^a	4,01 ± 0,05a	4,0 ⁴
Tirosina	2,40 ± 0,05 ^a	2,33 ± 0,03a	
Treonina	2,68 ± 0,09 ^a	2,50 ± 0,02a	2,3
Triptofano	0,56 ± 0,01 ^a	0,57 ± 0,00a	0,64
Valina	3,41 ± 0,11 ^a	3,31 ± 0,04a	3,6
Serina	7,84 ± 0,28 ^a	7,45 ± 0,09a	
Ácido glutâmico	4,10 ± 0,09 ^a	3,98 ± 0,04a	
Glicina	15,52 ± 0,56 ^a	15,05 ± 0,13a	
Arginina	2,28 ± 0,03 ^a	2,20 ± 0,03a	
Alanina	5,38 ± 0,28 ^a	4,64 ± 0,05b	
Prolina	2,86 ± 0,09 ^a	2,78 ± 0,02a	
Histidina	3,11 ± 0,08 ^a	2,91 ± 0,03a	

T13 (120 °C, 500 rpm e 14%) Valores das médias em base seca (g 100g⁻¹ de proteína) ± desvio padrão. Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p≤0,05).

¹Padrão de referência em (g 100g⁻¹ para ingestão diária) FAO/WHO/UNU para crianças de 1 a 2 anos de idade (WHO, 2007). ²(Met+Cys); ³(Phe+Tyr). Valores sombreados correspondem aos aminoácidos que, se encontram limitantes nas farinhas.

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

Os valores das médias dos aminoácidos do *snack* T13 revelaram baixos teores de aminoácidos sulfurados (metionina + cisteína) 2,07 g 100g⁻¹ de proteína (Tabela 6), valores abaixo do padrão de referência (2,2 g 100g⁻¹ de proteína) para crianças de 1 a 2 anos de idade (WHO, 2007). No entanto, estes valores foram maiores aos obtidos por Anjos et al. (2016), que encontram média de 0,59 g 100g⁻¹ de proteína analisando produtos extrusados de feijão-caupi do tipo fradinho. Com base nestas informações podemos afirmar que a ingestão do *snack* estudado deve ser suplementada com a utilização de outras fontes de aminoácidos essenciais para que sejam obtidos teores adequados para suprir as necessidades diárias. Filli et al. (2011)

analisando diferentes formulações de produto extrusado a base de milho e feijão-caupi, obtiveram uma variação de 1,34 a 3,77 g 100g⁻¹ de proteína para aminoácidos sulfurados (metionina + cisteína). Essa variação também foi observada por Gbenyi et al. (2016) 2,25 a 3,89 g 100g⁻¹ de proteína em produto extrusado de sorgo e feijão-caupi. Danbaba et al. (2016) 1,99 a 2,99 g 100g⁻¹ de proteína em extrusado de arroz e feijão-caupi.

De acordo com Sousa (2010) e Gbenyi et al. (2016), a deficiência de aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína) em feijão-caupi, já é conhecido, sendo necessário a combinação com cereais para que se obtenha uma dieta com conteúdo de aminoácidos essenciais adequado aos requisitos nutricionais da espécie humana.

Observa-se que o processo de extrusão acarretou uma redução em torno de 18% no teor de lisina do *snack* T13 em relação à FCT; esse decréscimo está associado com a termolabilidade deste aminoácido. Entretanto, o teor obtido deste aminoácido no *snack* T13 (4,51 g 100g⁻¹ de proteína) atendendo aos requerimentos mínimos estabelecidos para crianças de 1 a 2 anos de idade (WHO, 2007). Estes resultados mostram que a lisina não foi afetada, em nível crítico, pelo processo de extrusão. O teor de lisina obtido no presente estudo foi maior ao apresentado por Anjos et al. (2016) 1,56 g 100g⁻¹ de proteína para extrusado de feijão-caupi do tipo fradinho. Os autores também observaram uma redução de aproximadamente 9% no teor de lisina do produto extrusado (1,56 g 100g⁻¹ de proteína) em relação a farinha de feijão-caupi integral (1,56 g 100g⁻¹ de proteína). Segundo Tiwari e Jha et al. (2017) perda de lisina depende diretamente das condições de extrusão. Em particular, aumenta com o aumento da temperatura.

Os aminoácidos predominantes na FCT e no *snack* T13 foram ácido aspártico, ácido glutâmico e leucina, com ênfase ao expressivo teor de ácido glutâmico. Anjos et al. (2016) relataram os mesmos aminoácidos como predominantes na farinha de feijão-caupi integral e no produto extrusado. Filli et al. (2011), Gbenyi et al. (2016) e Danbaba et al. (2016) obtiveram a leucina como aminoácido de maior teor entre os aminoácidos analisados em produto extrusado a base de milho e feijão-caupi, produto extrusado de sorgo e feijão-caupi, e extrusado de arroz e feijão-caupi, respectivamente.

3.6 Fatores antinutricionais

Verificou-se que as médias dos teores de taninos condensados (flavonóis) da FCT e do *snack* T13 apresentaram diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$), com 7,44 e 2,59 mg EC 100 g⁻¹, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7. Fatores antinutricionais da farinha de cotilédones (FCT) e *snack* T13.

Fator antinutricional	FCT	<i>Snack</i> T13
Taninos condensados (mg EC 100 g ⁻¹)	7,44 ± 0,27a	2,59 ± 0,00b
Ácido fítico (mg g ⁻¹)	9,35 ± 0,03a	5,99 ± 0,00b

*Valores das médias ± desvio padrão; EC, equivalente de Catequina; Ácido fítico expresso em mg. g⁻¹ de ácido fítico; médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

O processo de extrusão promoveu uma redução de 65% no conteúdo de taninos do *snack* T13 em relação à matéria-prima (FCT), conferindo eficácia na redução do teor deste componente no *snack*. Esse resultado ratifica a afirmação de Pasqualone et al. (2020) de que o conteúdo de taninos de várias leguminosas, como feijão branco, grão de bico, feijão-caupi e lentilha, pode ser reduzido pela extrusão com decréscimos variando de 31 a 76% comparado com legumes crus.

Makinde e Abolarin (2020) avaliando farinha de cotilédones sob diferentes métodos de processamento observaram uma redução nos teores de taninos. Os autores relataram que o cozimento em água, torrefação e autoclavagem afetaram os teores de taninos condensados causando uma redução de 33,2% a 38,80%, 48,54% a 60,53% e 56,6% a 61,0%, respectivamente, em relação à farinha de cotilédones crua.

Para os teores de ácido fítico, observaram-se maiores teores para a FCT, 9,35 mg g⁻¹, havendo diferença estatística significativa (p≤0,05), onde o *snack* T13 apresentou menor teor, com 5,99 mg g⁻¹. O processo de extrusão aplicado neste trabalho ocasionou diminuição de 36% no teor de ácido fítico. Batista et al. (2010) também observaram uma redução de 33% no teor de ácido fítico da farinha de feijão-caupi integral extrusada.

Essa redução no teor de ácido fítico pode ser explicada em função da degradação parcial da molécula desse ácido durante o processo de extrusão, pois a temperatura associada a pressão no interior do equipamento pode ocasionar hidrólise do ácido fítico em intermediários de menor peso molecular que podem se complexar com outros componentes e dificultar sua detecção (ANTON et al., 2009; BATISTA et al., 2010). A redução do teor de ácido fítico em alimentos é interessante, uma vez que este composto forma complexos insolúveis com minerais diminuindo sua biodisponibilidade (ALMEIDA et al., 2008).

Apesar do processo de extrusão aplicado no presente trabalho não eliminar completamente o conteúdo de ácido fítico, o teor subsistente pode ser considerado adequado,

pois foi menor ao encontrado em diversos produtos elaborados com diferentes cereais, feijão-comum (*P. vulgaris*) e feijão-caupi quando submetidos a outros métodos de processamento.

Estudos mostram que há evidências de que a presença do ácido fítico em baixos teores, pode ter papel benéfico como antioxidante, anticancerígenos e provavelmente desempenham um papel importante no controle da hipercolesterolemia e aterosclerose (ADEPARUSI, 2001; MAKINDE E ABOLARIN, 2020; SAMTIYA ET AL, 2020).

3.7 Digestibilidade proteica *in vitro*

Os valores de digestibilidade proteica *in vitro* da farinha de cotilédones (FCT) e do *snack* T13 são apresentados na Tabela 8. Verificou-se que as médias de digestibilidade da FCT e do *snack* T13 apresentaram diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$), com 78,23 e 88,87 %, respectivamente.

Tabela 8. Digestibilidade proteica *in vitro* da farinha de cotilédones (FCT) e *snack* T13.

	Digestibilidade proteica %
FCT	78,23 ± 0,24b
<i>Snack</i> T13	88,87 ± 0,49a

*Valores das médias ± desvio padrão; EC, equivalente de Catequina; ácido fítico expresso em mg g⁻¹ de ácido fítico; médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina, 2020.

A digestibilidade proteica encontrada para a FCT foi maior que os valores obtidos por Carvalho et al. (2012), que observaram digestibilidade *in vitro* variando de 29,4 a 44,1% em sete genótipos de feijão-caupi, para farinha de grão integral, onde observaram 38,18% de digestibilidade para a farinha de grão integral da mesma cultivar utilizada no presente estudo (BRS Tumucumaque). Jakkanwar et al. (2018), estudando uma variedade local do mercado de Mumbai, Índia, obtiveram 56% de digestibilidade *in vitro* para farinha de grãos integrais de feijão-caupi; Teka et al. (2020) e Naidoo et al. (2017) observaram em farinhas grãos integrais de feijão-caupi uma variação de 68 a 73% e 52,10 a 60,80% de digestibilidade *in vitro*, respectivamente.

Essas diferenças nos percentuais de digestibilidade proteica *in vitro* em feijão-caupi deste estudo entre os demais podem ser influenciadas pelas diferenças genéticas, composição química, fatores ambientais ou método analítico. Entretanto, pode-se afirmar que no presente estudo essa diferença está relacionada principalmente à FCT ser uma farinha de cotilédones

descorticada. Segundo Khalid e Elharadallou (2016) e Naidoo et al. (2017) o tegumento do feijão-caupi é conhecido por conter componentes antinutrientes que, quando reduzido no processamento, melhoram a digestibilidade da proteína.

O percentual da digestibilidade *in vitro* da proteína do *snack* T13 (88,87%) teve aumento de 13,6% em relação a FCT. A melhoria na digestibilidade da proteína pode ser devido à redução ou inativação parcial dos fatores antinutricionais presentes na FCT pelo processo de extrusão, uma vez que fatores antinutricionais como: polifenóis, ácido fítico e taninos condensados, estão associados à baixa digestibilidade das proteínas do feijão-caupi.

Este comportamento corrobora com outros autores que também observaram melhoria na digestibilidade da proteína em produtos extrusados de feijão-caupi. Batista et al. (2010) observaram digestibilidades da proteína de farinhas de feijão-caupi crua e extrusada de 28,39 e 44,24%, respectivamente, onde a farinha extrusada teve aumento de 55,9% na digestibilidade em relação à farinha crua; Jakkanwar et al. (2018) obtiveram um percentual de digestibilidade proteica variando de 76,09 a 84,95% em *snacks* de farinha integral de feijão-caupi, um aumento de 51% em relação à digestibilidade verificada na matéria-prima.

4. CONCLUSÕES

O *snack* obtido a partir da farinha de cotilédones de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque apresenta um grande potencial nutritivo, sensorial e funcional. É fonte de proteínas, aminoácidos essenciais, fibras alimentares, carboidratos e de minerais, com destaque para as concentrações de ferro e zinco. Apresenta ainda, melhoria na digestibilidade proteica, menores teores de antinutricionais e bons teores de compostos fenólicos.

A farinha de cotilédones de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque possui atributos desejáveis no desenvolvimento de *snacks* e constitui-se uma boa alternativa na produção e melhoria da qualidade nutricional desse tipo de produto extrusado, uma ótima opção de lanche saudável, podendo ser consumido por celíacos, intolerantes à lactose e veganos.

5. REFERÊNCIAS

- ADEPARUSI, E. O. Effect of processing on the nutrients and anti-nutrients of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) flour. **Nahrung**, v. 45, n. 2, p. 94-96, 2001. [https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20010401\)45:2<94:AID-FOOD94>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20010401)45:2<94:AID-FOOD94>3.0.CO;2-E)
- ALMEIDA, D. T.; GREINER, R.; FURTUNADO, D. M. N.; TRIGUEIRO, I. N. S.; ARAUJO, M. P. N. Content of some antinutritional factors in bean cultivars frequently consumed in Brazil. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n. 2, p. 243-249, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01426.x>
- ALMEIDA, E. L.; MARANGONI, A. L.; STEEL, C. J. Starches from non - conventional sources to improve the technological characteristics of pound cake. **Ciência Rural**, v. 43, n. 11, p. 2101-2108, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013001100028>
- AKESON, W. R.; STAHPMAN, M. A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **The Journal of Nutrition**, v. 83, n. 3, p. 257-261, 1964. <https://doi.org/10.1093/jn/83.3.257>
- ANJOS, F. DOS; VAZQUEZ-ANON, M.; DIERENFELD, E. S.; PARSONS, C. M.; CHIMONYO, M. Chemical composition, amino acid digestibility, and true metabolizable energy of cowpeas as affected by roasting and extrusion processing treatments using the cecectomized rooster assay. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 25, n. 1, p. 85-94, 2016. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv069>
- ANTON, A. A.; FULCHER, R. G.; ARNTFIELD, S. D. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 113, n. 4, p. 989-996, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.050>
- AOAC, Official Method 985.29 Total Dietary Fiber in Foods. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16^a ed., 3^a rev. Gaithersburg: Published by AOAC International, 1997.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th ed. Washington DC, 2005. AOAC International (2005) rev. 2010.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18 th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18 th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2010.

ARRIBAS, C.; CABELLOS, B.; SÁNCHEZ, C.; CUADRADO, C.; GUILLAMÓN, E.; PEDROSA, M. M. The impact of extrusion on the nutritional composition, dietary fiber and *in vitro* digestibility of gluten-free snacks based on rice, pea and carob flour blends. **Food Function**, v. 8, n. 10, p. 3654-3663, 2017. <https://doi.org/10.1039/c7fo00910k>

ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 325-335, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000200015>

BARROS, N. V. A.; ROCHA, M. M.; GLÓRIA, M. B. A.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Effect of cooking on the bioactive compounds and antioxidant activity in grains cowpea cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5 (Especial), p. 824-831, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170097>

BARROS, N. V. A.; ABREU, B. B.; ARAUJO, M. A. M.; ROCHA, M. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Conteúdo de bioativos e atividade antioxidante em cultivares de feijão-caupi antes e após o cozimento. In: ANDRADE, D. F (ed.). **Ciência e tecnologia dos alimentos - Volume 2**. Belo Horizonte, MG: Poisson, 2019. Cap. 15. p. 93-96.

BASSINELLO, P. Z. **Pós-produção, qualidade dos grãos de feijão**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_2_28102004161635.html>.

BASSINELLO, P. Z.; BENTO, J. A. C.; GOMES, L. DE O. F.; CALIARI, M.; OOMAH, B. D. Nutritional value of gluten-free rice and bean based cake mix. **Ciência Rural**, v. 50, n. 6, p. 1-11, 2020. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190653>

BATISTA, K. A.; PRUDENCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the biochemical and functional properties of the extruded hard-to-cook cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.).

International Journal of Food Science and Technology, v. 45, n. 4, p. 794-799, 2010.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02200.x>

BERRIOS, J.; ASCHERI, J. L. R.; LOSSO, J. N. Extrusion processing of dry beans and pulses. In: SIDDIQ, M.; UEBERSAX, M. A. (Ed.) **Dry beans and pulses: Production, Processing and Nutrition**. Iowa: Wiley-Blackwell, 2013. 398p. Chapter 8: p.185-203.
<https://doi.org/10.1002/9781118448298.ch8>

BERRIOS, J.; MORALES, P.; CÁMARA, M.; SÁNCHEZ-MATA, M. C. Carbohydrate composition of raw and extruded pulse flours. **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 531-536, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.035>

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Resolução nº. 54 de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília. DF. 19 de novembro de 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Resolução nº 269 de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília. DF. 22 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília. DF. 22 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Resolução nº 268, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o regulamento técnico para produtos proteicos de origem vegetal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília. DF. 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. CNNPA. Resolução nº 12, março de 1978. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre os padrões

de identidade e qualidade para os alimentos e bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília. DF, 12 de julho de 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília. DF, 12 de dezembro 2012.

BRITO, E. S. DE. (ed.). **Feijão-caupi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 97p.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avaliação da qualidade tecnológica de *snacks* obtidos por extrusão de grão integral de amaranto ou de farinha de amaranto desengordurada e suas misturas com fubá de milho. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 21-29, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232012000100003>

CARMO, C. S.; VARELA, P.; POUDROUX, C.; DESSEV, T.; MYHRER, K.; RIEDER, A.; ZOBEL, H.; SAHLSTROM, S.; KNUTSEN, S. H. The impact of extrusion parameters on physicochemical, nutritional and sensorial properties of expanded snacks from pea and oat fractions. **LWT- Food Science and Technology**, v. 112, p. 1-12, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108252>

CARVALHO, A. F. U.; SOUSA, N. M.; FARIAS, D. F.; ROCHA-BEZERRA, L. C. B.; SILVA, R. M. P.; VIANA, M. P.; GOUVEIA, S. T.; SAMPAIO, S. S.; SOUSA, M. B.; LIMA, G. P. G.; MORAIS, S. M.; BARROS, C. C.; FREIRE-FILHO, F. R. Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1-2, p. 81-88, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.01.005>

CARVALHO, A. V.; BASSINELLO, P. Z.; MATTIETTO, R. A.; CARVALHO, R. N.; RIOS, A. O.; SECCADIO, L. L. Processamento e caracterização de *Snacks* extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 72-83, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232012000100008>

CAVALCANTE, R. B. M.; ARAÚJO, M. A. M.; ROCHA, M. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Effect of thermal processing on chemical compositions, bioactive compounds, and

antioxidant activities of cowpea cultivars. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p1050-1058, 2017. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n426rc>

DANBABA, N.; IRO, N.; MAMUDU, H. B. Application of response surface methodology (RSM) for the production and optimization of extruded instant porridge from broken rice fractions blended with cowpea. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 5, n. 2, p. 105-116, 2016. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20160502.13>

DEENANATH, E. D.; EGAL, A. Food extrusion technology: initiatives to address food and nutrition insecurity in south Africa. **Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences**, v. 7, n. 3, p.116-123, 2017. <https://doi.org/10.6000/1927-5951.2017.07.03.7>

DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 2013. 531 p.

ELHARDALLOU, S. B.; KHALID, I. I.; GOBOURI, A. A.; ABDEL-HAFEZ, S. H. Amino acid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) flour and its protein isolates. **Food and Nutrition Sciences**, v. 6, n. 9, p. 790-797, 2015. <https://doi.org/10.4236/fns.2015.69082>

FILLI, K. B.; NKAMA, I.; JIDEANI, V. A.; ABUBAKAR, U.M. Application of response surface methodology for the study of composition of extruded millet-cowpea mixtures for the manufacture of fura: A Nigerian food. **African Journal of Food Science**, v. 5, n. 17, p. 884-896, 2011. <https://doi.org/10.5897/AJFS11.169>

FREIRE FILHO, F. R. (ed.). **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2011. 84 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. F.; VIEIRA, P. F.M. J. Cultura: aspectos socioeconômicos. In: DO VALE, J. C.; BERTINI, C. H. M.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 9-34.

FREITAS, S. C.; SILVA, T. S.; CARVALHO, P. G. B.; TUPINAMBÁ, D. D.; KOAKUZU, S. N.; CARVALHO, A. V.; MOURA, C. F. H. **Procedimento operacional padrão para determinação de fibras solúvel e insolúvel**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2008. 28p. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Documentos, 94).

GBENYI, D.I.; NKAMA, I.; BADAU, M.H.; IDAKWO, P.Y. Effect of extrusion conditions on nutrient status of ready-to-eat breakfast cereals from sorghum-cowpea extrudates. **Journal of Food Processing & Beverages**. v. 4, n. 1, p. 1-8, 2016. <https://doi.org/10.13188/2332-4104.1000015>

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins. characterization and measurement with UV-Visible Spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 2005. v. 1, cap. 2, p. 1-13. <https://doi.org/10.1002/0471709085.ch18>

GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; VILLEGAS-OCHOA, M. A.; MARTINEZ-TELLEZ, M. A.; GARDEA, A.A.; AYALA-ZAVALA, J. F. Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 3, p. 197-202, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00295.x>

IQBAL, A.; KHALIL, I. A.; ATEEQ, N.; KHAN, M. S. Nutrition quality of important food legumes. **Food Chemistry**, v. 97, n. 2 p. 331-335, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.011>

JAKKANWAR, S. A.; RATHOD, R.; ANNAPURE, U. S. Development of cowpea-based (*Vigna unguiculata*) extruded Snacks with improved *in vitro* protein digestibility. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 2, p. 804-813, 2018.

KHALID, I. I.; ELHARDALLOU, S. B. Factors that compromise the nutritional value of cowpea flour and its protein isolates. **Food and Nutrition Sciences**, v. 7, n. 2, p. 112-121, 2016. <https://doi.org/10.4236/fns.2016.72013>

KHRISANAPANT, P.; KEBEDE, B.; LEONG, S. Y.; OEY, I. A Comprehensive characterization of volatile and fatty acid profiles of legume seeds. **Foods**. v. 8, n.12, p. 651, 2019. <https://doi.org/10.3390/foods8120651>

KIM, D. O.; LEE, K. W.; LEE, H. J.; LEE, C. Y. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolics phytochemicals. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 50, n. 13, p. 3713-3717, 2002. <https://doi.org/10.1021/jf020071c>

LACERDA, D.B.C.L.; SOARES JÚNIOR, M. S.S.; BASSINELO, P. Z.; CASTRO, M. V. L.; SILVA-LOBO, V. L.; CAMPOS, M. R. H.; SIQUEIRA, B. S. Qualidade de farelos de arroz cru, extrusado e parbolizado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 521-530, 2010. <https://doi.org/10.5216/pat.v40i4.7266>

LANDIM, L. A. S.; PESSOA, M. L. S. B.; BRANDÃO, A. C. M. S.; MORGANO, M. A.; ARAÚJO, M. A. M.; ROCHA, M. M.; ARÊAS, A. C. A. S.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Impact of the two different iron fortified cookies on treatment of anemia in preschool children in Brazil. **Nutrición Hospitalaria**, v. 33, n. 5, p. 1142-1148, 2016. <https://doi.org/10.20960/nh.579>

MAKINDE, F. M.; ABOLARIN, O. O. Effect of Post-Dehulling Treatments on Anti-Nutritional and Functional Properties of Cowpea (*Vigna unguiculata*) Flour. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 24, n. 9, p. 1641-1647, 2020. <https://dx.doi.org/10.4314/jasem.v24i9.23>

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; SAMPAIO, G. R.; SOARES, R. A. M.; SILVA, C. P.; ARAÚJO, M. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Identification and quantification of phenolic compounds and antioxidant activity in cowpeas of BRS Xiquexique cultivar. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 209-216, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n124rc>

NAIDOO, T.; GERANO, A. S.; MELLEM, J. J. The effect of processing on *in vitro* protein and starch digestibility and predictive glycemic index of five *Vigna unguiculata* (cowpea) Cultivars. The Annals of the University Dunarea De Jos of Galati. Fascicle VI - **Food Technology**, v. 41, n. 2, p. 31-41, 2017.

NEVES, A. C.; CAMARA, J. A. S.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; ATHAYDE SOBRINHO, C. **Cultivo do feijão-caupi em sistema agrícola familiar**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 15p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 51).

OJOKOH, A. O.; FAGBEMI, A. O. Effects of fermentation and extrusion on the proximate and organoleptic properties of cowpea-plantain flour blends. **British Microbiology Research Journal**, v. 13, n. 4, p. 1-13, 2016. <https://doi.org/10.9734/BMRJ/2016/23495>

PARVEZ, R.; SINGH, K.; YADAV, V.; SINGH, L. Effect of various processing treatments on total flavonoid content of different varieties of cowpea. **The Pharma Innovation Journal**, v. 8, n. 6, p. 203-210, 2019.

PASQUALONE, A.; COSTANTINI, M.; COLDEA, T.E.; SUMMO, C. Use of legumes in extrusion cooking: A Review. **Foods**, v. 9, n. 7, p. 1-17, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9070958>

PRICE, M. L.; SCOYOC, S. V.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978. <https://doi.org/10.1021/jf60219a031>

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; PÉREX-JIMÉNEZ, J.; SAURA CALIXTO, F.; BRITO, E. S.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>

RUIZ-RUIZ, J.; MARTINEZ-AYALA, A.; DRAGO, S.; GONZALEZ, R.; BATANCURANCONA, D.; CHEL-GUERRERO, L. Extrusion of a hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and quality protein maize (*Zea mays* L.) flour blend. **Food Science and Technology**, London, v. 41, n. 10, p. 1799-1807, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.01.005>

SAMTIYA, M.; ALUKO, R. E.; DHEWA, T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. **Food Production, processing and nutrition**, v. 2, n. 6, p. 1-14, 2020. <https://doi.org/10.1186/s43014-020-0020-5>

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA, A.C.; SANTOS, D.C.; TEIXEIRA-JÚNIOR, D.L.; SILVA, P.B.; SANTOS, R.C.; SIVIERO, A. Cowpea: A strategic legume species for food security and health. In: JIMENEZ-LOPEZ, J.C.; CLEMENTE, A. (Ed.) **Legume seed nutraceutical Research**. London: Intechopen, 2018. p. 47-65. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79006>

SINGLETON, V. I.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid agents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SIMPLÍCIO, A. P. M. **Desenvolvimento de pão integral enriquecido com farinha de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.

SOUZA, L.B.; LEONEL, M. Efeito da concentração de fibra e parâmetros operacionais de extrusão sobre as propriedades de pasta de misturas de fécula de mandioca e polpa cítrica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 686-692, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000300019>

SOUZA, V. F.; NASCIMENTO, K. DE O.; ASCHERI, J. L. R. A extrusão termoplástica como alternativa de desenvolvimento de produtos resultantes da casca de maracujá. **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 68-78, 2013.

TEKA, T. A.; RETTA, N.; BULTOSA, G.; TESSEMA, H. A.; ASTATKIE, T. Protein fractions, *in vitro* protein digestibility and amino acid composition of select cowpea varieties grown in Ethiopia. **Food Bioscience**, v. 36, p. 1-31, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100634>

WATT, B.; MERRILL, A.L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington: Agricultural Research Service, 1963. 198p. (Agriculture Handbook, 8)

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO); FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO); UNITED NATIONS UNIVERSITY (UNU) (Switzerland). Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. Geneva, 2007, 265 p, (935).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As farinhas de grão integral, farinha de cotilédones e farinha de coproduto do feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque apresentaram características tecnológicas importantes que favorecem a sua empregabilidade na indústria alimentícia no desenvolvimento dos mais variáveis produtos.

O processo de extrusão mostrou-se eficaz como alternativa para ampliar o consumo de feijão-caupi, no desenvolvimento de *snacks* extrusados a partir da farinha de cotilédones dos grãos, com a qualidade e praticidade exigida pelo mercado consumidor, que está a cada dia mais exigente em rapidez no tempo de preparo dos alimentos.

O *snack* obtido a partir da farinha de cotilédones de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque apresenta um grande potencial nutritivo, sensorial e funcional, constituindo-se em fonte de proteínas, aminoácidos essenciais, fibras alimentares, carboidratos e de minerais, com destaque para as concentrações de ferro e zinco, além de melhoria na digestibilidade proteica, menores teores de antinutricionais e compostos fenólicos em teores apreciáveis no produto.

A farinha de cotilédones de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque possui atributos desejáveis no desenvolvimento de *snacks* e constitui-se em uma boa alternativa na produção e melhoria da qualidade nutricional desse tipo de produto extrusado, uma ótima opção de lanche saudável, podendo ser consumido por celíacos, intolerantes à lactose e veganos.

Os resultados apresentados no presente trabalho indicam a necessidade de mais estudos científicos para avaliar outros efeitos dos parâmetros do processo de extrusão em grãos de feijão-caupi e derivados, sob os aspectos da funcionalidade física, funcional, tecnológica, química, nutricional e sensorial, visando delinear as transformações que ocorrem em relação às matérias-primas. Verifica-se também a necessidade de mais estudos semelhantes a este com farinhas obtidas de outras cultivares de feijão-caupi, bem como mais pesquisas com foco também na melhoria das características sensoriais.

7. REFERÊNCIAS GERAIS

ABIODUN, O.; ADESIKE, K.; CHRISTOPHER, I. Assessment of variation in the agronomic traits of wild cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) subspecies under a rainforest agro-ecology in Nigeria. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**, v. 11, n. 3, p. 244-253, 2020. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2020.11.3.0188>

ABREU, B.; MOREIRA, L.; CAVALCANTE, R.; CAMPOS, C.; GONÇALVES, M.; OLIVEIRA, E.; BRANDÃO, A.; MOREIRA-ARAÚJO, R. Desenvolvimento de um “nugget” à base do resíduo da acerola (*Malpighia emarginata* D.C) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 9446-9453, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-307>

ADEKOLA, K. A. Engineering review food extrusion technology and its applications. **Journal of Food Science and Engineering**, v. 6, n. 1, p. 149-168, 2016. <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2016.03.005>

ADJEI-FREMAH, S.; WORKU, M.; ERIVE, M.; HE, F.; WANG, T.; CHEN, G. Effect of microfluidization on microstructure, protein profile and physicochemical properties of whole cowpea flours. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 57, p. 102-207, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102207>

ADJEI-FREMAH, S.; JACKAI, L. E.; WORKU, M. Analysis of phenolic content and antioxidant properties of selected cowpea varieties tested in bovine peripheral blood. **American Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v. 10, n. 4, p. 235-245, 2015. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2015.235.245>

AKINJAYEJU, O.; AJAYI, O. F. Effects of dehulling on functional and sensory properties of flours from black beans (*Phaseolus Vulgaris*). **Food and Nutrition Sciences**, v. 2, n. 4, p. 344–349, 2011. <https://doi.org/10.4236/fns.2011.24049>

ALAM, M. S.; KAUR, J.; KHAIRA, H.; GUPTA, K. Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: A Review. **Critical Reviews**

in **Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 3, p. 445-75, 2016.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2013.779568>

ALGHAMDI, S. S.; EL-HARTY, E. H.; KHAN, M. A.; MIGDADI, H. M.; FAROOQ, M. Grain yield, nutritional composition and anti-nutritional factors of cowpea genotypes in dry environments of Saudi Arabia. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 21, p. 1137-1147, 2019. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1004>

ALI, R. S.; AL-OBAIDI, L. F. H.; ALSSIRAG, M. A. Physical and nutritional properties of bread from wheat flour fortification with cowpea (*Vigna unguiculata*) flour. **Plant Archives**, v. 19, n. 2, p. 1077-1081, 2019.

AMONSOU, E. O.; HOUSSOU, P. A.; SAKYI-DAWSON, E.; SAALIA, F. K. Dehulling characteristics, sensory and functional properties of flours from selected cowpea varieties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 9, p.1587-1592, 2009. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3628>

ANJOS, F. DOS; VAZQUEZ-ANON, M.; DIERENFELD, E. S.; PARSONS, C. M.; CHIMONYO, M. Chemical composition, amino acid digestibility, and true metabolizable energy of cowpeas as affected by roasting and extrusion processing treatments using the cecectomized rooster assay. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 25, p. 85–94, 2016. <http://dx.doi.org/10.3382/japr/pfv069>

ANTOVA, G. A.; STOILOVA, T. D.; IVANOVA, M.M. Proximate and lipid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivated in Bulgaria. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 33, n. 2, p. 146–152, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.12.005>

APEA-BAH, F. B.; SEREM, J. C.; BESTER, M. J.; DUODU, K. G. Phenolic composition and antioxidant properties of koose, a deep-fat fried cowpea cake. **Food Chemistry**, v. 237, n. 15, p. 247-256, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.109>

ASARE, A. T.; AGBEMAFLE, R.; ADUKPO, G. E.; ADAMTEY, K. A. Assessment of functional properties and nutritional composition of some cowpea (*Vigna unguiculata* L.) Genotypes in Ghana. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 6, n. 8. p. 465-469, 2013.

BAPTISTA, A.; PINHO, O.; PINTO, E.; CASAL, S.; MOTA, C.; FERREIRA, I. Characterization of protein and fat composition of seeds from common beans (*Phaseolus vulgaris* L.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and bambara groundnuts (*Vigna subterranea* L. Verde) from Mozambique. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 11, p. 442–450, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9412-2>

BARROS, N. V. A.; ABREU, B. B.; SILVA, D. T. S.; SOARES, A. K. O.; ROCHA, M. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Identification and quantification of phenolic compounds in grains of biofortified cowpea cultivars, before and after cooking. **Current Nutrition & Food Science**, v. 16, n. 1, p. 105-113, 2020. <https://doi.org/10.2174/1573401315666190925123800>

BARROS, N. V. A.; ROCHA, M. M.; GLÓRIA, M. B. A.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Effect of cooking on the bioactive compounds and antioxidant activity in grains cowpea cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5 (Especial), p. 824-831, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170097>

BAPTISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the biochemical and functional properties of the extruded hard-to-cook cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, p. 794-799, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02200.x>

BERRIOS, J.; ASCHERI, J. L. R.; LOSSO, J. N. Extrusion processing of dry beans and pulses. In: SIDDIQ, M.; UEBERSAX, M. A. (Ed.). **Dry Beans and Pulses: Production, Processing and Nutrition**. Iowa: Wiley-Blackwell, 2013. 398p. Chapter 8: p.185-203. <https://doi.org/10.1002/9781118448298.ch8>

BORGES, F. M. **Acarajé: tradição e modernidade**. 2008, 133 f. Dissertação (Mestrado em Estudos étnicos e africanos) - Faculdade de Ciências Humanas da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

BOUKAR, O.; FATOKUN, C. A.; ROBERTS, P. A.; ABBERTON, M.; HUYNH, B. L.; CLOSE, T. J.; KYEI-BOAHEN, S.; HIGGINS, T. J. V.; EHLERS, J. D. 2015. Cowpea. In: De Ron A. (eds) **Grain Legumes. Handbook of Plant Breeding**, vol 10. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2797-5_7

CARVALHO, A. V.; RIOS, A. O.; BASSINELO, P. Z.; FERREIRA, T. F. Efeito dos parâmetros de extrusão termoplástica sobre as propriedades tecnológicas de farinhas pré-cozidas elaboradas com arroz e feijão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 4, p. 333-342, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232012005000029>

CARVALHO, A. F. U.; SOUSA, N. M.; FARIAS, D. F.; BEZERRA, L. C.B. R.; SILVA, R. M. P.; VIANA, M. P.; GOUVEIA, S. T.; SAMPAIO, S. S.; SOUZA, M. B.; LIMA, G. P. G.; MORAIS, S. M.; BARROS, C. C.; FREIRE, F. R. Nutrition ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 26, n. 1-2, p. 81-88, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.01.005>

CARVALHO, M.; LINO-NETO, T.; ROSA, E.; CARNIDE, V. Cowpea: a legume crop for a challenging environment. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 13, p. 4273–4284, 2017. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8250>

CAVALCANTE, R. B. M.; ARAÚJO, M. A. M.; ROCHA, M. M.; MOREIRA-ARAUJO, R. S. R. Effect of thermal processing on chemical compositions, bioactive compounds, and antioxidant activities of cowpea cultivars. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1050-1058, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n426rc>

CHIKWENDU, J. N.; IGBATIM, A. C.; OBIZOBA, I. C. Chemical composition of processed cowpea tender leaves and husks. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 4, n. 5, p. 1-5, 2014.

CHIPURURA, B.; BAUDI, J.S.; MUNODAWAFA, T.; BENHURA, C. Effect of soaking, dehulling and boiling on protein, polyphenolic and antinutrient content of cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Nutrafoods**, v. 17, n.10, p. 205-211, 2018. <https://doi.org/10.17470/NF-018-1011-4>

COLLADO, E., KLUG, T.V., ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; AGUAYO, E.; ARTÉS, F.; FERNÁNDEZ, J. A.; GÓMEZ, P. A. Quality changes in nutritional traits of fresh-cut and then microwaved cowpea seeds and pods. **Food Bioprocess Technology**, v. 12, p. 338–346, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2214-2>

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: CONAB, v. 7, safra 2019/20, n. 11, 2020.

DANBABA, N.; NKAMA, I.; BADAU, M. H.; IDAKWO, P. Y. Predictive modeling and optimization of extrusion cooking process for color characteristics and consumer acceptability of fortified rice snacks. **Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, v. 13, n. 1, p. 33-43, 2019. <https://doi.org/10.9790/2402-1301013343>

DANBABA, N.; NKAMA, I.; BADAU, M. H.; IDAKWO, P. Y. Statistical modeling and optimization of processing conditions of twin-screw extruded rice-legume instant breakfast gruel. **Journal of Engineering, Technology and Environment**, v. 14, n. 4, p. 693-712, 2018.

DAVID, O.; ACKA, G. K.; ACKA, A. Quality evaluation of noodles with cowpea substitution. **International Journal of Innovative Research and Advanced Studies**, v. 4, n. 6, p. 464-473, 2017.

DEENANATH, E.D.; EGAL, A. Food extrusion technology: initiatives to address food and nutrition insecurity in south Africa. **Journal of pharmacy and nutrition sciences**, v. 7, p.116-123, 2017. <https://doi.org/10.6000/1927-5951.2017.07.03.7>

DIOUF, A.; SARR, F.; SENE, B.; NDIAYE, C.; FALL, S.; AYEISSOU, N. Pathways for reducing anti-nutritional factors: Prospects for *Vigna unguiculata*. **Journal of Nutritional Health & Food Science**. v. 7, n. 2, p. 1-7, 2019. <https://doi.org/10.15226/jnhfs.2019.001157>

DO VALE, J. C.; BERTINI, C. H. M.; TEÓFILO, E. M.; PINHEIRO, M. S.; MELO, L. F. Cultura: aspectos socioeconômicos. In: DO VALE, J. C.; BERTINI, C. H. M.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 35-51.

EBRAHIEM, M. A.; MUSA, M. A.; JADALLA, J. B.; TWFIQ, S. A.; KAFI, S. H.; DAHIA, B. H.; ABDELGABAR, S.; BUKHARI, S. Effect of adding cowpea seed powder on physiochemical properties and sensory evaluation of fresh beef sausage North Kordofan State, Sudan. **Journal of Animal Science**, v. 1, n. 6, p. 1-13, 2020.

EKE-EJIOFOR, J.; KPORNA, J. D. Nutrient and sensory evaluation of cowpea-acha flour blend in pudding production. **Food Science and Nutrition Technology**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2019. <https://doi.org/10.23880/fsnt-16000174>

EMELIKE, N. J. T.; UJONG, A. E.; ACHINEWHU, S. C. Proximate and sensory properties of moimoi developed from cowpea and avocado pear seed flour blends. **Journal of Food Technology Research**, v. 7, n. 2, p. 136-143, 2020. <https://doi.org/10.18488/journal.58.2020.72.136.143>

EASHWARAGE, I. S.; HERATH, T.; GUNATHILAKE, T. Dietary fibre, resistant starch and in-vitro starch digestibility of selected eleven commonly consumed legumes (mung bean, cowpea, soybean and horse gram) in Sri Lanka. **Research Journal of Chemical Science**, v. 7, p. 27-33, 2017.

ELHARADALLOU, S.; KHALID, I.; GOBOURI, A.; ABDEL-HAFEZ, S. Amino acid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) flour and its protein isolates. **Food and Nutrition Sciences**, v. 6, p. 790-797, 2015. <https://doi.org/10.4236/fns.2015.69082>

ENYIUKWU, D. N.; AMADIOHA, A. C.; ONONUJU, C. C. Nutritional significance of cowpea leaves for human consumption. **Greener Trends in Food Science and Nutrition**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2018a. <http://doi.org/10.15580/GTFSN.2018.1.061818085>

ENYIUKWU, D. N.; AMADIOHA, A. C.; ONONUJU, C. C. Biochemical composition, potential food and feed values of aerial parts of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Greener Trends in Food Science and Nutrition**, v. 1, n. 1, p. 11-18, 2018b. <http://doi.org/10.15580/GTFSN.2018.1.080118107>.

FAUJAN, N. H.; HASSAN, C.; ARIFIN, N. Physicochemical properties and consumer preference of imitation chicken nuggets produced from chickpea flour and textured vegetable protein. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 3, p. 1016-1025, 2018.

FEITOSA, S.; BOFFO, E. F.; BATISTA, C. S. C.; VELASCO, J.; SILVA, C. S.; BONFIM, R.; ALMEIDA, D. T. A real case study on the physicochemical changes in crude palm oil (*Elaeis guineensis*) during the deep-frying of akara, traditional cowpea-paste balls, in Brazil. **Grasas Aceites**, v. 70, n. 2, p. 296-305, 2019. <https://doi.org/10.3989/gya.0703182>

FELLOWS P. J. Extrusão. In: **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. (4. Ed.) Porto Alegre: Artmed; cap. 17, p. 612-634, 2019.

FERREIRA, L. M. M.; MENDES-FERREIRA, A.; BENEVIDES, C. M. J.; MELO, D.; COSTA, A. S. G.; MENDES-FAIA, A.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Effect of controlled microbial fermentation on nutritional and functional characteristics of cowpea bean flours. **Foods**, v. 8, n. 11, p. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.3390/foods8110530>

FILLI, K. B.; NKAMA, I.; JIDEANI, V. A.; ABUBAKAR, U. M. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of millet - cowpea based fura. **European Journal of Nutrition & Food Safety**, v. 2, n. 1, p. 87-101, 2012.

FREIRE FILHO, F. R. (ed.). **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. F.; VIEIRA, P. F.M. J. Cultura: aspectos socioeconômicos. In: Do VALE, J. C.; BERTINI, C. H. M.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 9-34.

FROTA, K. M. G.; LOPES, L. A.; SILVA, I. C. V.; ARÊAS, J. A. G. Nutritional quality of the protein of *Vigna unguiculata* L. Walp. and its protein isolate. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 792-798, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170092>

FROTA, K. M. G.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) na elaboração de produtos de panificação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, suppl. 1, p. 44-50, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009005000003>

FROTA, K. M.; SANTOS FILHO, R. D.; RIBEIRO, V. Q.; ARÊAS, J. A. Cowpea protein reduces LDL-cholesterol and apolipoprotein B concentrations. but does not improve biomarkers of inflammation or endothelial dysfunction in adults with moderate hypercholesterolemia. **Nutrición Hospitalaria**, v. 31, n. 4, p. 1611-1619, 2015. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.4.8457>

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cultivar BRS Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000200031>

GBENYI, D.I.; NKAMA, I.; BADAU, M.H.; IDAKWO, P.Y. Effect of extrusion conditions on nutrient status of ready-to-eat breakfast cereals from sorghum-cowpea extrudates. **Journal of Food Processing & Beverages**. v. 4, n. 1, p. 1-8, 2016. <https://doi.org/10.13188/2332-4104.1000015>

GIAMI, S. Y. Compositional and nutritional properties of selected newly developed lines of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 7, p. 665-673, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.06.007>

GOMES, G. M. S.; REIS, R. C.; SILVA, C. A. D. T. Obtenção de farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 1, p. 31-36, 2012. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/>

GONÇALVES, A.; GOUFO, P.; BARROS, A.; DOMÍNGUEZ-PERLES, R.; TRINDADE, H.; ROSA, E. A.; FERREIRA, L.; RODRIGUES, M. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.), a renewed multipurpose crop for a more sustainable agri-food system: nutritional advantages and constraints. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 96, n. 9, p. 2941-51, 2016. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7644>

GONÇALVES, F. V., MEDICI, L.O., FONSECA, M. P. S., PIMENTEL, C., GAZIOLA, A. S., & AZEVEDO, R. A., Protein, phytate and minerals in grains of commercial cowpea genotypes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 1, p. 1-16, 2020. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020180484>

HAIDER, M. U.; FAROOQ, M.; NAWAZ, A.; HUSSAIN, M. Foliage applied zinc ensures better growth, yield and grain bio fortification of mungbean. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 20, n. 12, p. 2817–2822, 2018. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0840>

HAMA, M. O.; AMADOU, I.; DAOU, C.; ZHANG, M. Optimization of the preparation treatment to obtain the desired quality of canned cowpea (*Vigna unguiculata*, TN 5-78) variety grown in the Sahel region. **Journal of Science and Technology**, v. 42, n. 3, p. 688-696, 2020. <https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2020.87>

HAMID, S.; MUZZAFFAR, S.; WANI, I. A.; MASOODI, F. A.; BHAT, M. M. Physical and cooking characteristics of two cowpea cultivars grown in temperate Indian climate. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. v. 15, n. 2, p. 127-134, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.08.002>

HASHIMOTO, J. M.; SCHMIELE, M.; NABESHIMA, E. H. Pasting properties of raw and extruded cowpea cotyledons flours. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, e 2019303, 2020. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.30319>

JAICHAND, V.; DWARKA, D.; GERRANO, A. S.; MELLEM, J. J. Effect of heat processing on the nutritional and anti-nutritional factors of cowpea (*Vigna unguiculata*). **The Annals of the University Dunarea De Jos of Galati. Fascicle VI - Food Technology**, v. 44, n. 1, p. 165-77, 2020. <https://doi.org/10.35219/foodtechnology.2020.1.10>

JAYATHILAKE, C.; VISVANATHAN, R.; DEEN, A.; BANGAMUWAGE, R.; JAYAWARDANA, B. C.; NAMMI, S.; LIYANAGE, R. Cowpea: an overview on its nutritional facts and health benefits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 13, p. 4793-4806, 2018. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9074>

JAKKANWAR, S. A.; RATHOD, R. P.; ANNAPURE, U. S. Development of cowpea-based (*Vigna unguiculata*) extruded snacks with improved *in vitro* protein digestibility. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 2, p. 804-813, 2018.

KANDA, E. K.; SENZANJE, A.; MABHAUDHI, T.; MUBANGA, S. C. Nutritional yield and nutritional water productivity of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) under varying irrigation water regimes. **Water SA**, v. 46, n. 3, p.410-418, 2020. <http://dx.doi.org/10.17159/wsa/2020.v46.i3.8651>

KAPRAVELOU, G.; MARTINÉZ, R.; ANDRADE, A. M.; LÓPEZ, C. C.; LÓPEZ-JURADO, M.; ARANDA, P.; ARREBOLA, F.; CAÑIZARES, F. J.; GALISTEO, M.; PORRES, J. M. Improvement of the antioxidant and hypolipidaemic effects of cowpea flours (*Vigna unguiculata*) by fermentation: results of *in vitro* and *in vivo* experiments. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 6, p. 1127-11378, 2015. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6809>

KARAPANOS, I.; PAPANDREOU, A.; SKOULOUDI, M.; MAKROGIANNI, D.; FERNÁNDEZ, J. A.; ROSA, E.; NTATSI, G.; BEBELI, P. J.; SAVVAS, D. Cowpea fresh pods - a new legume for the market: assessment of their quality and dietary characteristics of 37 cowpea accessions grown in southern Europe. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 13, p. 4343-4352, 2017. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8418>

KIRSE, A.; KARKLINA, D. Integrated evaluation of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and maple pea (*Pisum sativum* var. *arvense* L.) spreads. **Agronomy Research**, v. 13, n. 4, p. 956–968, 2015.

KHRISANAPANT, P.; KEBEDE, B.; LEONG, S. Y.; OEY, I. A Comprehensive characterization of volatile and fatty acid profiles of legume seeds. **Foods**. v. 8, n.12, p. 651, 2019. <https://doi.org/10.3390/foods8120651>

KLUG, T. V.; COLLADO, E.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; GÓMEZ, P. A.; AGUAYO, E.; ARTÉS, F.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Viability of sous vide, microwave and high pressure processing techniques on quality changes during shelf life of fresh cowpea puree. **Food Science and Technology International**. v. 26, n. 8, p. 706-714, 2020. <https://doi.org/10.1177/1082013220921059>

KOBLITZ, M. G. B. **Matérias-primas alimentícias**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan LTDA, 2011. 314p. ISBN: 9788527718158

KUMAR, S.; GREWAL, R.; RANI, V. Standardization and quality evaluation of ready to eat extruded snacks developed using maize-oat blends and processed cowpea. **International Journal of Food and Nutrition Science**, v. 5, n. 4, p. 121-129, 2016.

LANDIM, L. A. S.; PESSOA, M. L. S. B.; BRANDÃO, A. C. M. S.; MORGANO, M. A.; ARAÚJO, M. A. M.; ROCHA, M. M.; ARÊAS, A. C. A. S.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Impact of the two different iron fortified cookies on treatment of anemia in preschool children in Brazil. **Nutrición Hospitalaria**, v. 33, n. 5, p. 1142-1148, 2016. <https://doi.org/10.20960/nh.579>

LAWAN, H.K.; BADAU, H.M.; CHIBUZO, E.C.; FANNAH, M.A. Proximate composition, antinutritional factors and functional properties of complementary food as affected by sorghum

processing methods, addition of cowpea and carrot. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 3, n. 2, p 145-154, 2018.

LAWAN, H. K.; BADAU, M. H.; CHIBUZO, E. C.; ADAM, F. M. Nutritional analysis of varied processing and complementary food formulations with sorghum, cowpea and carrot. **American Journal of Food and Nutrition**, v. 8, n. 2, p. 47-53, 2020. <https://doi.org/10.12691/ajfn-8-2-5>

LIMA, J. R.; GARRUTI, D. S.; MACHADO, T. F.; ARAUJO, Í. M. S. Vegetal burgers of cashew fiber and cowpea: formulation, characterization and stability during frozen storage. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 4, p.708-714, 2018. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20180080>

LOPES-DA-SILVA, M. F.; SANTOS, L.; CHOUPINA, A. A extrusão em tecnologia alimentar: aplicações, características dos produtos, composição e tendências futuras. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1 p. 4-14, 2016. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA14103>

LSPA - Levantamento sistemático da produção agrícola. Instituto Estadual do IBGE no Piauí. Julho, 2020.

MAFOKOANE, A. M.; MPHOSI, M. S.; SHADUNG, K. G. Effect of time-based oven-drying on the proximate composition of cowpea (*Vigna unguiculata*) leaves. **Research on Crops**, v. 20, n. 1, p. 46-49, 2019. <http://doi.org/10.31830/2348-7542.2019.006>

MAKINDE, F. M.; ABOLARIN, O. O. Effect of post-dehulling treatments on anti-nutritional and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 24, n. 9, p. 1641-1647, 2020. <https://dx.doi.org/10.4314/jasem.v24i9.23>

MARENGO, M.; BAFFOUR, L.; BURATTI, S.; BENEDETTI, S.; SAALIA, F.; CARPEN, A.; MANFUL, J.; JOHNSON, P.; BARBIROLI, A.; BONOMI, F.; PAGANI, M.; MARTI, A.; IAMETTI, S. Defining the overall quality of cowpea-enriched rice-based breakfast cereals. **Cereal Chemistry Journal**, v. 94, n. 1, 2016. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-16-0092-FI>

MARQUES, M. R. **Ação hipocolesterolêmica de hidrolisado de feijões-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2013.

MBAEYI-NWAOHA, I. E.; UGWU, C. I. Production and evaluation of pasta (noodles) from rice, cowpea and orange-fleshed sweet potato flour blends. **Asian Food Science Journal**, v. 4, n. 1, p. 1-25, 2018. <https://doi.org/10.9734/AFSJ/2018/43115>

MELO, N. Q. C.; MOREIRA-ARAUJO, R. S. R.; ARAUJO, M. A. M.; ROCHA, M. M. Chemical characterization of green grain before and after thermal processing in biofortified cowpea cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 811-816, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170095>

MOLOTO, M. R.; PHAN, A. D. T.; SHAI, J. L.; SULTANBAWA, Y.; SIVAKUMAR, D. comparison of phenolic compounds, carotenoids, amino acid composition, *in vitro* antioxidant and anti-diabetic activities in the leaves of seven cowpea (*Vigna unguiculata*) cultivars. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1-23, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9091285>

MORAES, E. Salgadinho de feijão é a nova opção de *snack* saboroso e saudável. **Mercado & consumo**, 24 de setembro de 2019. Disponível em: <https://mercadoeconsumo.com.br/2019/09/24/salgadinho-de-feijao-e-a-nova-opcao-de-snack-saboroso-e-saudavel/>

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R., SAMPAIO, G. R., SOARES, R. A. M., SILVA, C. P., ARAÚJO, M. A. M., ARÊAS, J. A. G. Identification and quantification of antioxidant compounds in cowpea. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 799-805, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170093>

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; BRANDÃO, A.C.A.S. Food produced with flour as a strategy to control iron deficiency anemia in children. Chapter 13. p. 257-272, 2018. In: KHAN, J. (ed.) **Current Topics in Anemia Book**. Published in Intech, 2018. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69892>

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; SAMPAIO, G. R.; SOARES, R. A. M.; SILVA, C. P.; ARAÚJO, M. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Identification and quantification of phenolic compounds

and antioxidant activity in cowpeas of BRS Xiquexique cultivar. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 209-216, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n124rc>

MOUTALEB, O. H.; AMADOU, I.; AMZA, T.; ZHANG, M. Physico-functional and sensory properties of cowpea flour based recipes (Akara) and enriched with sweet potato. **Journal of Nutritional Health & Food Engineering**. v. 7, n. 4, p. 1-6, 2017. <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2017.07.00243>

NASCIMENTO, K.; AUGUSTA, I. M.; RODRIGUES, N. R.; JÚNIOR, J. L. B.; BARBOSA, M. I. M. J. Características tecnológicas das farinhas pré-cozidas a partir do processo de extrusão termoplástica. **Acta Tecnológica**, v. 9, p. 37-47, 2014.

MACHADO, N.; OPPOLZER, D.; RAMOS, A.; FERREIRA, L.; ROSA, E. A. S.; RODRIGUES, M.; DOMÍNGUEZ-PERLES, R.; BARROS, A. I. Evaluating the freezing impact on the proximate composition of immature cowpea (*Vigna unguiculata* L.) pods: classical *versus* spectroscopic approaches. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 13, p. 4295-4305, 2017a. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8305>

MACHADO, N.; DOMÍNGUEZ-PERLES, R.; RAMOS, A.; ROSA, E. A. S.; BARROS, A. I. Spectrophotometric versus NIR-MIR assessments of cowpea pods for discriminating the impact of freezing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 13, p. 4285-4294, 2017b. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8251>

NWADIKE, C. O., ANTHONY N., DICKSON O., CATHERINE V., APUYOR T. B. Proximate and nutrient composition of some common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Accessions of Jos- Plateau, Nigeria. **Journal of Agriculture and Ecology Research International**. v 15. p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.9734/JAERI/2018/42138>

NAIKER, T. S.; GERRANO, A.; MELLEM, J. Physicochemical properties of flour produced from different cowpea (*Vigna unguiculata*) cultivars of Southern African origin. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 3, p. 1541-1550, 2019. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03649-1>

NAIK, P. K.; DHAWASKAR, B. D.; FATARPEKAR, D. D.; CHAKURKAR, E.; SWAIN, B. K.; SINGH, N. P. Nutrient changes with the growth of hydroponics cowpea (*Vigna unguiculata*) sprouts. **Indian Journal of Animal Nutrition**. v. 33, n. 3, p. 357-359, 2016. <https://doi.org/10.5958/2231-6744.2016.00064.5>

NGOMA, T. N.; CHIMIMBA, U. K.; MWANGWELA, A. M.; THAKWALAKWA, C.; MALETA, K. M.; MANARY, M. J.; TREHAN, I. Effect of cowpea flour processing on the chemical properties and acceptability of a novel cowpea blended maize porridge. **Plos One**, v. 13, n. 7, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200418>

NWOSU, J. N. Proximate composition and acceptability of moin-moin made from cowpea (*Vigna unguiculata*) and asparagus bean seed (*Vigna sesquipedalis*). **World Rural Observations**, v. 3, n. 3, p. 1-5, 2011.

OFFIAH, V.; KONTOGIORGOS, V.; FALADE, K. O. Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 18, p. 2979-2998, 2019. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1480007>

OGUNNIGBO, C. O.; ADETAN, D. A.; OLUSUNMADE, O. F. Assessment of a modified mixer for wet dehulling of cowpea (*Vigna unguiculata*). **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 20, n. 2, p. 239–247, 2018.

OJOKOH, A. O.; FAGBEMI, A. O. Effects of fermentation and extrusion on the proximate and organoleptic properties of cowpea-plantain flour blends. **British Microbiology Research Journal**. v. 13, n. 4, p. 1-13, 2016. <https://doi.org/10.9734/BMRJ/2016/23495>

OKONYA, J. S.; MAAS, B. L. Protein and iron composition of cowpea leaves : an evaluation of six cowpea varieties grown in eastern Africa. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 14, n. 5, p. 2129-2140, 2014.

OLIVEIRA, D. S. V.; FRANCO, L. J. D.; MENEZES-JÚNIOR, J. A. N.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. M.; NEVES, A. C.; SOUSA, F. M. Adaptability and stability of the zinc density in cowpea genotypes through GGE-Biplot method. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 783-791, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170091>

OLAOYE, O. A. Studies on pasting and functional properties of flour from cannellini cowpea and its potential in baking. The Annals of the University Dunarea De Jos of Galati. Fascicle VI - **Food Technology**, v. 41, n. 1, p. 20-29, 2017.

OKWUNODULU, I.; PETER, G.; OKWUNODULU, F. Proximate quantification and sensory assessment of moimoi prepared from bambara nut and cowpea flour blends. **Asian Food Science Journal**, v. 9, n. 2, p. 1-11, 2019. <https://doi.org/10.9734/afsj/2019/v9i230008>

OLAPADE, A. A.; AWORTH, O. C. Chemical and nutritional evaluation of extruded complementary foods from blends of fonio (*Digitaria exilis* Stapf) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) flours. **International Journal of Food and Nutrition Science**, v. 1, n. 3, p. 4-8, 2012a.

OLAPADE, A. A.; AWORTH, O. C. Evaluation of extruded snacks from blends of acha (*Digitaria exilis*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) flours. **Agricultural Engineering Institute: CIGR Journal**, v. 14, n.3, p. 210-217, 2012b.

OMAR, S.; SONKAR, S. Evaluation of biscuits prepared from cowpea flour (*Vigna unguiculata*). **Journal of Food & Nutrition**, v. 1, n. 1, p. 01-06, 2019.

OMENNA, E.C.; OLANIPEKUN, O.T.; KOLADE, R.O. Effect of boiling, pressure cooking and germination on the nutritional and antinutrients content of cowpea (*Vigna unguiculata*). **Journal of Food and Agricultural Sciences**, v. 6, n. 1, p. 1-8, 2016. <https://doi.org/10.5897/ISABB-JFAS2016.0036>

OMOJOKUN, A. O; OJOKOH, A. O. Effects of fermentation and extrusion on the in-vitro protein and starch digestibilities of cowpea-plantain flour blends. **International Journal of Bioengineering & Biotechnology**. v. 4, n. 3, p. 44-47, 2019.

ORISA, C. A.; UKPONG, U. S. Proximate and mineral compositions of noodles made from *Triticum durum*, *Digitaria exilis*, *Vigna unguiculata* flour and *Moringa oleifera* powder. **Journal of Food Science and Engineering**. v. 9, p. 1-9, 2019. <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2019.07.003>

ORITA, A. Y.; AYUMI, S.; TOSHIHIKO, O.; TOMOYUKI, O.; HIDEAKI. Proximate, anthocyanin and oligomeric proanthocyanidin compositions of cowpeas [*Vigna unguiculata*

(L.) Walp.] cultivated in Southwest Japan. **Legume Research-an International Journal**, v. 43, n. 3, p. 359-364, 2019. <https://doi.org/10.18805/LR-478>

OTUNOLA, G. A.; AFOLAYAN, A. J. Evaluation of the physicochemical, proximate, and sensory properties of moin-moin from blends of cowpea and water yam flour. **Food science & Nutrition**, v. 6, n. 4, p. 991-997, 2018. <https://doi.org/10.1002/fsn3.592>

PANDURANGAN, S.; SANDERCOCK, M.; BEYAERT, R.; CONN, K. L.; HOU, A.; MARSOLAIS, F. Differential response to sulfur nutrition of two common bean genotypes differing in storage protein composition. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. 92, p. 1-11, 2015. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00092>

PASQUALONE, A.; COSTANTINI, M.; COLDEA, T.E.; SUMMO, C. Use of legumes in extrusion cooking: A Review. **Foods**, v. 9, n. 7, p. 1-17, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9070958>

PENUGONDA, K.; FIORENTINO, M. N.; ALAVI, S.; LINDSHIELD, B. L. Bioavailable iron and vitamin A in newly formulated, extruded corn, soybean, sorghum, and cowpea fortified-blended foods in the *in vitro* digestion/Caco-2 cell model. **Current Developments in Nutrition**, v. 2, n. 7, 2018. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzy021>

PEREIRA, E. J.; CARVALHO, L. M.; DELLAMORA-ORTIZ, G. M.; CARDOSO, F. S.; CARVALHO, J. L.; VIANA, D. S.; FREITAS, S. C.; ROCHA, M. M. Effects of cooking methods on the iron and zinc contents in cowpea (*Vigna unguiculata*) to combat nutritional deficiencies in Brazil. **Food Nutritional**, v. 11, n. 58, p. 1-7, 2014. <https://doi.org/10.3402/fnr.v58.20694>

PHEBEAN, I. O.; AKINYELE, O.; TOYIN, A.; FOLASADE, O.; OLABISI, A.; NNENNA, E. Development and quality evaluation of carrot powder and cowpea flour enriched biscuits. **International Journal of Food Science and Biotechnology**, v. 1, n. 2, p. 67-72, 2017. <https://doi.org/10.11648/j.ijfsb.20170202.15>

PINHEIRO, R. A.; BEVILAQUA, G. A. P.; JOB, R. B.; MARTHA, A. L. M.; ANTUNES, I. F. Feijão-sopinha: ideótipo de leguminosa de múltiplo propósito de alto valor nutricional. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 37, n. 2, e26617, 2020.

PRINCEWILL, O. P.; EZINNE, O. E. The effect of soaking time on some engineering properties of brown-speckled African yam bean. **International Journal of Engineering and Technology**, v. 4, n. 12, p. 700–708, 2014.

RAJENDRA, F.; KRISTIANI, L.; ARIVIANI, S. Elicitation under salinity stress increases flavonoid content and antioxidant activity in cowpea (*Vigna unguiculata*) sprouts. IOP Conference Series: **Materials Science and Engineering**, v. 633, p. 1-5, 2019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/633/1/012034>.

RAMOS, D.P.; TAVARES, T.C.O.; SOUSA, S.A.S.; NASCIMENTO, V.L.; MARTINEZ, R.A.S.; CHAGAS JUNIOR, A.F.; FIDELIS, R.R. Agronomic biofortification of cowpea with selenium by foliar fertilization: effect of doses in three cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 4, p. 538-547, 2019. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1685096>

RIOS, M. J. B. L.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; SILVA, M. G. M. S.; BARROS, N. V. A.; PORTO, R. G. C. L. Chemical, granulometric and technological characteristics of whole flours from commercial cultivars of cowpea. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 217-224, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n125rc>

RITIKA, B. Y.; BALJEET, S. Y.; MAHIMA, S.; ROSHANLAL, Y. Suitability of wheat flour blends with malted and fermented cowpea flour for noodle making. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 5, p. 2193-2202, 2016.

ROGÉRIO, W. F.; GREINER, R.; NUNES, I. L.; FEITOSA, S.; FURTUNATO, D. M. DA N.; & ALMEIDA, D. T. DE. Effect of preparation practices and the cowpea cultivar *Vigna unguiculata* L. Walp. on the quality and content of myo-inositol phosphate in akara (fried bean paste). **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 243-248, 2014. <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0040>

PARVEZ, R.; SINGH, K.; YADAV, V.; SINGH, L. Effect of various processing treatments on total flavonoid content of different varieties of cowpea. **The Pharma Innovation Journal**, v. 8, n. 6, p. 203-210, 2019.

SAMPAIO, J. P. M. **Propriedades funcionais, composição química e atividade antioxidante de farinha integral extrusada de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2017. 92 f.

Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

SANTOS, O. J. **Desenvolvimento de farinha instantânea de cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2017. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

SANTOS, C. A. F.; BOITEUX, L. S. Breeding biofortified cowpea lines for semi-arid tropical areas by combining higher seed protein and mineral levels. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 4, p. 6782-6789, 2013. <https://doi.org/10.4238/2013>

SILVA, G. R. **Produção, tecnologia e armazenamento de sementes**. Londrina, PR: Editora

SILVA, A.C.; SANTOS, D.C.; TEIXEIRA-JÚNIOR, D.L.; SILVA, P.B.; SANTOS, R.C.; SIVIERO, A. Cowpea: a strategic legume species for food security and health. In: JIMENEZ-LOPEZ, J.C.; CLEMENTE, A. (Ed.) **Legume seed nutraceutical Research**. London: Intech Open, 2018. p. 47-65. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79006>

SILVA, E. F.; JÚNIOR, A. P. B.; ALBUQUERQUE, M. C. T.; ALBUQUERQUE, J. R. T.; LINS, H. A.; SIMÕES, A. N. Quality of three cowpea green-grains cultivars refrigerated. **Amazonian Journal of Plant Research**, v. 1, n. 1, p. 14-19, 2017. <https://doi.org/10.26545/b00000x>.

SILVA, V.M.; BOLETA, E.H.M.; MARTINS, J.T.; SANTOS, F. L.M.; SILVA, A.C.R.; ALCOOK, T.D.; WILSON, L.; SÁ, M.E.; YOUNG, S.D.; BROADLEY, M.R.; WHITE, P.J.; REIS, A.R. Agronomic biofortification of cowpea with selenium: effects of selenate and selenite applications on selenium and phytate concentrations in seeds. **Journal of the Food Science and Agriculture**, v. 99, n. 13, p. 5969-5983, 2019. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9872>

SIMPLÍCIO, A. P. M. **Desenvolvimento de pão integral enriquecido com farinha de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.

SOMBIÉ, P. A. E. D.; COMPAROÉ, M.; COULIBALY, A. Y.; QUÉDRAOGO, J. T.; TIGNÉGRÉ, J. B. S.; KIÉNDRÉBEOGO, M. Antioxidant and phytochemical studies of 31

cowpeas (*Vigna unguiculata* (L. Walp.) genotypes from Burkina Faso. **Foods**, v. 7, n. 143, p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.3390/foods7090143>

SOUZA, V. F.; NASCIMENTO, K. DE O.; ASCHERI, J. L. R. A extrusão termoplástica como alternativa de desenvolvimento de produtos resultantes da casca de maracujá. **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 68-78, 2013.

SOUSA, J. L. M.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NEVES, A. C.; SOUSA, R. R. Potencial de genótipos de feijão-caupi para o mercado de vagens e grãos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 392-398, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000500006>

SYEUNDA, C.; ANYANGO, J.; FARAJ, A. Effect of compositing precooked cowpea with improved malted finger millet on anti-nutrients content and sensory attributes of complementary porridge. **Food and Nutrition Sciences**, v. 10, p. 1157-1178, 2019. <https://doi.org/10.4236/fns.2019.109084>

SURI, S.; DUTTA, A.; SINGH, Y. V.; RAGHUVANSHI, R. S; AGRAWAL, S. Effect of dehulling and splitting on nutritional, organoleptic quality, and storage stability of cowpea (*Vigna unguiculata* (L). Walp.). **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 24, n. 2, p. 1-9, 2017. <https://doi.org/10.9734/CJAST/2017/36963>

THENMOZHI, P. Effect of Processing on the Antinutritional Factors of Cowpea Varieties. **International journal of home science**, v. 2, n. 2, p. 01-06, 2016.

TIWARI, D.; DUTTA, A.; SINGH, Y.; RAGHUVANSHI, R.; SHUKLA, P.; KHAN, R.; TILARA, S. Physicochemical and organoleptic characteristics of different parts of vegetable cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 53, n. 6, p. 662-668, 2019. <http://doi.org/10.18805/IJARE.A-5148>

TIWARI, A.; JHA, S.K. Extrusion cooking technology: principal mechanism and effect on direct expanded snacks - An overview. **International Journal of Food Studies**, v. 6, n. 1, p. 113-128. <http://doi.org/10.7455/ijfs/6.1.2017.a10>

VASCONCELOS, I. M.; MAIA, F. M. M.; FARIAS, D. F.; CAMPELLO, C. C.; CARVALHO, A. F. U.; MOREIRA, R. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Protein fractions, amino acid composition

and antinutritional constituents of high-yielding cowpea cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 54-60, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2009.05.008>

VILAKATI, N.; MACINTYRE, U.; OELOFSE, A.; TAYLOR, J. R. N. Influence of micronization (infrared treatment) on the protein and functional quality of a ready-to-eat sorghum-cowpea African porridge for young child-feeding. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 2, p. 1191-1198, 2015. <https://doi.org/j.lwt.2015.04.017>

XIONG, H.; SHI, A.; MOU, B.; QIN, J.; MOTES, D.; LU, W.; WU, D. Genetic diversity and population structure of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Plos One**, v. 11, n. 8, p. 1-15, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160941>

YADAV, N.; KAUR, D.; MALAVIYA, R.; SAINI, P.; ANJUM, S. Enhancement in mineral bioavailability of extruded pulses with reduced antinutrients. **British Food Journal**, v. 121, n. 11, p. 2967-2978, 2019. <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2019-0236>

YADAV, N.; KAUR, D.; MALAVIYA, R.; SINGH, M.; FATIMA, M.; SINGH, L. Effect of thermal and non-thermal processing on antioxidant potential of cowpea seeds. **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 437-451, 2018. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1431659>

ZIA-UL-HAQ, M.; AHMAD, S.; CHIAVARO, E.; MEHJABEEN; AHMED, S. Studies of oil from cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivars commonly grown in Pakistan. **Pakistan Journal of Botany**, v. 42, n. 2, p. 1333-1341, 2010.

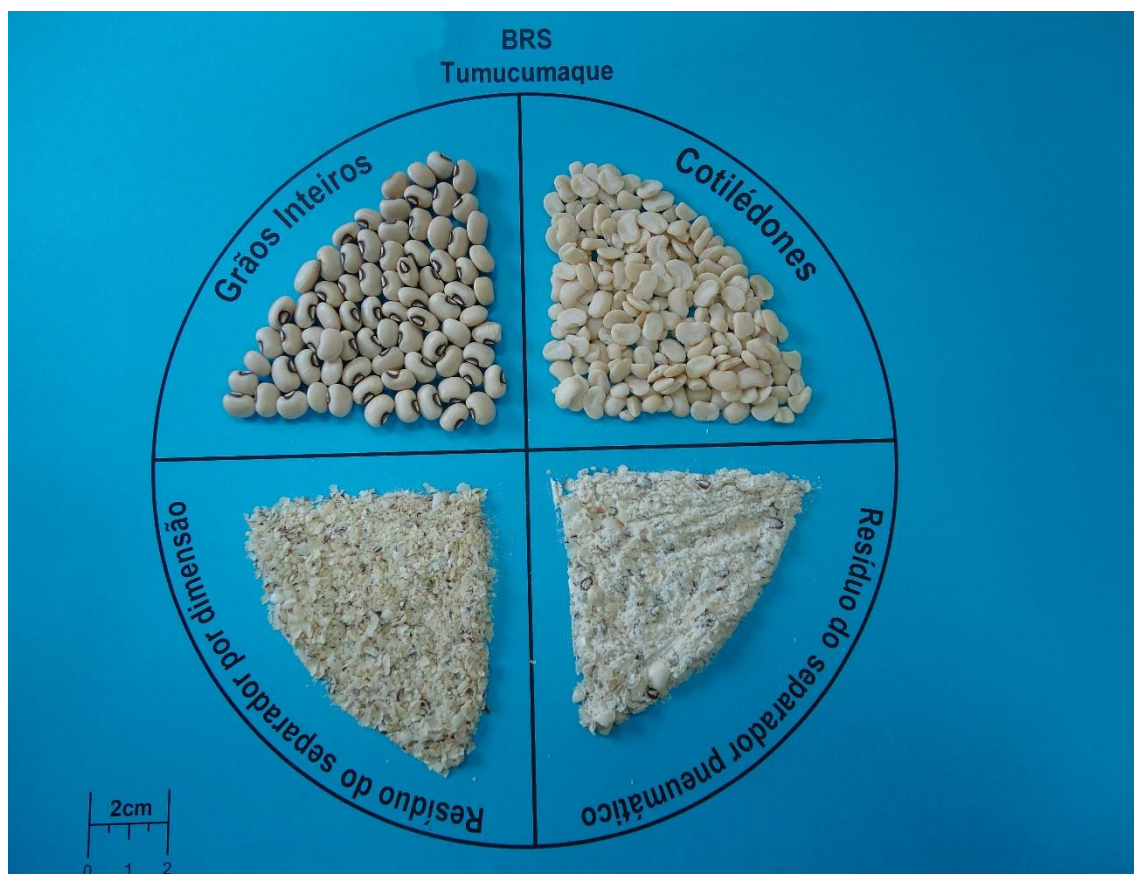
ZHOUYA, B.; XIAOJUN, H.; JINXIA, M.; LIJIAO, K. SHAOPING, N. Survey of Chinese cowpea cultivars for phenolic compounds and antioxidant activity. **Current Topics in Nutraceutical Research**, v. 17, n. 4, p. 337-348, 2018. <https://doi.org/10.37290/ctnr2641-452X.17:337-348>

ZHUZHUKIN, V. I.; GORBUNOV, V. S.; BAGDALOVA, A. Z. Study of biochemical composition of seeds and green beans of vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* ssp. *Sesquipedalis*). **Russian Agricultural Sciences**, v. 43, p. 390-394, 2017. <https://doi.org/10.3103/S1068367417050214>

APÊNDICES

APÊNDICE A

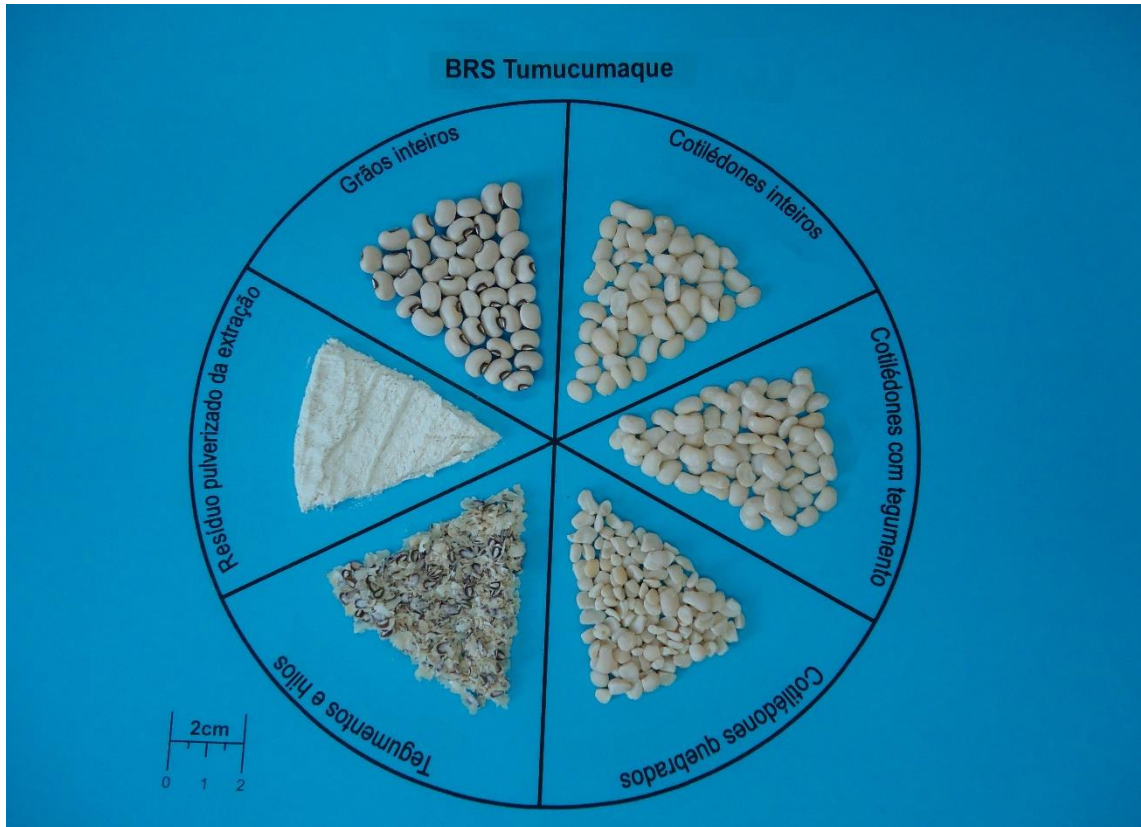
Grãos da cultivar BRS Tumucumaque após o processo de descorticação.



FONTE: Arquivo pessoal. Teresina, 2020.

APÊNDICE B

Separação dos coprodutos gerados pelo processo de descorticação da cultivar BRS Tumucumaque.



FONTE: Arquivo pessoal. Teresina, 2020.

APÊNDICE C

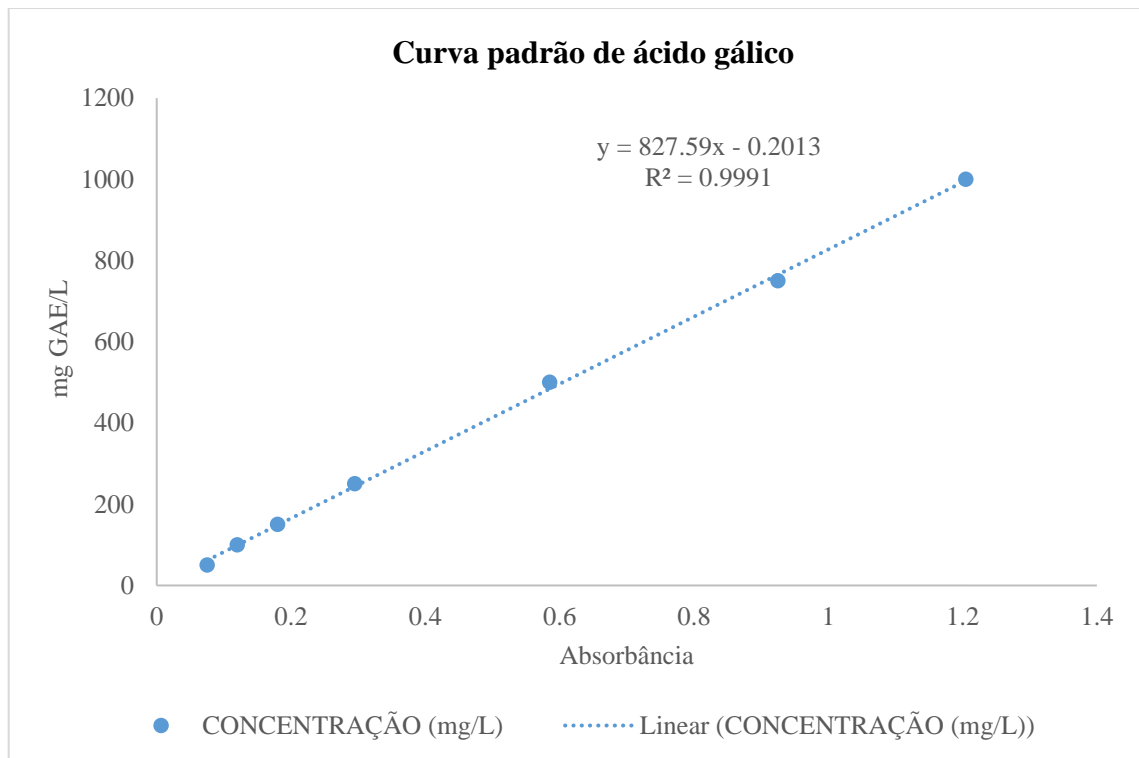
Farinhas desenvolvidas a partir da cultivar BRS Tumucumaque avaliadas neste estudo.



FONTE: Arquivo pessoal. Teresina, 2020.

APÊNDICE D

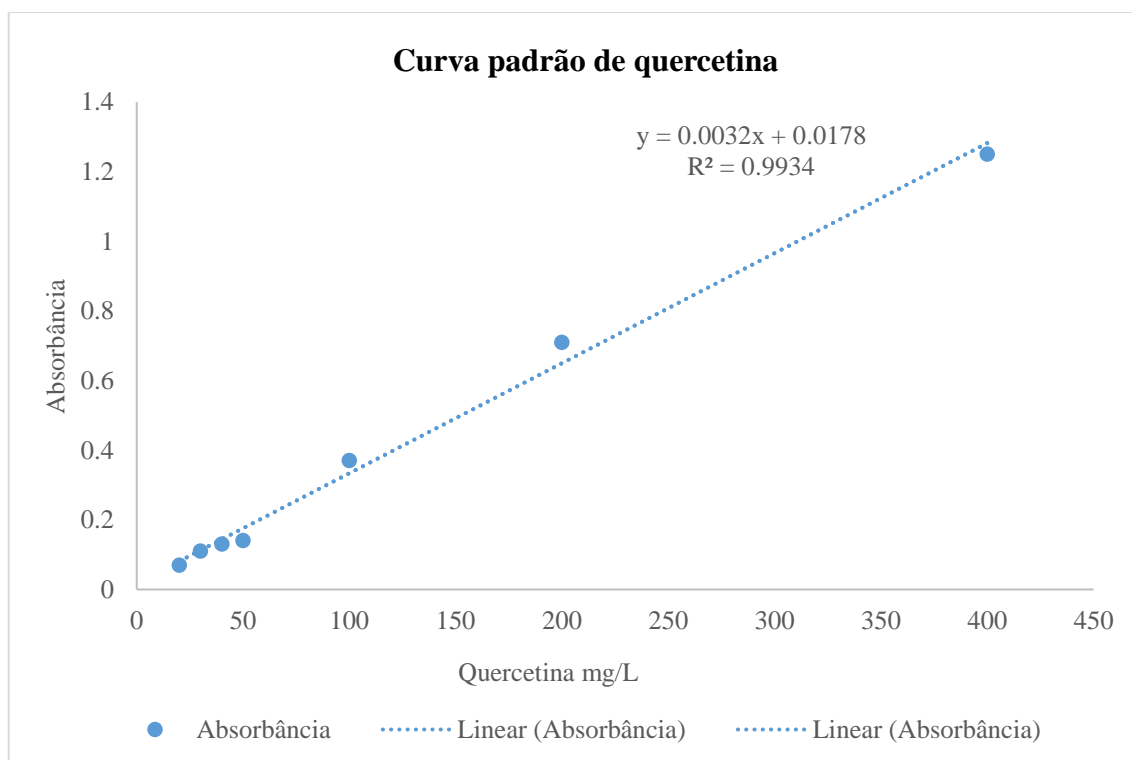
Curva padrão de ácido gálico para determinação dos compostos fenólicos totais.



Fonte: Dados da pesquisa. Teresina, 2020.

APÊNDICE E

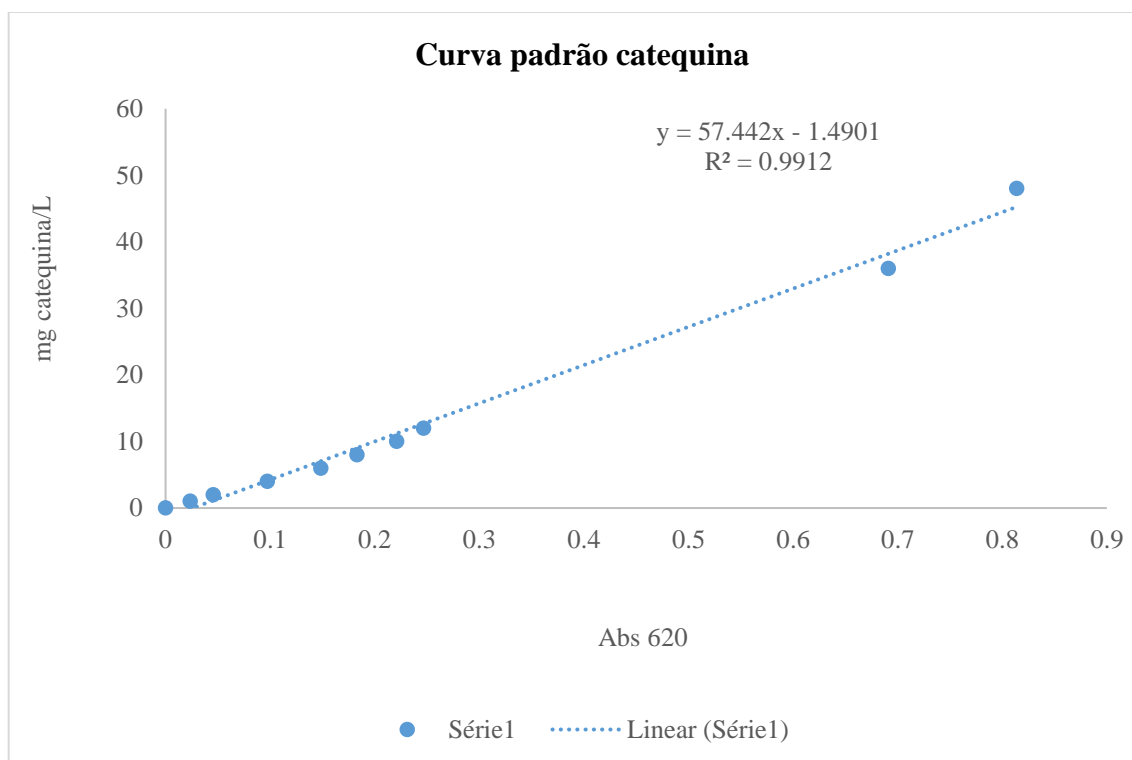
Curva padrão de quercetina para determinação de flavonoides totais.



Fonte: Dados da pesquisa. Teresina, 2020.

APÊNDICE F

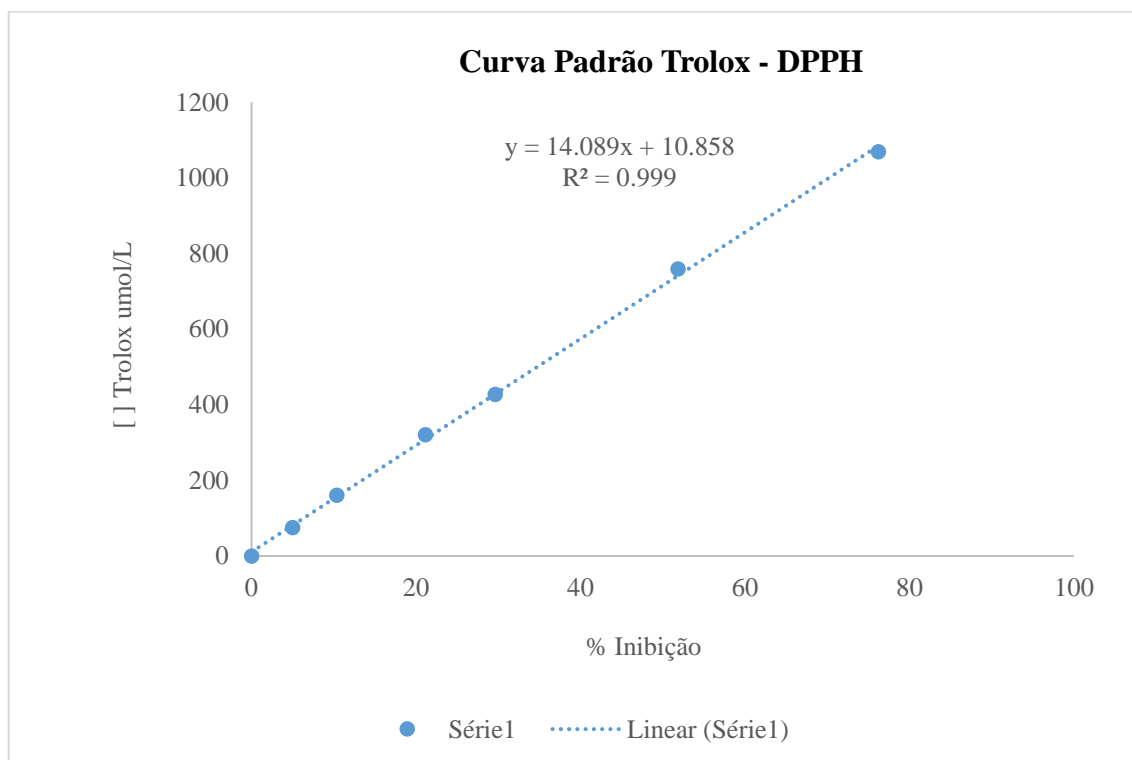
Curva padrão de catequina para determinação de flavonóis.



Fonte: Dados da pesquisa. Teresina, 2020.

APÊNDICE G

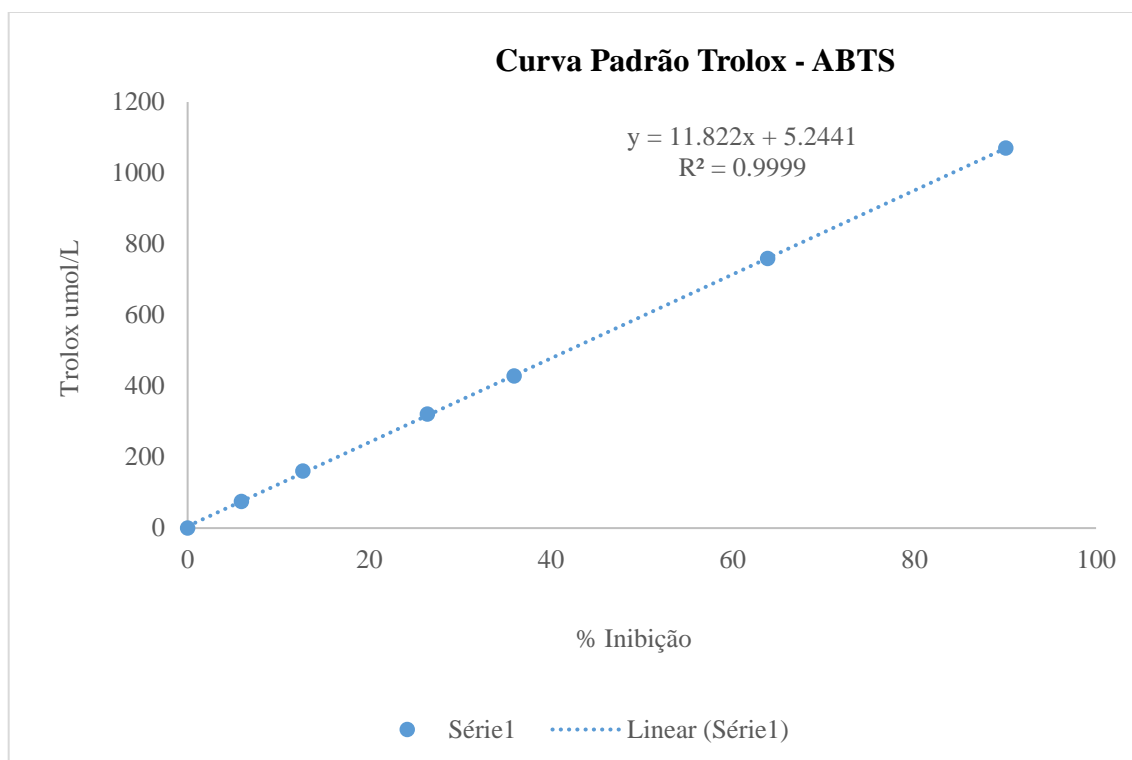
Curva padrão de trolox utilizada na análise da capacidade antioxidante pelo método DPPH.



Fonte: Dados da pesquisa. Teresina, 2020.

APÊNDICE H

Curva padrão de trolox utilizada na análise da capacidade antioxidante pelo método ABTS.



Fonte: Dados da pesquisa. Teresina, 2020.

ANEXOS

ANEXO A – PARECER DE APROVAÇÃO JUNTO AO CEP



UFPI - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PIAUÍ



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de farinha instantânea e produto expandido utilizando cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

Pesquisador: Olímpio José dos Santos

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 61115616.3.0000.5214

Instituição Proponente: Universidade Federal do Piauí - UFPI

Patrocinador Principal: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.806.551

Apresentação do Projeto:

O projeto apresenta uma proposta de pesquisa de Mestrado intitulada: " Desenvolvimento de farinha instantânea e produto expandido utilizando cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)". Justifica a relevância do estudo porque apesar de ser uma tendência o aumento do consumo de produtos alimentícios convenientes saudáveis e nutritivos, no cenário nacional não há uma farinha instantânea a base de feijão-caupi, para preparo rápido de sopas ou caldos. Considerando ainda que o consumo de grãos de leguminosas são reconhecidas por desempenharem um papel fundamental na prevenção de doenças metabólicas tais como diabetes mellitus (BOYE et al., 2010a, De Almeida Costa et al., 2006; Simpson et al., 1981) e doenças coronárias (Simpson et al., 1981; BOYE et al., 2010b).

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário

- Desenvolver através da extrusão termoplástica um produto expandido e uma farinha de cotilédones instantânea de feijão-caupi para preparo rápido de caldo, ambos nutritivos e com boa aceitabilidade sensorial, a partir da farinha de cotilédones de feijão-caupi. Objetivo Secundário

- Avaliar a qualidade nutricional de farinha de instantânea e extrusados expandidos, ambos desenvolvidos a partir de farinha de cotilédones de feijão-caupi processadas por extrusão

Endereço: Campus Universitário Ministro Petronio Portella - Pró-Reitoria de Pesquisa

Bairro: Ininga

CEP: 64.049-550

UF: PI

Município: TERESINA

Telefone: (86)3237-2332

Fax: (86)3237-2332

E-mail: cep.ufpi@ufpi.edu.br



termoplástica utilizando a farinha integral.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: "Os riscos serão mínimos aos participantes, uma vez que os grãos de feijão-caupi utilizados serão do Tipo 1 (alta qualidade), e as etapas de descorticação, moagem e extrusão serão realizados por profissionais qualificados que conhecem e utilizam as boas práticas de fabricação visando garantir a qualidade e segurança do produto alimentício obtido. A qualidade da matéria-prima, a arquitetura dos equipamentos e das instalações, as condições higiênicas do ambiente de trabalho, as técnicas de manipulação, embalagens utilizadas e a saúde dos funcionários envolvidos são pontos importantes que serão levados em consideração para obtenção de produtos alimentícios seguros e de qualidade. [...] Ressalta-se que os 4 lotes de amostras extrusadas selecionadas para análise sensorial, serão primeiro analisados quanto a qualidade microbiológica e presença de compostos antinutricionais, não se detectando nenhum risco sob estes aspectos, os lotes serão encaminhados para a realização da análise sensorial".

Benefícios: "Os resultados da pesquisa irão fornecer informações sobre a qualidade nutricional e sensorial dos produtos extrusados obtidos de feijão-caupi. Por serem alimentos mais saudáveis e nutritivos, e com potencial para prevenir diabetes e doenças coronárias, poderá beneficiar a saúde dos consumidores".

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um estudo de caráter transversal, descritivo e quantitativo. Grãos de feijão-caupi serão descorticados e transformados em farinha de cotilédones, e em seguida será processada em extrusora termoplástica de dupla rosca sob 15 diferentes combinações de: temperatura de extrusão (86,4; 100; 120; 140 e 153,6°C), velocidade de rotação das roscas (163,6; 300; 500; 700; 836,4 rpm) e ajuste no teor de umidade na farinha para o processamento (16,6; 18; 20; 22 e 23,4%), seguindo um delineamento experimental central composto rotacional, que inclui também mais 4 repetições do ponto central, para determinação do erro experimental, totalizando 19 ensaios, que resultarão respectivamente em 19 amostras extrusadas. Após o recrutamento de alunos, professores, funcionários e estagiários, os indivíduos interessados e aptos a participar do estudo serão utilizados para obtenção de dados qualitativos e quantitativos de atributos sensoriais (aceitabilidade geral, aparência, aroma de sabor, crocância, consistência, intenção de compra e espaço para descrever comentários do que mais gostou e o que menos gostou das amostras). Os dados serão tratados por ferramenta estatísticas adequadas, a fim de se obter informações sobre o impacto da qualidade sensorial dos alimentos produzidos. Após a análise de dados espera-se que pelo menos 1 dos 4 produtos selecionados através de características física e físico-químicas, tanto

Endereço: Campus Universitário Ministro Petronio Portella - Pró-Reitoria de Pesquisa
Bairro: Ininga **CEP:** 64.049-550
UF: PI **Município:** TERESINA
Telefone: (86)3237-2332 **Fax:** (86)3237-2332 **E-mail:** cep.ufpi@ufpi.edu.br



Continuação do Parecer: 1.806.551

do extrusado expandido quanto farinha instantânea, apresente aceitabilidade superior em relação aos demais. Serão utilizados no mínimo 100 participantes provedores. Como instrumentos de pesquisa recorrerá além da matéria prima para provar utilizará fichas de avaliação de acordo com o teste a ser aplicado. Define como critério de inclusão provedores, com idade superior a 18 anos até 45 anos. Os dados de análises físicas e físico-químicas das 19 amostras extrusadas expandida e 19 amostras de farinha instantânea de cotilédones de feijãocaupi serão submetidas a análise de variância (ANOVA) e aplicação da análise de regressão múltipla para obter os modelos de regressão que expliquem a variação das respostas, conforme metodologia de superfície de resposta. Para a análise de dados da análise sensorial, teor de compostos bioativos e antinutricionais será realizado a análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A proposta apresenta os componentes básicos exigidos por uma pesquisa acadêmica, referencial teórico que dará sustentação ao estudo, bem como os aspectos éticos do estudo, cronograma e orçamento afirmando ser financiada com recursos próprios. Os objetivos estão coerentes com a proposta de estudo. O pesquisador principal é professor da Universidade Estadual do Piauí estudante do Curso de Mestrado em Nutrição da UFPI, Coordenado por docente da UFPI/PPGN com experiência na temática evidenciada e se comprometem cumprir os termos da Resolução CNS nº 466/12 - e zelar pela privacidade e confidencialidade dos dados.

Recomendações:

Sem recomendações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto apto a ser desenvolvido pois está em consonância com a resolução 466/12

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_P	18/10/2016		Aceito

Endereço: Campus Universitário Ministro Petronio Portella - Pró-Reitoria de Pesquisa
Bairro: Ininga **CEP:** 64.049-550
UF: PI **Município:** TERESINA
Telefone: (86)3237-2332 **Fax:** (86)3237-2332 **E-mail:** cep.ufpi@ufpi.edu.br



Continuação do Parecer: 1.806.551

Básicas do Projeto	ETO_691115.pdf	12:19:20		Aceito
Outros	termodeconfidencialidadeatual.pdf	18/10/2016 12:18:22	Olímpio José dos Santos	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	21/09/2016 15:03:28	JORGE MINORU HASHIMOTO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetodedissertacao.pdf	21/09/2016 15:03:09	JORGE MINORU HASHIMOTO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termoconslivreesci.pdf	21/09/2016 14:48:49	JORGE MINORU HASHIMOTO	Aceito
Outros	instrumentofichasensorial.pdf	21/09/2016 14:47:44	JORGE MINORU HASHIMOTO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaodepqcs.pdf	21/09/2016 14:46:00	JORGE MINORU HASHIMOTO	Aceito
Orçamento	orcamentodetalhado.pdf	05/09/2016 16:52:32	JORGE MINORU HASHIMOTO	Aceito
Outros	cartadeencaminhamento.pdf	05/09/2016 16:45:42	JORGE MINORU HASHIMOTO	Aceito
Outros	curriculum_lattes.pdf	05/09/2016 16:44:12	JORGE MINORU HASHIMOTO	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	05/09/2016 16:39:43	JORGE MINORU HASHIMOTO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

TERESINA, 04 de Novembro de 2016

Assinado por:

Lúcia de Fátima Almeida de Deus Moura
(Coordenador)

Endereço: Campus Universitário Ministro Petronio Portella - Pró-Reitoria de Pesquisa
Bairro: Ininga **CEP:** 64.049-550
UF: PI **Município:** TERESINA
Telefone: (86)3237-2332 **Fax:** (86)3237-2332 **E-mail:** cep.ufpi@ufpi.edu.br

ANEXO B – Ficha para o teste de aceitação



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO – PPGAN

TESTE DE ACEITAÇÃO

Faixa etária: () 18-25 () 26-35 () 36-45 () 46-50 () acima de 50

Você está recebendo 04 amostras de *snacks* de feijão-caupi. Prove a amostra e utilize a escala abaixo para expressar o quanto você gostou ou desgostou das amostras.

9. Gostei muitíssimo
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei levemente
5. Indiferente
4. Desgostei levemente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei muitíssimo

Amostra n°	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários:

ANEXO C – Ficha para o teste de intenção de compra



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO – PPGAN

INTENÇÃO DE COMPRA

Faixa etária: () 18-25 () 26-35 () 36-45 () 46-50 () acima de 50

Você está recebendo 04 amostras de *snacks* de feijão-caupi. Prove a amostra e utilize a escala abaixo para descrever sua intenção de compra.

5. Certamente compraria
4. Provavelmente compraria
3. Talvez comprasse / talvez não comprasse
2. Provavelmente não compraria
1. Certamente não compraria

Amostra n°	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários:

ANEXO D – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do projeto: **Desenvolvimento de farinha instantânea e produto expandido utilizando cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).**

Pesquisador responsável: Izabel Cristina Veras Silva.

Instituição/Departamento: Universidade Federal do Piauí/ Departamento de Nutrição

Telefone para contato (inclusive a cobrar): (89) 9 88408019

Pesquisadores participantes: Prof. Dr. Jorge Minoru Hashimoto, Profa. Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo, Dra. Daniela De Grandi Freitas, M.sc. Izabel Cristina Veras Silva.

Telefones para contato: (89) 9 94128462 / (89) 9 81210412 / (86)3198-0653

Local de coleta de dados: Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos (LASA) do Departamento de Nutrição da UFPI.

Prezado (a) Senhor (a),

Você está sendo convidado (a) a responder às perguntas deste questionário de forma totalmente voluntária. Antes de concordar em participar desta pesquisa e responder este questionário, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas antes que você se decida a participar. Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade e sem perder os benefícios aos quais tenha direito.

Objetivo do estudo: Desenvolver um produto nutritivo, pronto para consumo, através da extrusão utilizando subprodutos derivados do descorticamento dos grãos de feijão-caupi.

Procedimentos: Sua participação nesta pesquisa consistirá no preenchimento deste questionário, respondendo às perguntas formuladas que abordam análise do produto e preferência do mesmo.

Benefícios: Esta pesquisa trará maior conhecimento sobre o tema abordado.

Riscos: Os riscos inerentes a esta pesquisa são mínimos e estão relacionados à indigestibilidade da amostra devido aos fatores antinutricionais presentes na mesma. Ademais, o preenchimento deste questionário não representará qualquer risco de ordem física ou psicológica para você.

Sigilo: As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Os sujeitos da pesquisa não serão identificados em nenhum momento, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em qualquer forma.

A qualquer momento você poderá retirar o consentimento de participação da pesquisa.

Consentimento de Participação da Pessoa como Sujeito

Eu, _____, RG _____, CPF _____, concordo em participar do estudo “**Desenvolvimento de farinha instantânea e produto expandido utilizando cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**”. Fui suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo. Discuti com os pesquisadores responsáveis sobre a minha decisão em participar deste estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido.

Teresina, ____ de _____ de 2017.

Assinatura

N° RG

Izabel Cristina Veras Silva
CPF: 874.685.143-72
Pesquisador Responsável

Observações complementares

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – UFPI – Campus Universitário Ministro Petrônio Portela – Bairro Ininga. Teresina – PI. CEP: 64.049-550.

Tel.: (86) 3237-2332 – e-mail: cep.ufpi@upi.edu.br, web: www.ufpi.br/cep.

Resumo da Obra – O presente estudo avaliou o potencial da cultivar BRS Tumucumaque como matéria-prima no desenvolvimento de produto extrusado tipo *snack*. Seus grãos foram descorticados utilizando-se o processo mecânico de remoção do tegumento, os cotilédones obtidos foram transformados em farinha e, posteriormente, submetida ao processo de extrusão termoplástica. O *snack* obtido apresentou potencial nutritivo e funcional, fonte de proteínas, aminoácidos essenciais, fibras alimentares, carboidratos e minerais, com destaque para as concentrações de ferro e zinco.