



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO - PPGAN

OLIMPIO JOSÉ DOS SANTOS

**Desenvolvimento de farinha instantânea de cotilédones de feijão-caupi
(*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**

Teresina – PI
2017

OLIMPIO JOSÉ DOS SANTOS

**Desenvolvimento de farinha instantânea de cotilédones de feijão-caupi
(*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí-UFPI, como requisito para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Linha de pesquisa: Qualidade de Alimentos

Orientador: Dr. Jorge Minoru Hashimoto

TERESINA – PI

2017

**Universidade Federal do Piauí Serviço
de Processamento Técnico
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências da Saúde**

S237d Santos, Olimpio José dos.
Desenvolvimento de farinha instantânea de cotilédones de feijão-caupi
(*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) / Olimpio José dos Santos. -- 2017.
97 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Pós-
Graduação em Alimentos e Nutrição, 2017.

“Orientador : Prof. Dr. Jorge Minoru Hashimoto.”

Bibliografia

1. Extrusão termoplástica. 2. Caldo de feijão. 3. Leguminosas. 4.
Snacks. I. Título. II. Teresina – Universidade Federal do Piauí.

CDD 664

OLIMPIO JOSÉ DOS SANTOS

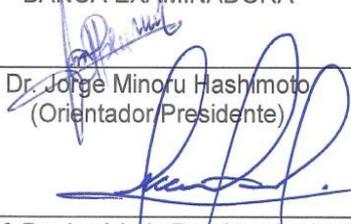
**Desenvolvimento de farinha instantânea de cotilédones de feijão-caupi
(*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**

Pós-Graduação em Alimentos e
Nutrição da Universidade Federal
do Piauí-UFPI, como requisito
para obtenção do título de Mestre
em Alimentos e Nutrição.

Linha de pesquisa: Qualidade
de Alimentos

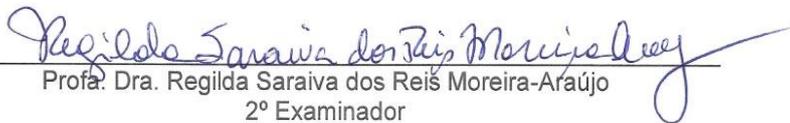
Orientador: Dr. Jorge Minoru
Hashimoto

BANCA EXAMINADORA



Dr. Jorge Minoru Hashimoto
(Orientador/Presidente)

Prof. Dr. José Luis Ramírez Ascheri
1º Examinador



Profa. Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo
2º Examinador



Prof. Dr. Robson Alves da Silva
Suplente

Ao meu Pai José Manoel (*In Memoria*) raiz de todo o meu saber, à minha mãe
Luzia Isabel pelo cuidado comigo,
Aos meus irmãos (Jerônima, Erodina, José, Maria José, Francisca Maria,
Marlene, Faustino, Francisco e Salomão),
Aos meus sobrinhos e sobrinhas, e todos os parentes e amigos,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela sabedoria e pela força que me deu para chegar até aqui.

À UFPI, à Coordenação e todo o corpo docente do PPGAN por me possibilitar a realização dessa conquista. Obrigado!

À Embrapa que possibilitou o desenvolvimento dessa pesquisa. Obrigado!

Ao meu orientador Dr. Jorge Minoru Hashimoto pela paciência e ensinamentos. Obrigado!

Ao Prof. Dr. José Luis Ramírez Ascheri por ter possibilitado a extrusão realizada nesse trabalho e pela receptividade no Rio de Janeiro. Obrigado!

À Profa. Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo, pelas dúvidas sanadas e pelos ensinamentos. Obrigado!

Aos técnicos de laboratório da Embrapa e da UFPI pelo apoio. Obrigado!

À Secretaria Municipal de Educação de Aroeiras do Itaim por ter me liberado para a realização desse projeto. Obrigado!

À minha mãe Luzia; aos meus nove irmãos Jerônima, Erodina, José, Maria José, Francisca Maria, Marlene, Faustino, Francisco e Salomão; aos meus sobrinhos e sobrinhas e todos os parentes pelo apoio e compreensão.

Obrigado!

Ao meu companheiro de convivência nesses últimos dias, Francisco José pela ajuda e compreensão. Obrigado!

Aos meus afilhados Caroline e Marcos pelos os cuidados com a casa na minha ausência e apoio psicológico. Obrigado!

Ao meu amigo Eusébio pelo apoio moral e psicológico. Obrigado!

Aos meus colegas do caupi (Jéssica, Michel, Lunna e Izabel) pelos desabafos, risos e acima de tudo os ensinamentos. Obrigado!

Aos meus colegas de PPGAN pela aprendizagem, ajuda e desopilações.

Obrigado!

Enfim... A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho. Muito OBRIGADO!

*Eu sou maior do era antes, Estou melhor do que era ontem, Eu sou
filho do mistério e do silêncio, Somente o tempo vai me revelar
quem sou... (Daní Black).*

RESUMO

SANTOS, O. J. **Desenvolvimento de farinha instantânea de cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina/PI, 2017.

Produtos obtidos por extrusão termoplástica tem grande importância na alimentação devido à sua praticidade para o consumo, armazenamento, processo de fabricação, estabilidade química e microbiológica. Foi desenvolvida nesta pesquisa uma farinha de cotilédones de feijão-caupi (FCFC) instantânea. Grãos de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque foram descorticados, fragmentados moinho de facas (Renard MFC-180-75-01), transformados em farinha em moinho de rolos (Brabender Quadrumat Senior), submetida ao processamento em extrusora termoplástica de dupla rosca (Clextral Evolum HT25), alimentada à 6,79 kg/h, matriz de 4 furos de 3,8 mm de diâmetro. Foi aplicado um delineamento Composto Central Rotacional utilizando as variáveis independentes: temperatura de processo (TP) (86,4; 100; 120; 140 e 153,6 °C), umidade da farinha (UF) (16,6; 18; 20; 22 e 23,4%) e velocidade de rotação das roscas (VR) (163,6; 300, 500, 700 e 836,4 rpm), consistindo de 15 condições distintas de processo e 5 repetições do ponto central, totalizando 19 tratamentos (T). Os extrusados de cada T foram moídos nas mesmas condições da FCFC e submetidos às análises físicas, composição centesimal, minerais, compostos bioativos, atividade antioxidante e análise sensorial. Os resultados demonstraram que houve interação significativa entre a TP e UF para o índice de expansão radial, entre a TP e VR para o índice de expansão longitudinal, entre a TP, VR e UF para o índice de expansão volumétrica. Somente a VR interferiu significativamente no índice de solubilidade em água e absorção de água. Das propriedades viscoamilográficas apenas Viscosidade Mínima de Resfriamento, viscosidade máxima de resfriamento, Set Back e Viscosidade Final foram influenciadas de forma significativa pelas variáveis independentes. O tempo de reconstituição da suspensão das farinhas de cotilédone de feijão-caupi extrusadas (FCFCE) apresentou diferenças significativas e variou de 6,65 a 40,66 s. Das amostras de FCFCE, o conteúdo de umidade variou de 9,00 a 10,27%, cinzas de 3,49 a 3,82%, lipídeos de 0,67 a 1,76%, proteínas de 21,81 a 25,57% e carboidratos de 69,90 a 73,85%, apresentando diferenças significativas entre pelo menos um dos T em relação aos demais, para essas características. Os teores de minerais (mg/100 g) nas FCFCE foram: Mg de 193,97 a 330,72; Fe de 4,96 a 6,06; P de 204,07 a 365,25; Zn de 2,79 a 3,59; Cu de 0,48 a 0,63; K de 975,74 a 1341,40. O tegumento apresentou o maior teor de compostos fenólicos totais (CFT), flavonoides totais (FT) e atividade antioxidante (AA); enquanto que o T10 (153,6 °C, 500 RPM e a 20% de UF) apresentou o menor teor de CFT e AA; A FCFC apresentou o menor teor de FT; o T8 (140 °C, 700 RPM e a 22% de UF) apresentou o menor teor de taninos condensados, enquanto que os grãos apresentaram o maior, todos estatisticamente diferentes entre si. No teste de aceitação e intenção de compra com 101 assessores sensoriais, o T1 foi o único aceito. Considerando todos os parâmetros analisados, as FCFCE são tecnologicamente e nutricionalmente viáveis para a produção de sopas e caldos.

Palavras-chaves: Extrusão termoplástica. Caldo de feijão. Leguminosas. *Snacks*.

SUMMARY

SANTOS, O. J. **Development of instant meal of cotyledons of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Dissertation (Master degree) - Postgraduate Program in Food and Nutrition, Federal University of Piauí, Teresina / PI, 2017.

Products obtained by thermoplastic extrusion have great importance in food because of their practicality for consumption, storage, and manufacturing process, chemical and microbiological stability. In this research was developed an instant flour of cowpea cotyledons (FCFC). Cowpea grains of BRS Tumucumaque cultivar were dehulled, fragmented in a knife mill (Renard MFC-180-75-01), processed into flour in a mill of rolls (Brabender Quadrumat Senior), submitted to processing in a twin-screw thermoplastic extruder (Cletral Evolum HT25), fed at 6.79 kg/h, matrix of 4-hole die of 3.8 mm in diameter. A Rotational Central Composite Design (DCCR) was applied using the independent variables: process temperature (TP) (86.4, 100, 120, 140, and 153.6 °C), flour moisture content (UF) (16.6, 18, 20, 22, and 23,4%), and screw rotation speed (VR) (163.6, 300, 500, 700, and 836.4 rpm), consisting of 15 different process conditions and 5 repetitions of the central point, totaling 19 treatments (T). The extrudates of each T, were ground under the same conditions of FCFC and submitted to physical analyses, centesimal composition, minerals, bioactive compounds, antioxidant activity, and sensorial analyses. The results showed that there was a significant interaction between TP and UF for the radial expansion index, between TP and VR for the longitudinal expansion index, between TP, VR and UF for the volumetric expansion index. Only VR interfered significantly with water solubility index and water absorption. Of the viscoamilographic properties only Minimal Cooling Viscosity, Maximum Cooling Viscosity, Set Back and Final Viscosity were significantly influenced by the independent variables. The reconstituted time of the extruded cowpea cotyledon (FCFCE) meal suspension presented significant differences and varied from 6.65 to 40.66 s. Samples of FCFCE, moisture content varied from 9.00 to 10.27%, ashes from 3.49 to 3.82%, lipids from 0.67 to 1.76%, proteins from 21.81 to 25.57% and carbohydrates from 69.90 to 73.85%, presenting significant differences between at least one T in relation to the others, for these characteristics. The mineral contents (mg / 100 g) in FCFCE were: Mg from 193.97 to 330.72; Fe: 4.96 to 6.06; P from 204.07 to 365.25; Zn of 2.79 to 3.59; Cu of 0.48 to 0.63; K from 975.74 to 1341.40. The tegument presented the highest content of total phenolic compounds (CFT), total flavonoids (FT) and antioxidant activity (AA); While the T10 (153.6 °C, 500 RPM and 20% of UF) had the lowest CFT and AA content; the FCFC presented the lowest FT content; T8 (140 °C, 700 RPM and 22% of UF) had the lowest content of condensed tannins, while the grains presented the highest, all statistically different from each other. In the acceptance test and intention of purchasing test with 101 sensory advisors, the T1 was the only accepted. Considering all the parameters analyzed, FCFCE are technologically and nutritionally viable for the production of soups and broths.

Key-words: Thermoplastic extrusion. Bean broth. Legumes. Snacks.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Delineamento experimental utilizado para extrusão termoplástica de farinha de cotilédones de feijão-caupi.	26
Tabela 2. Índices de expansão dos extrusados de farinha de cotilédone de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.).....	38
Tabela 3. Análise de variância da variável resposta Índice de Expansão Radial.	40
Tabela 4. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Índice de Expansão Radial em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.	40
Tabela 5. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Índice de Expansão Longitudinal em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.	42
Tabela 6. Análise de variância da variável resposta Índice de Expansão Longitudinal.	42
Tabela 7. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Índice de Expansão Longitudinal em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.	42
Tabela 8. Análise de variância da variável resposta Índice de Expansão Volumétrica em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.	43
Tabela 9. Índice de Solubilidade em Água e Índice de Absorção de Água dos produtos extrusados de farinha de cotilédone de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.).....	44
Tabela 10. Análise de variância da variável resposta Índice de Solubilidade em Água (ISA).....	46
Tabela 11. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Índice de Solubilidade em Água (ISA) em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.	46
Tabela 12. Análise de variância da variável resposta Índice de Absorção em Água (IAA).....	47
Tabela 13. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Índice de Absorção de Água (IAA) em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.	47
Tabela 14. Resultados da caracterização de viscosidade das farinhas de cotilédones de feijão-caupi.	49
Tabela 15. Análise de variância da variável resposta Viscosidade Máxima Frio.	50
Tabela 16. Análise de variância da variável resposta Viscosidade Máxima.	50
Tabela 17. Análise de variância da variável resposta Viscosidade Mínima de Resfriamento.	51

Tabela 18. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Viscosidade Mínima de Resfriamento (VMinR) em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.	51
Tabela 19. Análise de variância da variável resposta Break Down (Quebra de viscosidade).	53
Tabela 20. Análise de variância da variável resposta viscosidade máxima de resfriamento (VMaxR).	54
Tabela 21. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Viscosidade Máxima de Resfriamento (VMaxR) em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.	54
Tabela 22. Análise de variância da variável resposta Set Back.	55
Tabela 23. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Set Back em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.	56
Tabela 24. Análise de variância da variável resposta Viscosidade Final.	57
Tabela 25. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Viscosidade Final em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.	57
Tabela 26. Granulometria e diâmetro das farinhas de cotilédone feijão-caupi extrusadas (FCFCE) e da farinha de cotilédone crua (FCFC).	62
Tabela 27. Composição centesimal das farinhas extrusadas e da farinha de cotilédone de feijão-caupi crua.	64
Tabela 28. Composição centesimal da matéria-prima e dos subprodutos da descorticação do feijão-caupi.	64
Tabela 29. Composição centesimal dos tratamentos da farinha de cotilédone de feijão-caupi extrusadas (FCFCE).	65
Tabela 30. Conteúdo de minerais das farinhas extrusadas e da farinha de cotilédone de feijão-caupi crua.	71
Tabela 31. Conteúdo de minerais dos tratamentos extrusados da farinha de cotilédone de feijão-caupi.	72
Tabela 32. Conteúdo de elementos minerais da matéria-prima e dos subprodutos da descorticação do feijão-caupi.	73
Tabela 33. Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante dos extrusados de farinha de cotilédones de feijão-caupi selecionados e dos subprodutos da matéria-prima.	74
Tabela 34. Resultado das análises microbiológicas da amostra de farinha extrusada de cotilédones de feijão-caupi.	77
Tabela 35. Aceitação dos caldos de farinha de cotilédone de feijão-caupi extrusada (FCFCE) com base na frequência de notas entre 6 e 9 do teste de escala hedônica.	78
Tabela 36. Intenção de comprar os caldos de farinha de cotilédone de feijão-caupi extrusadas (FCFCE), numa escala de 1 a 5.	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Extrusor termoplástico dupla-roscas (Clextral Evolum HT25, França) utilizado na elaboração dos <i>snacks</i> extrusados.	25
Figura 2. Extrusados da farinha de cotilédone de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque obtidos de cada condição de processo.	39
Figura 3. Efeito da umidade e da temperatura de extrusão sobre o Índice de Expansão Radial das farinhas extrusadas de feijão-caupi a 500 RPM de rotação.	41
Figura 4. Efeito do conteúdo de umidade e da rotação da rosca da extrusora sobre o índice de solubilidade em água das farinhas extrusadas de feijão-caupi, a 120°C.	45
Figura 5. Efeito da temperatura de extrusão e da rotação da rosca da extrusora sobre o índice de absorção de água (IAA) das farinhas extrusadas de feijão-caupi, a 22% de umidade.	48
Figura 6. Efeito da temperatura de extrusão e da rotação da rosca da extrusora sobre a viscosidade mínima de resfriamento das farinhas extrusadas de feijão-caupi, a 20% de umidade.	52
Figura 7. Efeito da rotação e da temperatura sobre o Set Back (Tendência a Retrogradação) das farinhas extrusadas de feijão-caupi, à umidade de 20%.	56
Figura 8. Três repetições da reconstituição do tratamento T9 no tempo 30min.	58
Figura 9. Aspecto visual de reconstituição das farinhas extrusadas de feijão-caupi.	60
Figura 10. Reconstituição da farinha de cotilédone de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque.	61
Figura 15. Aparência física das farinhas de cotilédone de feijão-caupi extrusadas (FCFCE) da cultivar BRS Tumucumaque, da matéria-prima (FCFC) grãos inteiros e subprodutos do descorticação.	63
Figura 12. Gráfico de distribuição de intenção de compra nos caldos de farinha extrusada de cotilédones de feijão-caupi.	79

LISTA DE QUADROS

1. Composição centesimal ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) em base seca..... 19
2. Resultados do teste de reconstituição das farinhas extrusadas de feijão-caupi..... 58

LISTA DE SIGLAS E ABREVIÇÕES

ANOVA – Análise de variância
AOAC – Association of Official Analytical Chemists
CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
DCCR – Delineamento Composto Central Rotacional
EC – equivalentes de catequina
FAO – Food and Agriculture Organization
FCFC – farinha de cotilédones de feijão-caupi
FCFCE – farinha de cotilédones de feijão-caupi extrusada
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
g – grama
ha – hectare
hab – habitante
IAA – índice de absorção de água
IEL – índice de expansão longitudinal
IER – índice de expansão radial
IEV – índice de expansão volumétrica
ISA – índice de solubilidade em água
Kg – quilograma
m/v – massa por volume
mg – miligrama
mg EAG – miligramas de equivalente de ácido gálico
mg EQ – miligramas de equivalentes de quercetina
mL - mililitro
mm – milímetro
MSR – Metodologia de Superfície Resposta
nm – nanômetro
°C – grau Celsius
PI – Piauí
POF – Pesquisa de Orçamento Familiar
ppm – partes por milhão
RJ – Rio de Janeiro
RPM – rotação por minuto
s – segundo
SAMA – Solução Ácida de Molibdato de Amônia
TEAC – atividade antioxidante equivalente ao Trolox
UFC – Unidade formadora de colônia
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
v/v – volume por volume
VF – viscosidade final
VMaxR – viscosidade máxima de resfriamento
VMinR – viscosidade mínima de resfriamento
µm – micrômetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	17
2.1.	Geral	17
2.2.	Específicos.....	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1.	Feijão-caupi no Brasil.....	18
3.2.	Qualidade nutricional do grão de feijão-caupi	19
3.3.	Melhoramento genético do feijão-caupi.....	19
3.4.	Extrusão termoplástica.....	20
3.5.	Farinha extrusada instantânea.....	22
4	METODOLOGIA	24
4.1.	Local e período de estudo.....	24
4.2.	Seleção da cultivar de feijão-caupi.....	24
4.3.	Obtenção das farinhas	24
4.4.	Processo de extrusão e delineamento experimental.....	25
4.5.	Determinação da granulometria e diâmetro médio da partícula.....	27
4.6.	Caracterização da farinha e dos produtos de extrusados	27
4.7.	Caracterização microbiológica da matéria-prima e das farinhas de cotilédones de feijão-caupi extrusadas (FCFCE)	35
4.8.	Análise sensorial das farinhas instantâneas	35
4.9.	Análise estatística	37
5	RESULTADOS.....	38
5.1.	Propriedades Físicas dos Extrusados	38
5.2.	Propriedades funcionais dos extrusados e das farinhas	43
5.3.	Propriedades viscoamilográficas.....	48
5.4.	Composição centesimal	63
5.5.	Conteúdo de elementos minerais.....	67
5.6.	Compostos fenólicos e atividades antioxidantes.....	74
5.7.	Análises microbiológicas	76
5.8.	Análise sensorial	77
5.9.	Relacionamento entre as variáveis	79
6	CONCLUSÕES	81
	REFERÊNCIAS.....	82
	ANEXOS E APÊNDICES	87

1 INTRODUÇÃO

A previsão é de que na safra 2016/2017 de grãos o Brasil tenha um aumento de 24,3% em relação à safra passada. A produção nacional total de feijão deverá ser de 3.327,8 mil toneladas, 32,4% maior que a última temporada. A produção de feijão-caupi também apresentará incremento, com uma previsão de colheita de 669,2 mil toneladas, representando um aumento de 84,6% em relação à safra passada. A sua produção se concentra no Nordeste (384,2 mil toneladas ou 57,4% da produção nacional), mais particularmente no Ceará, Bahia e Piauí. O preço pesquisado em fevereiro de 2017 no Mato Grosso foi de R\$188,33 a saca de 60 kg (CONAB, 2017).

De acordo com a FAO (2015) os cinco maiores produtores mundiais de feijão-caupi tem sido a Nigéria (2,1 milhões de toneladas), Níger (1,6 milhões de toneladas), Burkina Faso (571 mil toneladas), Tanzânia (191 mil toneladas) e Mianmar (115 mil toneladas). No entanto esses dados podem estar subestimados em função de países como Brasil, Índia, entre outros não apresentarem estatísticas separadas de feijão-caupi e feijão comum, e considerando as estimativas da CONAB (2017), o Brasil se enquadraria como o terceiro maior produtor mundial de feijão-caupi (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2016).

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] apresenta uma grande variabilidade genética permitindo assim seu uso para várias finalidades e em diversos sistemas de produção. No Brasil, há três segmentos de mercado para essa cultura: grãos secos, feijão-verde (vagem e grãos verdes) e sementes. Trata-se de um alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro, destaca-se pelo alto valor nutritivo, além do baixo custo de produção. É amplamente cultivado pelos pequenos produtores, constituindo-se em um dos principais componentes da dieta alimentar, especialmente na zona rural (LOURENÇO et al., 2013; SOUSA et al., 2015).

No entanto, feijões necessitam de aquecimento antes do consumo tanto para inativar fatores antinutricionais e substâncias tóxicas como para aumentar a sua digestibilidade e melhorar a sua palatabilidade. Nesse sentido, estudos tem utilizado o processo de extrusão para o tratamento térmico deste grão.

Pois, esse processo promove a gelatinização do amido resultando em grande absorção de água e permitindo também a proteólise mais extensiva, o que favorece a digestibilidade das proteínas (SOARES JUNIOR et al., 2011). Ainda há poucos estudos utilizando processos de extrusão com feijão-caupi.

Nos últimos anos muitas famílias brasileiras vêm substituindo a sua dieta tradicional, baseada em arroz com feijão, por outros alimentos de menor valor nutricional e complementariedade. De acordo com os estudos do Brasil Food Trends, FIESP (2010), 34% dos brasileiros escolhem os alimentos utilizando como critério a conveniência e praticidade.

Dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008 – 2009 revelaram que o brasileiro está gastando cada vez mais com refeições fora do domicílio, especialmente nas áreas urbanas. Isso é consequência de mudanças nos costumes da sociedade moderna, onde cada vez mais mulheres ingressam no mercado de trabalho e a necessidade de ganhar tempo na cozinha, levando a dona de casa a optar por pratos de preparo rápido e muitas vezes prontos, em detrimento do tradicional arroz com feijão (MOURA, 2012). Comparando a POF 2002 – 2003 com a POF 2008 – 2009, o consumo domiciliar per capita anual de feijões no Brasil caiu de 12,4 kg/hab/ano em 2002 – 2003 para 9,1 kg/hab/ano em 2008 – 2009, uma queda de 26,4% (WANDER; CHAVES, 2011).

O desafio da indústria de alimentos é desenvolver produtos de conveniência, como cereais matinais e “*snacks*” de alto teor de nutrientes, utilizando matérias-primas mais nutritivas para atender às necessidades da população. Nesse sentido, os produtos extrusados por incluir uma variedade de produtos com diferentes formas, por se apresentarem prontos para o consumo ou por serem de preparo rápido, ou instantâneo e serem de fácil transporte e armazenamento, continuam apresentando tendência de aumento de consumo, principalmente para serem ingeridos entre as principais refeições.

O feijão-caupi é um alimento com um ótimo valor nutritivo, apresentando de 59 a 61% de carboidratos, de 1 a 3% de lipídios e de 22 a 24% de proteínas com uma boa quantidade de aminoácidos essenciais, havendo pequenas variações de nutrientes de acordo com a cultivar e condições de cultivo. Em relação ao conteúdo de minerais apresenta em média 6,8 mg/100 g de ferro, 4,1 mg/100 g de zinco, 140,0 mg/100 g de cálcio, apresentando também

quantidades razoáveis de fósforo e potássio (BARROS, 2014; FROTA et al., 2008).

Além dos macronutrientes e minerais, o feijão-caupi também apresenta quantidade significativa de compostos fenólicos totais, flavonoides, taninos, fibras e vitaminas (BARROS, 2014; PINHEIRO, 2013; FROTA et al., 2008). A elaboração de produtos alimentícios à base de feijão-caupi promove uma melhoria na qualidade nutricional, se comparado a produtos à base de trigo, mandioca, milho ou batata, por apresentar uma quantidade maior de proteínas. Numa substituição total do trigo, apresentará o diferencial de não conter glúten.

Desta forma, considerando a qualidade nutricional do feijão-caupi e a praticidade e a conveniência dos produtos extrusados, observa-se que a associação destas duas características favorece uma sinergia em potencial para se obter uma excelente opção de alimentos nutritivo de amplo espectro de aceitação, sendo os produtos crocantes destinados especialmente para crianças, e, as farinhas instantâneas, para o preparo rápido de sopas nutritivas, alimento que pode ser destinado para qualquer faixa etária e podendo ser destinado também para o consumo entre as principais refeições.

2 OBJETIVOS

2.1. Geral

- Desenvolver uma farinha instantânea nutritiva à base de farinha de cotilédones de feijão-caupi.

2.2. Específicos

- Selecionar uma cultivar comercial contemporânea de feijão-caupi baseado nas suas características nutricionais e de adoção para produção agrícola;
- Testar diferentes condições do processo de extrusão termoplástica para obtenção de farinha integral instantânea apropriada para preparo de sopas e / ou caldos;
- Realizar as análises físico-químicas da farinha integral de feijão-caupi, da farinha de cotilédone crua e das farinhas de cotilédones extrusadas;
- Determinar o teor de compostos bioativos e atividade antioxidante dos 06 melhores produtos selecionados e da matéria-prima.
- Realizar as análises microbiológicas das 06 melhores farinhas extrusadas;
- Verificar a aceitação sensorial e intenção de compra das 04 melhores farinhas instantâneas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Feijão-caupi no Brasil

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma cultura de origem africana e introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no estado da Bahia. Desse local, o feijão-caupi foi disseminado para todo o país. No Piauí, que foi colonizado do sertão para o litoral, há citação do cultivo de feijão em 1697, indicando que houve disseminação dessa cultura, principalmente na região Nordeste e desta para todo o país (FREIRE FILHO et al., 2011).

Comumente chamado de feijão de corda ou feijão macassar, o feijão-caupi é um alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro. Constitui-se uma das principais culturas alimentares desta região e também do oeste da África. Dos produtos agrícolas encontrados nas regiões tropicais, o caupi se destaca pelo alto valor nutritivo, além do baixo custo de produção. É amplamente cultivado pelos pequenos produtores, constituindo um dos principais componentes da dieta alimentar, especialmente na zona rural (LOURENÇO et al., 2013).

O feijão-caupi tem grande importância econômica, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. Tomando por base os dados de área e produção média entre os anos de 2004 a 2008, um hectare de feijão-caupi gera 0,8 empregos/ano, seu consumo per capita é de 18,21 kg/pessoa/ano e o preço da saca de 60 quilogramas de feijão-caupi é de R\$ 110,00 (HETZEL, 2009; BRASIL, 2016). Na Região Nordeste, entre 1996 e 2003, o feijão-caupi ocupou 1.332.098 hectares de área cultivada média anual, tendo gerado 416.362 toneladas de grãos, com a produtividade média de 313 kg.ha⁻¹ (EMBRAPA, 2015).

No Brasil, existem três segmentos de mercado para a cultura do feijão-caupi: grãos secos, feijão-verde (vagem e grãos verdes) e sementes. Esses dois últimos são mercados crescentes. O termo “verde” se refere mais ao estágio em que a vagem é colhida do que propriamente à cor dos grãos (SOUSA et al., 2015).

3.2. Qualidade nutricional do grão de feijão-caupi

Considerando a recomendação de ingestão diária (U.S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2015) o grão de feijão-caupi é um alimento rico em proteínas. O grão desta leguminosa tem em média de 23 a 28% de proteínas. No Quadro 1 está apresentada a composição centesimal de diferentes cultivares de feijão-caupi determinada por três autores. Este grão de feijão também é fonte de carboidratos, destacando-se pelo alto teor de fibras alimentares, vitaminas e minerais, além de possuir baixa quantidade de lipídios que, em média, é de 2%. O valor nutritivo das proteínas depende de vários fatores, como a digestibilidade, perfil de aminoácidos essenciais, concentração de fatores antinutricionais e processamento. As fibras mais importantes são a celulose, os polissacarídeos não amiláceos e a lignina com valor acima de 19 g em 100 g de grãos (FROTA et al., 2008; PEREIRA, 2013).

Quadro 1. Composição centesimal (g.100 g⁻¹) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.).

Autor	Cultivar	Carboidratos	Lipídios	Proteínas	Umidade	Cinzas
Barros, 2014	BRS Tumucumaque	60,63	1,69	23,57	10,44	3,67
Frota et al., 2008	BRS Milênio	51,40	2,20	24,5	6,00	2,60
Pinheiro, 2013	Pingo de ouro 1-2	53,24	2,52	27,76	12,91	3,56

Tendo em vista que as necessidades proteicas são maiores na infância do que em adultos e adolescentes, em uma base por quilograma de peso corpóreo, a ingestão de grãos de feijão-caupi justifica-se nessa fase pelo alto teor proteico (PEREIRA, 2013).

3.3. Melhoramento genético do feijão-caupi

O melhoramento genético do feijão-caupi no Brasil começou na segunda metade do século XVI com a introdução de cultivares. Nesse período, os agricultores escolhiam aquelas que mais lhes agradavam para plantio e consumo. O melhoramento genético de feijão-caupi, propriamente dito, muito provavelmente, começou em 1925, quando Henrique Løbbe publicou um

trabalho no qual avaliou 12 cultivares. Pontes publicou em 1962 um trabalho sobre melhoramento de feijão-caupi, mas não havia recomendação sobre a utilização de cultivares. Na primeira metade dos anos 60, os Institutos Agropecuários do Norte e Nordeste foram responsáveis pelo desenvolvimento de pesquisas visando o melhoramento genético desse tipo de feijão. A Embrapa começou a desenvolver estudos de melhoramento do feijão-caupi desde 1977, no entanto foi a partir de 1991, que esse tipo de pesquisa foi atribuído a Embrapa Meio-Norte (FREIRE FILHO et al., 2011).

O melhoramento genético do feijão-caupi atual enfatiza o estudo de parâmetros genéticos de caracteres mais relacionadas ao mercado de vagens e grãos verdes como: comprimento de vagem, tamanho de grão, índice de grãos, facilidade de debulha da vagem, produtividade de vagens e de grãos; e a qualidade nutricional e culinária dos grãos como: aumentar os teores de proteínas, ferro, zinco e fibras alimentares dos grãos, melhorar a qualidade visual e culinária; e o processamento pós-colheita dos grãos (SOUSA et al., 2015; FREIRE FILHO et al., 2011).

3.4. Extrusão termoplástica

O processo de extrusão termoplástica combina várias operações unitárias incluindo procedimentos como mistura, cozimento, amassamento, cisalhamento, formatação e moldagem. É uma técnica de processamento de alimentos que por sua versatilidade tem proporcionado numerosas aplicações, e começou a ser utilizada industrialmente com maior intensidade a partir de 1990 (CARVALHO et al., 2012; MOURA, 2012).

A extrusão termoplástica consiste em um processo térmico de curta duração que utiliza temperaturas elevadas, nas quais materiais amiláceos e/ou proteicos umedecidos são plasticizados e cozidos pela combinação de umidade, pressão, temperatura e cisalhamento mecânico, levando a uma reestruturação das matérias-primas para criar novas formas e texturas, podendo melhorar as propriedades sensoriais. Este processamento permite a obtenção de um efeito nutricional benéfico no produto, uma vez que viabiliza a mistura de diferentes matérias-primas e outros nutrientes, enriquecendo o alimento, além de permitir maior facilidade na produção de misturas

alimentícias destinadas ao consumo humano, amplia a variedade de produtos alimentícios disponíveis no mercado, atingindo diversas faixas etárias, viabiliza a utilização de várias misturas de diferentes matérias-primas ricas em proteínas e amido, melhorando a digestibilidade e textura dos alimentos, e prolonga a vida de prateleira. É um processo que destrói micro-organismos, inativa complexos enzimáticos e componentes antinutricionais (CARVALHO et al., 2012; MARQUES et al., 2015).

O baixo teor de umidade, a alta taxa de cisalhamento e a alta temperatura são condições presentes na extrusão termoplástica que provocam a gelatinização e a dextrinização do amido, causando alterações nas propriedades físico-químicas do alimento (MARQUES et al., 2015).

Levando em consideração o método de operação, os extrusores são classificados em extrusores a frio ou de cozimento (ou termoplástico); e considerando a construção do aparelho, em extrusores de rosca única ou de rosca dupla; sendo que os princípios de operação são similares e as diferenças associada ao produto final ao qual o processo se destina. O processo de cozimento por extrusão teve seu início da década de 40 com a fabricação de “snacks” (MOURA, 2012).

A extrusão permite maior facilidade na produção de misturas alimentícias como alimentos infantis, proteínas vegetais texturizadas, bebidas em pó instantâneas, amido modificado para uso industrial, torradas, cereais pré-cozidos, *snacks*, farinhas instantâneas e amido pré-gelatinizado utilizado na formulação de sopas de preparo rápido, molhos semiprocessados, produtos de confeitaria, caramelos, confeitos de amendoim, gomas de frutas, goma de mascar, surimi, caseinatos, entre outros (MARQUES et al., 2015).

Algumas desvantagens e desafios futuros como a produção de acrilamida também são alvos dos estudos de aperfeiçoamento da tecnologia de extrusão termoplástica. Por ser um processo que envolve alta temperatura e curto tempo de residência, podendo ocorrer, de acordo com as condições de processo utilizadas, reações como a de *Maillard* e menores perdas de nutrientes (MARQUES et al., 2015; SOARES JÚNIOR et al., 2011).

O processo de extrusão pode provocar diferentes reações como destruição de aminoácidos por oxidação, principalmente dos que contêm enxofre, alteração de ligações entre aminoácidos, o que pode retardar sua

liberação no processo digestivo e formação de ligações não hidrolisáveis durante a digestão. No entanto, também pode agir positivamente possibilitando a inativação enzimática e destruição de fatores antinutricionais do grão de feijão. Grande parte das substâncias tóxicas de grãos de leguminosas podem ser inativadas ou destruídas no aquecimento (SOARES JÚNIOR et al., 2011).

Na extrusora termoplástica de dupla rosca é possível executar praticamente todas as operações do ciclo produtivo o que permite uma maior versatilidade na elaboração de produtos. A junção encaixada das roscas permite um alto grau de cisalhamento, produzindo uma ótima dispersão e homogeneização, bem como a sua autolimpeza e a dos cilindros, evitando danos ao produto fabricado, além de permitir uma alta produtividade por ser mais veloz que uma de rosca única (GUERREIRO, 2007).

3.5. Farinha extrusada instantânea

Devido à necessidade atual de uma alimentação fora do lar, está em crescimento o consumo de produtos em pequenas porções (*snacking, finger food*), produtos embalados para consumo individual (monodoses), produtos adequados para comer em trânsito ou em diferentes lugares e situações. Entretanto, essas tendências convergem com as necessidades de saudabilidade e bem-estar, resultando no aumento da demanda de alimentos convenientes, tais como bebidas à base de frutas, *snacks* de vegetais, iogurtes e outros (FIESP, 2015).

Produtos em pó de reconstituição instantânea tem grande importância na alimentação atual devido sua versatilidade no manuseio, armazenamento, processo de fabricação, estabilidade química e microbiológica. Entre esses produtos estão os leites (integral e desnatado), alimentos destinados a crianças em fase de aleitamento, bebidas à base de cacau, café e malte, café solúvel, sopas desidratadas instantâneas, suplementos proteicos, pré-misturas para panificação, leveduras, enzimas e aromas, entre outros (TEBAS, 2014).

As principais propriedades funcionais do amido extrusado quando disperso em água são a absorção e a solubilização em água, permitindo a formação de gel mesmo com a água em temperatura ambiente. Essa propriedade é o ponto de partida para a confecção de farinhas desidratadas

pré-gelatinizada que pode ser usada para preparo de alimento instantâneo (BORBA, 2005).

O índice de absorção de água (IAA) está relacionado com a disponibilidade de grupos hidrofílicos (-OH) em se ligar às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido (TROMBINI, 2010), enquanto o Índice de Solubilidade em Água (ISA) está relacionado com a quantidade de moléculas solúveis presentes em uma amostra seca e mede indiretamente a intensidade do tratamento térmico utilizado em função da gelatinização, dextrinização e a resultante solubilização do amido (TEBAS, 2014).

Dependendo da matéria-prima, o ISA aumenta com a severidade do tratamento e com o decréscimo da umidade, e acontece quando há maior dextrinização, ou seja, quanto maior a degradação das moléculas de amido em moléculas menores (dextrinas), que são mais solúveis em água e maior será o ISA (MOURA, 2012).

Outra propriedade importante do amido extrusado é o índice de expansão, que está relacionado com os teores de amilose e amilopectina. Enquanto a amilopectina favorece a expansão radial, a amilose favorece a expansão longitudinal (MEZA, 2015). Baixo teor de fibras ou de gordura e alto teor de amido estão relacionados com a maior expansão dos extrusados, enquanto que em baixas temperaturas de extrusão o índice de expansão é menor (COUTINHO, 2013; MIKALOUSKI et al., 2014; OLIVEIRA, 2013).

O grão de feijão-caupi, além de ser fonte de proteínas também é rico em amido, favorecendo assim, seu uso no processo de extrusão para a obtenção de farinhas instantâneas de rápida reconstituição, que podem ser utilizadas na preparação de sopas ou caldos.

4 METODOLOGIA

4.1. Local e período de estudo

A descorticação dos grãos foi realizada na empresa Máquinas Suzuki S/A, Santa Cruz do Rio Pardo (SP) e a moagem da matéria-prima na Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP), Campinas (SP); o processo de extrusão e a análise das variáveis físicas foram realizados na Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro (RJ); as análises centesimais, de minerais, reconstituição, granulometria foram realizadas na Embrapa Meio-Norte, Teresina (PI); e as análises de compostos bioativos e sensorial foram realizadas na Universidade Federal do Piauí, Teresina (PI). A pesquisa foi desenvolvida entre abril de 2016 e agosto de 2017.

4.2. Seleção da cultivar de feijão-caupi

A cultivar selecionada para a obtenção da farinha extrusada foi a BRS Tumucumaque, esta apresenta ampla adaptação aos ambientes, é precoce e os grãos têm boa aceitação, além apresentar um bom teor de proteína, é rico em ferro e zinco, é de cozimento rápido e possui um excelente aspecto visual após o cozimento, e no processo de descorticação ou remoção do tegumento por processo mecânico (fricção) e abrasivo apresentou melhor rendimento em cotilédones íntegros e isentos de tegumentos.

4.3. Obtenção das farinhas

Grãos de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque foram submetidos à descorticação mecânica em equipamento de processo contínuo (Suzuki MB-1) para obtenção de cotilédones isentos de tegumento. Os cotilédones foram transformados em farinha pela trituração em moinho de facas (Renard MFC-180-75-01) com uma tela de abertura de 3 mm de diâmetro acoplado na saída, permitindo passagem de fragmentos de diâmetro inferior à abertura mencionada, seguido da passagem no moinho de rolos (Brabender Quadrumat Senior). As farinhas extrusadas foram obtidas utilizando a mesma metodologia aplicada para obtenção da farinha de cotilédones.

4.4. Processo de extrusão e delineamento experimental

O processo de extrusão foi realizado em extrusora de dupla rosca (Clextral Evolum HT25), equipada com matriz de 4 furos de 3,8 mm de diâmetro e taxa de alimentação de 6,79 kg/h. Foram utilizadas três variáveis independentes de processo: a umidade da matéria-prima, a temperatura de processo e a velocidade de rotação das roscas, em 5 níveis ($-\sqrt[4]{8}$, -1, 0, +1 e $\sqrt[4]{8}$). De acordo com Arteaga et al. (1994) um delineamento para três variáveis deve conter um mínimo de $2^n + 2n + 1$ experimentos, sendo “n” o número de variáveis, compreendendo 2^n pontos fatoriais, $2n$ pontos axiais e um ou mais pontos no centro do delineamento. Os efeitos combinados dessas variáveis sobre as características tecnológicas dos produtos foram avaliados através de um Delineamento Composto Rotacional (DCCR) da Metodologia de Superfície Resposta (MSR).



Figura 1. Extrusor termoplástico dupla-rosca (Clextral Evolum HT25, França) utilizado na elaboração dos snacks extrusados.

Fonte: arquivo pessoal.

O delineamento utilizado constou de 8 pontos fatoriais, 6 pontos axiais e arbitrou-se a adoção de 5 repetições no ponto central (C), totalizando assim 15 condições distintas de processo, totalizando 19 experimentos, conforme apresentado na Tabela 1. Os níveis das variáveis foram definidos baseando-se em dados de literatura e ensaios preliminares.

Tabela 1. Delineamento experimental utilizado para extrusão termoplástica de farinha de cotilédones de feijão-caupi.

Tratamentos	Código das variáveis			Variáveis reais		
	Temperatura	RPM	Umidade	Temperatura (°C)	RPM	Umidade (%)
1	-1	-1	-1	100	300	18
2	-1	1	-1	100	700	18
3	1	-1	-1	140	300	18
4	1	1	-1	140	700	18
5	-1	-1	1	100	300	22
6	-1	1	1	100	700	22
7	1	-1	1	140	300	22
8	1	1	1	140	700	22
9	$-\sqrt[4]{8}$	0	0	86,4	500	20
10	$\sqrt[4]{8}$	0	0	153,6	500	20
11	0	$\sqrt[4]{8}$	0	120	163,6	20
12	0	$-\sqrt[4]{8}$	0	120	836,4	20
13	0	0	$-\sqrt[4]{8}$	120	500	16,6
14	0	0	$\sqrt[4]{8}$	120	500	23,4
15(C)	0	0	0	120	500	20
16(C)	0	0	0	120	500	20
17(C)	0	0	0	120	500	20
18(C)	0	0	0	120	500	20
19(C)	0	0	0	120	500	20

Fonte: Dados da pesquisa

Nota: A letra C representa o ponto central

4.5. Determinação da granulometria e diâmetro médio da partícula

A granulometria das farinhas foi determinada utilizando um equipamento constituído por um jogo de cinco peneiras e uma base vibratória, denominado de tamizador (marca Produtest). As peneiras com abertura das malhas em diâmetros de: 0,0 (fundo); 0,149; 0,25; 0,42; 1 e 2 mm, foram acopladas uma sobre a outra, sendo que as de abertura maior ficaram sobre as de menor. As amostras de farinha foram colocadas nas peneiras e estas submetidas à vibração, com o reostato ajustado na posição de velocidade 10, por 5 minutos, pesando-se em seguida a quantidade de amostra retida em cada peneira (CEREDA; CATÂNEO, 1986).

A determinação do diâmetro médio da partícula foi realizada pelo método descrito por Henderson e Perry (1976), utilizando a 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).

4.6. Caracterização da farinha e dos produtos de extrusados

4.6.1. Composição centesimal

4.6.1.1. Umidade

O teor de umidade foi determinado de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2005). Foram pesados 5,0 g de cada amostra em triplicata em cápsulas de porcelana, previamente taradas, e levadas à estufa de secagem a 105 °C durante 24 horas. Em seguida, as amostras foram resfriadas em dessecador por 30 minutos, até atingir a temperatura ambiente, seguido da pesagem. O teor de umidade foi calculado através da fórmula abaixo:

$$\text{Umidade} = \frac{100 \times N}{P}$$

Onde:

N = n° de gramas de umidade na amostra

P = n° de gramas da amostra

4.6.1.2. Cinzas

O resíduo mineral fixo foi determinado de acordo com a metodologia adotada pela AOAC (2005). Foram pesados 3 gramas de cada amostra em triplicata em cadinhos previamente tarados. As amostras foram carbonizadas em forno mufla a 250 °C por 4 horas e posteriormente incineradas por 12 horas a 550 °C. Em seguida os cadinhos foram colocados em dessecador por 30 minutos para esfriar até o equilíbrio com a temperatura ambiente e na sequência pesados. O teor de cinzas (%) foi obtido pela fórmula:

$$\text{Teor de cinzas} = \frac{100 \times N}{P}$$

N = n° de gramas de cinzas

P = n° de gramas de amostra

4.6.1.3. Proteínas

A determinação de proteínas foi realizada pelo método de *Kjeldahl* (semimicro), 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 (AOAC, 2005), fator este utilizados para alimentos de alto teor proteico, inclui-se, no caso, os grãos de feijões.

A digestão foi realizada em 0,2 g de amostra, em triplicata, colocada em tubo digestor juntamente com 5 mL de ácido sulfúrico concentrado e mistura catalítica, à temperatura de 350°C durante 4 horas. Em seguida, as amostras foram destiladas e tituladas para determinação de nitrogênio e posterior cálculo do conteúdo de proteínas, utilizando a fórmula:

$$\text{Teor de proteínas} = \frac{V \times 0,14 \times f}{P}$$

v = volume de ácido sulfúrico utilizado menos volume de Hidróxido de Sódio utilizado na titulação

f = fator de conversão = 6,25

p = peso da amostra

4.6.1.4. *Lipídeos*

O teor de lipídeos totais (correspondente à fração extrato etéreo) foi determinado em triplicata, segundo o método descrito pela AOAC (2005). Foram pesados 3g da amostra, seguido da encapsulação em papel de filtro, em seguida depositados em cartuchos de celulose e na sequência foram acoplados ao sistema extrator os balões próprios de tara conhecida. Foram adicionados sobre os cartuchos 200 mL de éter de petróleo, para percolar várias vezes através da amostra durante o processo de extração no conjunto de *Soxhlet*. A chapa de aquecimento e o banho-maria do conjunto foram ligados e deixados em refluxo por 6 horas. Finalizado o período estipulado, os balões foram retirados e o éter evaporado em estufa de ar circulante a 105 °C por 1 hora. Decorrido processo de volatilização, os balões foram retirados, esfriados em dessecador e pesados. O teor de lipídios (%) foi obtido pela fórmula:

$$\text{Teor de lipídios} = \frac{100 \times N}{P}$$

N = n° de gramas de lipídios

P = n° de gramas de amostra

4.6.1.5. *Carboidratos*

O teor de carboidratos foi calculado por diferença, subtraindo-se do total, os teores dos demais constituintes analisados (proteínas, lipídeos, umidade, cinzas) (AOAC, 2005).

4.6.2. Quantificação de elementos minerais (Mg, Zn, Fe, Cu, Mn, P e K)

A quantificação dos elementos minerais foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica de chama, segundo método descrito por Silva e Queiroz (2006).

Inicialmente 0,2 gramas de amostra (em triplicata) foram colocados em um tubo de digestão contendo 5,0 mL de solução digestora (ácido nítrico e ácido perclórico na proporção de 2:1). Essa solução foi aquecida por 2 horas em bloco digestor elevando-se gradualmente a temperatura de 100 para 200 °C. Após a digestão avolumaram-se os tubos com água destilada, para obtenção de 20 mL de extrato.

O extrato foi utilizado para determinar os teores de zinco, ferro, cobre e manganês das amostras. As leituras foram realizadas no espectrofotômetro de absorção atômica (modelo 90C Elite, marca GBC), o equipamento forneceu os resultados em partes por milhão (ppm) e para fins de comparação com os dados da literatura esses valores foram convertidos em mg/100 g.

A determinação de fósforo foi realizada por colorimetria, segundo método descrito por Silva e Queiroz (2006). Após o processo de digestão descrito anteriormente, com o auxílio de uma micropipeta, transferiu-se 0,2 mL do extrato para tubos de ensaio com capacidade de 20 mL que em seguida receberam a adição de 8,4 mL de água destilada, 1 mL de Solução Ácida de Molibdato de Amônia (SAMA) e 0,4 mL de vitamina C a 2%. A suspensão foi então homogeneizada em agitador tipo Vortex e após aguardar 5 minutos para o desenvolvimento da cor (azul) procedeu-se a leitura em espectrofotômetro UV-VIS (modelo 22 PC, marca Spectrumlab) em comprimento de onda de 725 nanômetros.

Para determinação de potássio, transferiu-se 2 mL da solução para um tubo e adicionou-se 2 mL de água destilada para posterior leitura. E para magnésio foi adicionado a 0,2 mL da amostra, 3,5 mL de lantânio e completado o volume com 3,3 mL de água para compor a solução.

4.6.3. Capacidade antioxidante

4.6.3.1. Obtenção dos extratos

Os extratos das farinhas de cotilédones de feijão-caupi foram obtidos seguindo a metodologia de Rufino et al. (2007). 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. Cerca de 3 g das amostras foram pesadas em tubos tipo *Falcon* (50 mL) e os compostos bioativos foram extraídos com 4 mL de metanol 50% por 30 minutos em ultrassom, à temperatura ambiente. Os tubos foram centrifugados em centrífuga Eppendorf (Modelo Centrifuge 5702), a 4000 rotações por minuto durante 15 minutos e o sobrenadante foi recolhido em um balão volumétrico (10 mL). Em seguida, 4 mL de acetona 70% foram adicionados ao resíduo, e procedeu-se a extração por durante 30 minutos em ultrassom, e centrifugou-se novamente conforme descrito anteriormente. Os dois sobrenadantes obtidos foram reunidos no balão volumétrico (10 mL) e o volume do balão completado com água Milli-Q.

4.6.3.2. Fenólicos totais

Foram adicionados 2 mL de água deionizada num balão de 10 mL, em seguida transferiu-se 100 µL da amostra (extrato) com pipeta automática. Adicionou-se 0,5 mL do reativo *Folin-Ciocalteu* e agitou-se com vigor. Após 5 minutos adicionou-se 1,5 mL de carbonato de sódio a 20 % m/v, agitou-se bem e diluiu-se com água deionizada até completar o volume de 10 mL. Após o repouso de 2 horas à temperatura ambiente, mensurou-se a absorbância a 765 nm em cubeta de 10 mm (SINGLETON; ROSSI, 1965).

4.6.3.3. Flavonoides totais

A determinação de flavonoides totais seguiu o método descrito por Kim; Jeong e Lee, (2003) e modificado por Blasa et al. (2006). Em um tubo de ensaio, adicionou-se 1 mL do extrato, que foi misturado com 0,3 mL de nitrito de sódio (NaNO₂) 5% m/v. Passados 5 minutos, adicionou-se 0,3 mL de cloreto de alumínio (AlCl₃) 10% m/v. Decorridos mais 6 minutos, pipetou-se 2 mL de

hidróxido de sódio (NaOH) 1 M, e depois, as absorvâncias das amostras foram mensuradas a 425 nm em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) e os resultados foram expressos em miligramas equivalentes de quercetina (mg EQ)/100 g de amostra.

4.6.3.4. *Flavonóis (Taninos condensados)*

A determinação do teor de taninos condensados foi realizada por colorimetria pelo método da vanilina utilizando a catequina como padrão (PRICE, SCOYOC; BUTLER, 1978). Neste procedimento, 5,0 mL do reagente de vanilina (0,5 g de reagente e 200 ml de Metanol HCl a 4 %) foi adicionado a 1,0 ml do extrato metanol/acetona. Após 20 min de reação na ausência de luz e à temperatura ambiente, fez-se a leitura a 500 nm. As determinações foram executadas em triplicata e os resultados expressos em mg equivalente de catequina (EC) por 100 g de amostra seca.

4.6.3.5. *Método radical DPPH*

Foram pesados 0,0394 g do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e dissolvidos em 10 mL de metanol. Em seguida, procedeu-se a diluição de 1:100 da solução em metanol 80% v/v ajustando a absorção inicial para 0,800. Após o preparo da solução, pipetou-se 2,9 ml do radical numa cubeta de 10 mm. Mediu-se a absorvância inicial. Adicionou-se 100 µL do extrato e esperou-se um tempo de reação de 30 minutos ao abrigo da luz. Os resultados foram comparados ao antioxidante padrão Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-carboxílico), equivalente análogo à vitamina E, e os resultados expressos em µM de Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox (TEAC)/100 g de amostra. Procedimento realizado de acordo com Kim et al. (2002).

4.6.4. Propriedades tecnológicas e funcionais

4.6.4.1. *Índice de expansão*

Os índices de expansão radial (IER), longitudinal (IEL) e volumétrica (IEV) foram calculados seguindo a metodologia descrita por Alvarez-Martinez et

al. (1988); a densidade foi calculada seguindo a metodologia descrita por Fan et al. (1996), de acordo com as equações:

$$IER = [D/Do],$$

Onde:

D=diâmetro do extrudado após atingir a temperatura ambiente;

Do=diâmetro da matriz da extrusora.

$$\text{Densidade } (\rho_e) = 4m / \pi D^2 L$$

Onde:

m = massa do extrudado (g);

L = comprimento do extrudado (cm);

D = diâmetro médio do extrudado (cm).

$$IEL = [\rho_d/\rho_e][1/IER][1-M_d/1-M_e]$$

Onde:

ρ_d = densidade da massa fundida antes da matriz ou dentro da extrusora, considerada como 1400 kg/m^3 (densidade do amido);

ρ_e = densidade do extrudado;

M_d = unidade da massa dentro da extrusora em base úmida;

M_e = unidade do extrudado em base úmida.

$$IEV = IER \times IEL$$

4.6.4.2. Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)

As determinações de IAA e ISA seguiram metodologia descrita em Santana (2005). Em tubos de centrifuga de 50 mL (tipo *Falcon*) foi adicionado um grama de amostra (massa de amostra seca), que foi suspensa em 25 mL de água destilada e submetida à agitação por 30 minutos sendo, posteriormente, centrifugada a 2500 RPM por 10 minutos. O sobrenadante foi transferido para uma placa de Petri de peso conhecido e o tubo contendo o resíduo foi pesado (massa de amostra hidratada). As placas de Petri com sobrenadante foram colocadas em estufa por aproximadamente 15 horas,

resfriadas e pesadas (resíduo solúvel desidratado). As determinações foram realizadas em triplicata.

O IAA, em gramas de água por gramas de matéria seca, foi calculado através da equação:

$$\text{IAA} = \frac{\text{massa da fibra hidratada}}{\text{massa da fibra inicial}}$$

O ISA, em porcentagem, foi calculado através da equação:

$$\text{ISA} = \frac{\text{resíduo solúvel desidratado}}{\text{massa da fibra inicial}} \times 100$$

4.6.4.3. *Propriedades viscoamilográficas*

Para avaliação das propriedades de pasta das farinhas foi utilizado um Analisador Rápido de Viscosidade (*Rapid Visco Analyser*), modelo 960648 RVA-4D da Newport Scientific Pty. Ltd., provido do software Thermocline.

Utilizou-se o perfil de análise “Extrusion 3”, caracterizado por seguir sequencialmente as seguintes etapas: inicialmente o sistema foi mantido a 25 °C durante 2 minutos. O aquecimento ocorreu logo em seguida e até atingir a temperatura máxima de 95 °C aos 7 minutos, onde permaneceu sob ação da hélice agitadora durante 3 minutos. Logo após, foi finalizado com a etapa de resfriamento até atingir novamente a temperatura de 25 °C, totalizando o tempo de 20 minutos de análise.

Para a interpretação dos amilogramas, foram utilizados os seguintes parâmetros: viscosidade máxima “frio” (VMaxF), viscosidade máxima (VMax), viscosidade mínima de resfriamento (VMinR), Break down (quebra de viscosidade), viscosidade máxima de resfriamento (VMaxR), Setback (tendência à retrogradação) e viscosidade final (VFinal).

4.6.4.4. Reconstituição e comportamento das farinhas

A reconstituição das farinhas foi realizada utilizando a técnica descrita por Silva (2010) com algumas adaptações.

De cada amostra, 8 g foram depositados sobre 50 mL de água destilada à temperatura ambiente (aproximadamente 30 °C) contida em um Becker de 250 mL e agitada continuamente. O tempo necessário para dispersar, suspender e/ou solubilizar completamente as amostras foi monitorado por meio de um cronômetro e descrito como sendo o tempo de reconstituição (OMOBUWAJO et al., 2000). Após a reconstituição, as amostras foram colocadas em provetas de 50 mL. Depois de 30 minutos de repouso foram verificadas novamente e após 1 hora o último registro foi realizado, a fim de observar possíveis transformações como a separação de fases. Registros fotográficos foram efetuados após dispersão e nos tempos de determinados para a verificação.

4.7. Caracterização microbiológica da matéria-prima e das farinhas de cotilédones de feijão-caupi extrusadas (FCFCE)

Para as análises microbiológicas foram utilizadas amostras dos seis tratamentos de FCFCE que apresentaram os melhores resultados na análise de reconstituição. Uma amostra composta constituída de amostras equitativa desses tratamentos formou uma amostra composta única e homogênea. As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Foram realizadas as análises para coliformes a 35 °C e 45 °C, bolores, leveduras, *Salmonella* sp. e *Bacillus cereus*. Foram adotadas as metodologias recomendadas por Dowes e Ito (2001).

4.8. Análise sensorial das farinhas instantâneas

4.6.1 Local de Testes e Apresentação das Amostras

As análises sensoriais dos caldinhos de FCFCE foram realizadas no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos - LASA, do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí com 101 assessores sensoriais não treinados de ambos os sexos com idade entre 18 e 45 anos, estes foram voluntários que estavam presentes no Departamento, em duas sessões em dias distintos.

Todas as amostras foram servidas em copos descartáveis de 50 ml codificados com três dígitos e oferecidas aos assessores sensoriais de forma monádica e sob luz branca. Foi fornecida água destilada 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, num total de aproximadamente 25 repetições cada bloco.

As fichas sensoriais de Escala Hedônica (ANEXO A) e Teste de Intenção de Compra (ANEXO B), além do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO C) foram fornecidos aos assessores em momento anterior aos testes.

4.6.2 Preparo dos caldos

As 4 amostras de FCFCE que apresentaram melhor tempo de reconstituição foram as oriundas dos tratamentos 1, 7, 10 e 12. Utilizando-se das mesmas condições de processo para obtenção das amostras desses tratamentos, um novo lote de amostras foram extrusados, tendo em vista que o lote anterior já tinha quase um ano. Assim, para a análise sensorial foram utilizadas as amostras de FCFCE recentes. Os caldos preparados com FCFCE de cada tratamento foram temperadas de acordo com a ficha adaptada de Silva (2010) (APÊNDICE ÚNICO). Para a elaboração dos caldos utilizou-se temperos frescos e naturais como cebola, tomate, alho, óleo vegetal e sal. Foram realizados testes preliminares para avaliar a quantidade utilizada de cada ingrediente. Estes testes foram realizados no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí.

4.6.2 Teste de Aceitação e Teste de Intenção de Compra

Para o teste de aceitação, foi utilizada escala hedônica de 9 pontos, variando de 1 (desgostou extremamente) a 9 (gostou extremamente) para a avaliação da aceitação. Além destes foi avaliada a intenção de compra do produto, em escala de 5 pontos (1 = certamente não compraria; 5 = certamente

compraria), em ambas as fichas havia um espaço para inserção de possíveis comentários.

4.9. Análise estatística

Todas as análises foram realizadas com no mínimo três repetições, sendo submetidas à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey e de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa Sisvar versão 5.4.. As características dos produtos obtidos a partir do DCCR também foram submetidas à análise de regressão múltipla, utilizando o programa STATISTICA versão 6.0 (STATSOFT INC., 2001).

5 RESULTADOS

5.1. Propriedades Físicas dos Extrusados

A expansão física dos produtos extrusados tem relação com o tamanho da partícula e do teor de fibras presentes nas farinhas utilizadas para a obtenção desses. Partículas e teores de fibras menores estão relacionados a uma maior expansão, enquanto que umidade e teor de lipídios elevados estão relacionados com uma menor expansão dos produtos durante o processo de extrusão. Baixas temperaturas de extrusão prejudicam a expansão, pois impede que o amido seja completamente fundido. Farinhas com altos teores de amido tem maior índice de expansão. Na Tabela 2 está apresentado os valores dos índices de expansão dos extrusados.

Tabela 2. Índices de expansão dos extrusados de farinha de cotilédone de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

Tratamentos	Índices de Expansão		
	Radial	Longitudinal	Volumétrica
1	4,35	0,43	1,88
2	4,35	0,47	2,06
3	3,19	0,50	1,61
4	5,17	1,15	5,97
5	3,11	0,45	1,40
6	2,93	0,50	1,47
7	2,93	0,63	1,85
8	2,71	0,68	1,84
9	3,94	0,42	1,64
10	2,15	0,96	2,07
11	3,32	0,39	1,29
12	4,64	0,85	3,95
13	6,32	0,53	3,36
14	3,52	0,49	1,74
15	4,31	0,44	1,89
16	3,87	0,46	1,78
17	3,76	0,54	2,03
18	3,60	0,51	1,83
19	4,07	0,49	2,01

Fonte: Dados da pesquisa. Teresina (PI), 2016.

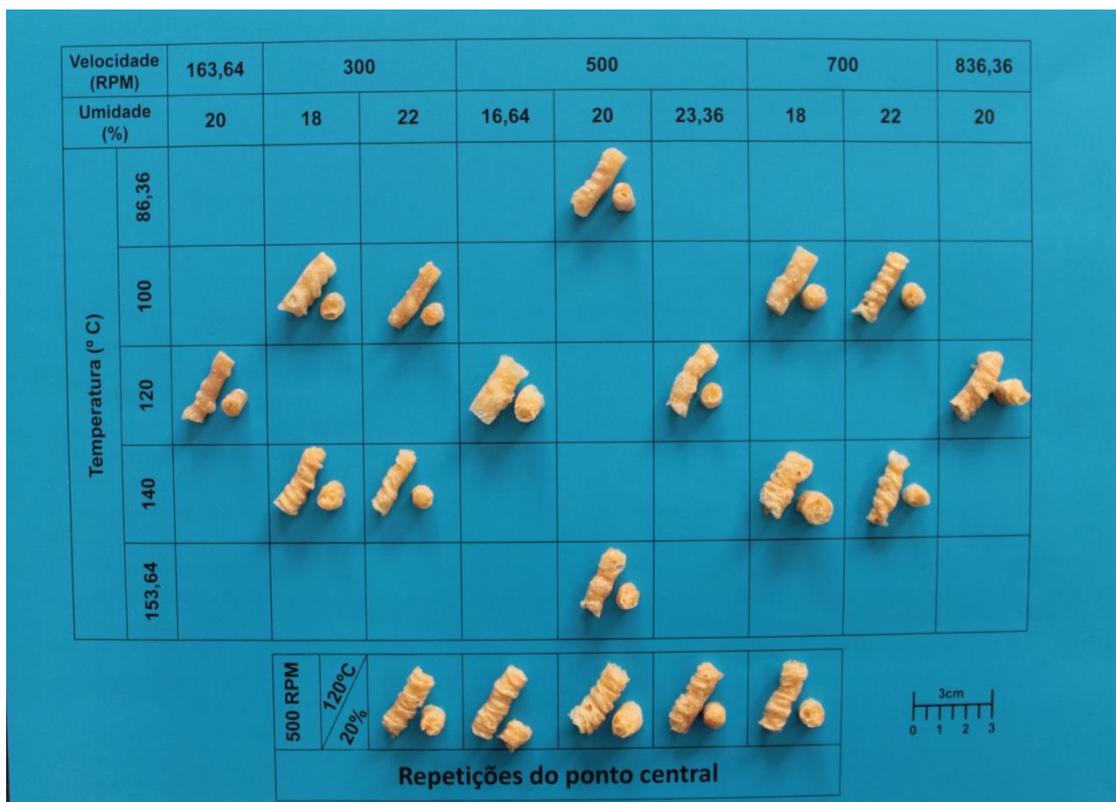


Figura 2. Extrusados de farinha de cotilédone de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque obtidos em cada condição de processo.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

5.1.1. Índice de Expansão Radial (IER)

O IER apresentou relação linear e positiva com a temperatura e com a umidade, relação quadrática e negativa com a temperatura, e relação quadrática e positiva com umidade, a interação da rotação com a umidade também apresentou relação negativa para o IER, todas as relações foram significativas a 5% de probabilidade (Tabela 3). O maior valor de IER foi verificado próximo a região do ponto central (120 °C; 500 RPM e 16,6% de umidade), enquanto que o menor valor foi observado em temperaturas mais elevadas (153,6 °C, 500 RPM e 20% de umidade). Como pode ser observado nos coeficientes de regressão, 86,9% da variabilidade dos dados foram explicados pelo modelo. Portanto, o modelo é preditivo ($R^2 > 0,7$).

Na Figura 3 observa-se que os maiores valores para IER foram obtidos em temperatura próxima de 120 °C e nos menores valores de umidade, ou seja, tanto baixas como altas temperaturas estão associadas a um menor IER, enquanto que para ter um maior IER são necessários teores de umidade

baixos. Outro fator que favorece o IER é o teor de amilopectina da farinha utilizada na extrusão. Em extrusados mistos de arroz, milho e feijão (MOURA, 2012) e de arroz com concentrado proteico de soro de leite (TEBA, 2014) os maiores valores para IER foram quando a extrusão (ambas em extrusora Brabender monorosca, DSE 20DN) ocorreu em 140 °C e a 18% umidade, e 120 °C e 18 % umidade respectivamente.

Tabela 3. Análise de variância da variável resposta Índice de Expansão Radial.

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)*	1,03031	1	1,030314	13,47952	0,021364
Temperatura (°C)(Q)*	2,12005	1	2,120049	27,73644	0,006227
(2)Rotação (RPM)(L)*	1,06908	1	1,069083	13,98673	0,020123
Rotação (RPM)(Q)	0,05380	1	0,053804	0,70391	0,448687
(3)Umidade (%) (L)*	7,44440	1	7,444402	97,39454	0,000591
Umidade (%) (Q)*	0,98756	1	0,987557	12,92013	0,022871
1L by 2L	0,46948	1	0,469480	6,14218	0,068332
1L by 3L	0,00054	1	0,000544	0,00712	0,936792
2L by 3L*	0,70152	1	0,701520	9,17793	0,038799
Falta de ajuste	1,85604	5	0,371208	4,85648	0,075469
Erro	0,30574	4	0,076436		
Total	16,51862	18			

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$)
 Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 4. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Índice de Expansão Radial em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.

Variáveis	Coeficientes de regressão	Erro Padrão	t(4)	P valor
Média/Intercepto	20,32163	10,61310	1,91477	0,128041
(1)Temperatura(°C)(L)*	0,19657	0,06759	2,90846	0,043745
Temperatura (°C)(Q)*	-0,00099	0,00019	-5,26654	0,006227
(2)Rotação (RPM)(L)	0,01051	0,00601	1,74818	0,155346
Rotação (RPM)(Q)	-0,00000	0,00000	-0,83899	0,448687
(3)Umidade (%) (L)*	-2,66400	0,81380	-3,27351	0,030688
Umidade (%) (Q)*	0,06724	0,01871	3,59446	0,022871
1L by 2L	0,00006	0,00002	2,47834	0,068332
1L by 3L	-0,00021	0,00244	-0,08440	0,936792
2L by 3L*	-0,00074	0,00024	-3,02951	0,038799
$R^2=0,86913$				

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$)
 Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

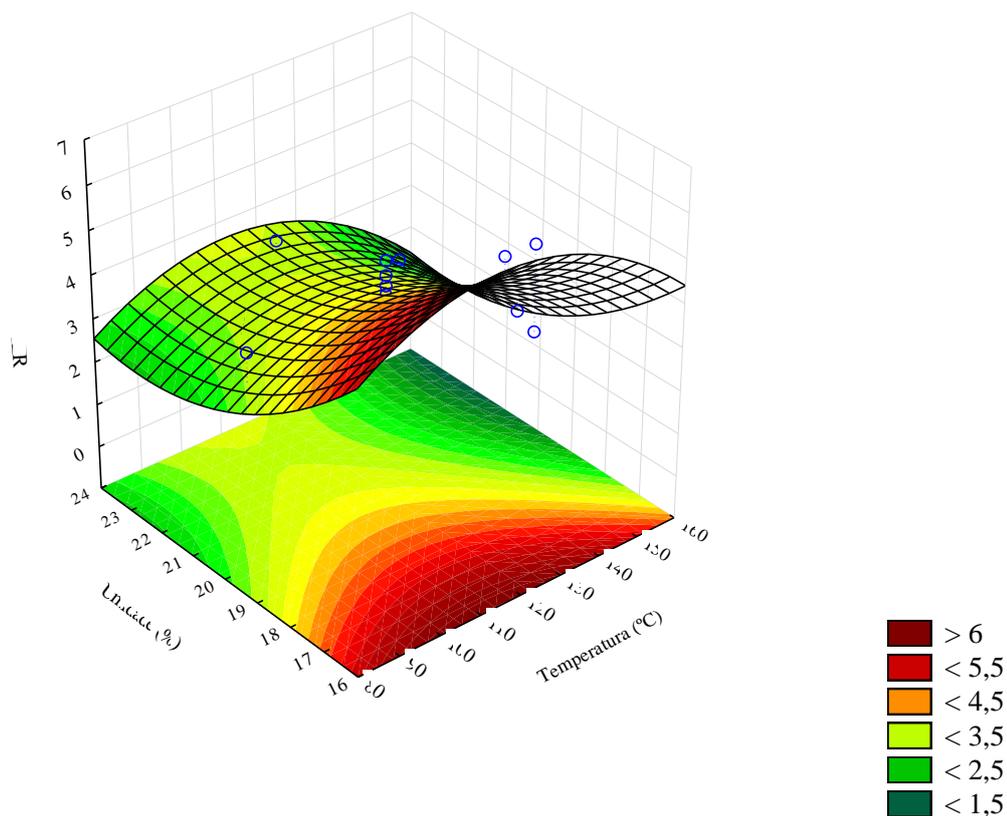


Figura 3. Efeito da umidade e da temperatura de extrusão sobre o Índice de Expansão Radial das farinhas extrusadas de feijão-caupi a 500 RPM de rotação.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

5.1.2. Índice de Expansão Longitudinal (IEL)

A análise de regressão dos dados de IEL demonstrou que 91,4% (Tabela 5) da variação poderiam ser explicados por este modelo matemático, no entanto, como a falta de ajuste foi significativa (Tabela 6) este modelo não foi considerado preditivo.

5.1.3. Índice de Expansão Volumétrica (IEV)

O valor de R^2 de 85,7% (Tabela 7) para o IEV indica que esse percentual da variação poderia ser explicado pelo modelo matemático, no entanto a falta de ajuste significativa (Tabela 8), torna o modelo não preditivo.

Tabela 5. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Índice de Expansão Longitudinal em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.

Variáveis	Coeficientes de regressão	Erro Padrão	t(4)	P valor
Média/Intercepto	-0,692208	1,542447	-0,44877	0,676834
(1)Temperatura(°C)(L)	-0,018743	0,009822	-1,90822	0,129010
Temperatura (°C)(Q)*	0,000172	0,000027	6,33819	0,003173
(2)Rotação (RPM)(L)	0,000939	0,000874	1,07515	0,342836
Rotação (RPM)(Q)*	0,000001	0,000000	4,03814	0,015628
(3)Umidade (%) (L)	0,161671	0,118273	1,36693	0,243433
Umidade (%) (Q)	0,001650	0,002719	0,60677	0,576755
1L by 2L*	0,000019	0,000004	5,31467	0,006027
1L by 3L*	-0,001232	0,000355	-3,46862	0,025616
2L by 3L*	-0,000187	0,000036	-5,25132	0,006292

$R^2=0,9144$

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P<0,05$)

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 6. Análise de variância da variável resposta Índice de Expansão Longitudinal.

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)*	0,300345	1	0,300345	186,0327	0,000167
Temperatura (°C)(Q)*	0,064858	1	0,064858	40,1726	0,003173
(2)Rotação (RPM)(L)*	0,178778	1	0,178778	110,7344	0,000461
Rotação (RPM)(Q)*	0,026327	1	0,026327	16,3066	0,015628
(3)Umidade (%) (L)	0,009830	1	0,009830	6,0889	0,069127
Umidade (%) (Q)	0,000594	1	0,000594	0,3682	0,576755
1L by 2L*	0,045602	1	0,045602	28,2457	0,006027
1L by 3L*	0,019424	1	0,019424	12,0313	0,025616
2L by 3L*	0,044521	1	0,044521	27,5764	0,006292
Falta de ajuste*	0,057215	5	0,011443	7,0878	0,040528
Erro	0,006458	4	0,001614		
Total	0,743837	18			

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P<0,05$)

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 7. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Índice de Expansão Longitudinal em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.

Variáveis	Coeficientes de regressão	Erro Padrão	t(4)	P valor
Média/Intercepto	-3,40940	4,314913	-0,7901	0,473650
(1)Temperatura(°C)(L)*	0,15570	0,027478	5,6665	0,004783
Temperatura (°C)(Q)	-0,00010	0,000076	-1,3617	0,244946
(2)Rotação (RPM)(L)*	0,01027	0,002444	4,2013	0,013681
Rotação (RPM)(Q)*	0,00001	0,000001	7,4907	0,001699
(3)Umidade (%) (L)	-0,57359	0,330864	-1,7336	0,158011
Umidade (%) (Q)*	0,05123	0,007606	6,7353	0,002532
1L by 2L*	0,00013	0,000010	12,9025	0,000208
1L by 3L*	-0,00880	0,000994	-8,8600	0,000896
2L by 3L*	-0,00140	0,000099	-14,1053	0,000147

$R^2=0,85695$

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P<0,05$)

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 8. Análise de variância da variável resposta Índice de Expansão Volumétrica em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)*	1,94910	1	1,949098	154,2692	0,000242
Temperatura (°C)(Q)	0,02343	1	0,023426	1,8542	0,244946
(2)Rotação (RPM)(L)*	6,01645	1	6,016454	476,1963	0,000026
Rotação (RPM)(Q)*	0,70892	1	0,708922	56,1105	0,001699
(3)Umidade (%)(L)*	4,32786	1	4,327858	342,5456	0,000050
Umidade (%)(Q)*	0,57315	1	0,573154	45,3646	0,002532
1L by 2L*	2,10330	1	2,103300	166,4741	0,000208
1L by 3L*	0,99180	1	0,991795	78,4996	0,000896
2L by 3L*	2,51373	1	2,513730	198,9593	0,000147
Falta de ajuste*	3,14689	5	0,629378	49,8146	0,001076
Erro	0,05054	4	0,012634		
Total	22,35169	18			

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$)
 Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Considerando que o IER apresentou relação significativa com as variáveis estudadas, as melhores condições para se obter um produto extrusado com a máxima IER são umidade inferior a 16%, temperatura de 120 °C e rotação da roscas da extrusora acima de 700 RPM. Por outro lado, altos teores de umidade, ou temperaturas muito baixas ou muito altas interferem negativamente na expansão dos produtos extrusados.

5.2. Propriedades funcionais dos extrusados e das farinhas

5.2.1. Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)

O valor do ISA indica o quanto uma farinha é solúvel em água, e está relacionado com a quantidade de sólidos solúveis presentes na farinha. Esse índice mede de forma indireta a intensidade do efeito da temperatura utilizada, considerando a gelatinização e dextrinização. Em geral, o valor de ISA é maior em tratamentos que utilizam condições mais severas (altas temperaturas e velocidades e baixos teores de umidade), pois levam à máxima dextrinização do amido, transformando-o em dextrinas, que são moléculas menores e mais solúveis em água.

Tabela 9. Índice de Solubilidade em Água e Índice de Absorção de Água dos produtos extrusados de farinha de cotilédone de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

Tratamentos	Temperatura (°C)	Rotação (RPM)	Umidade (%)	ISA	IAA
1	100	300	18	29,68	3,75
2	100	700	18	32,78	3,63
3	140	300	18	28,91	3,88
4	140	700	18	36,87	3,11
5	100	300	22	23,73	3,94
6	100	700	22	30,18	3,41
7	140	300	22	30,6	3,96
8	140	700	22	30,69	3,57
9	86,4	500	20	26,13	3,52
10	153,6	500	20	30,55	3,81
11	120	163,6	20	22,53	3,91
12	120	836,4	20	37,54	3,08
13	120	500	16,6	28,19	3,42
14	120	500	23,4	22,17	3,63
15	120	500	20	26,28	3,68
16	120	500	20	28,08	3,47
17	120	500	20	29,04	3,56
18	120	500	20	35,61	3,14
19	120	500	20	30,29	3,32

Fonte: Dados da pesquisa, Rio de Janeiro (RJ), 2016.

Na Figura 4 pode ser visualizado que os maiores valores de ISA ocorreram quando a extrusão foi processada em condição de menor teor de umidade na FCFCE e nas maiores velocidades de rotação das roscas da extrusora. Os dados encontrados estão de acordo com os encontrados por Moura (2012) em farinhas mistas de arroz, milho e feijão extrusadas no equipamento mono rosca Brabender, modelo 20DN.

Como pode ser observado na Tabela 9, os valores de ISA variam de 22,17 a 37,54%. O maior valor foi observado na FCFCE do tratamento 12, que foi extrusado a 120 °C, 836,4 RPM e 20% de umidade, seguido do 4 (140 °C, rotação de 700 RPM e 18% de umidade). O valor mais baixo de ISA foi para o 14 (120 °C, rotação de 500 RPM e 23,4% de umidade). O valor de ISA encontrado por Batista (2010) em farinha extrusada de feijão-caupi obtidas no extrusor Ceraltec International, modelo CT-L15 de rosca simples, foi de 34,94%.

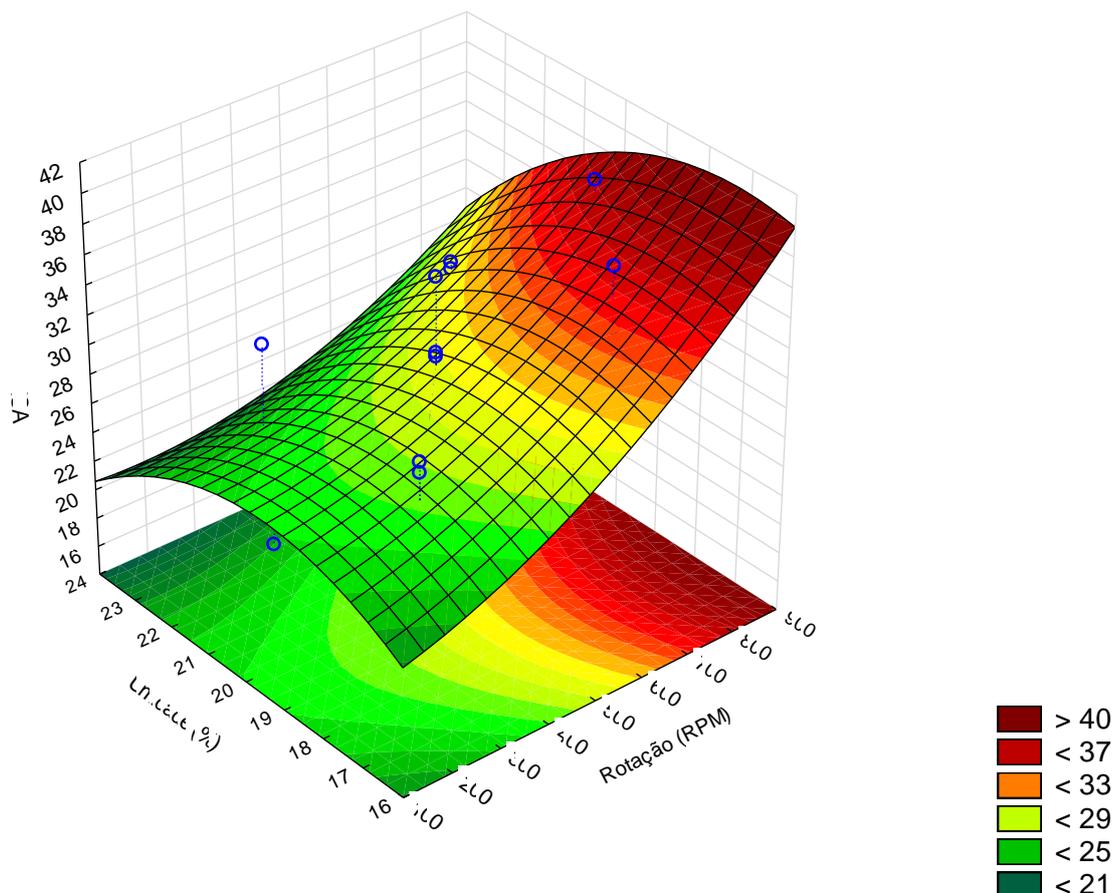


Figura 4. Efeito do conteúdo de umidade e da rotação das roscas da extrusora sobre o índice de solubilidade em água das farinhas extrusadas de feijão-caupi, a 120°C.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Analisando-se os dados da Tabela 10, observa-se que a única variável que se relaciona significativamente e de forma positiva com o ISA é a rotação linear da rosca da extrusora ($p \leq 0,05$). Portanto, o aumento linear da rotação das roscas levará a um aumento no ISA. Na Tabela 11 estão apresentados os coeficientes de regressão, revelando que o modelo só explica 68,2% da variabilidade ou respostas.

O valor do IAA está relacionado com a capacidade do grânulo do amido de absorver água e, portanto, a capacidade de formação de gel. Como pode ser observado na Tabela 12, a única variável que apresentou relação significativa e negativa com o IAA foi o efeito linear de rotação das roscas. O maior valor encontrado nesse trabalho foi para o tratamento realizado à 140 °C, 300 RPM e 22% de umidade e o menor à 120 °C, rotação de 836,4 RPM e 20% de umidade.

Tabela 10. Análise de variância da variável resposta Índice de Solubilidade em Água (ISA).

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)	24,0776	1	24,0776	2,04499	0,186492
Temperatura (°C)(Q)	0,0201	1	0,0201	0,00170	0,967975
(2)Rotação (RPM)(L)*	134,4075	1	134,4075	11,41567	0,008144
Rotação (RPM)(Q)	5,5494	1	5,5494	0,47133	0,509674
(3)Umidade (%) (L)	39,2908	1	39,2908	3,33710	0,101012
Umidade (%) (Q)	15,8890	1	15,8890	1,34950	0,275246
1L by 2L	0,2813	1	0,2813	0,02389	0,880582
1L by 3L	2,0605	1	2,0605	0,17500	0,685511
2L by 3L	2,5538	1	2,5538	0,21690	0,652475
Erro	105,9655	9	11,7739		
Total	333,4945	18			

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$)
 Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 11. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Índice de Solubilidade em Água (ISA) em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.

Variáveis	Coeficientes de regressão	Erro Padrão	t(4)	P valor
Média/Intercepto	-58,1040	131,7212	-0,44111	0,669537
(1)Temperatura (°C)(L)	-0,1869	0,8388	-0,22284	0,828632
Temperatura (°C)(Q)	0,0001	0,0023	0,04128	0,967975
(2)Rotação (RPM)(L)	0,0336	0,0746	0,45070	0,662867
Rotação (RPM)(Q)	0,0000	0,0000	0,68654	0,509674
(3)Umidade (%) (L)	9,1246	10,1003	0,90340	0,389853
Umidade (%) (Q)	-0,2697	0,2322	-1,16168	0,275246
1L by 2L	-0,0000	0,0003	-0,15456	0,880582
1L by 3L	0,0127	0,0303	0,41833	0,685511
2L by 3L	-0,0014	0,0030	-0,46573	0,652475

$R^2=0,68226$

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Considerando que apenas a rotação afetou significativamente o IAA, os maiores valores ocorreram nas menores velocidades de rotações das roscas (Figura 5). Este modelo matemático explica 76% da variabilidade ou respostas. Neste trabalho, os valores de IAA (3,08 a 3,96 g/g) foram menores que os obtidos por Moura (2012) que variam de 5,12 a 7,75g de gel/g em farinhas mistas de arroz, milho e feijão, utilizando extrusor mono rosca Brabender, modelo 20DN.

Para ser utilizada na preparação de caldos é desejável que a farinha apresente os valores de ISA e IAA intermediários, pois o caldo não deve ser muito fluido e nem muito viscoso. Levando em consideração o valor do ISA, o

tratamento mais adequado para a preparação de caldo seria o 1 e considerando o exclusivamente o valor do IAA, seria o 8, pois apresentaram valores mais próximos da média, para cada uma das características.

Tabela 12. Análise de variância da variável resposta Índice de Absorção em Água (IAA).

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)	0,005648	1	0,005648	0,12754	0,739038
Temperatura (°C)(Q)	0,137013	1	0,137013	3,09424	0,153388
(2)Rotação(RPM)(L)*	0,752568	1	0,752568	16,99568	0,014582
Rotação (RPM)(Q)	0,021931	1	0,021931	0,49528	0,520390
(3)Umidade (%) (L)	0,054557	1	0,054557	1,23209	0,329233
Umidade (%) (Q)	0,035073	1	0,035073	0,79208	0,423763
1L by 2L	0,032512	1	0,032512	0,73425	0,439812
1L by 3L	0,040613	1	0,040613	0,91717	0,392451
2L by 3L	0,000112	1	0,000112	0,00254	0,962216
Falta de ajuste	0,145402	5	0,029080	0,65674	0,676174
Erro	0,177120	4	0,044280		
Total	1,369716	18			

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$)

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 13. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Índice de Absorção de Água (IAA) em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.

Variáveis	Coeficientes de regressão	Erro Padrão	t(4)	P valor
Média/Intercepto	15,41464	8,077901	1,90825	0,129006
(1)Temperatura(°C)(L)	-0,08675	0,051441	-1,68644	0,166989
Temperatura (°C)(Q)	0,00025	0,000142	1,75905	0,153388
(2)Rotação (RPM)(L)	-0,00008	0,004575	-0,01657	0,987573
Rotação (RPM)(Q)	0,00000	0,000001	0,70376	0,520390
(3)Umidade (%) (L)	-0,68436	0,619407	-1,10486	0,331207
Umidade (%) (Q)	0,01267	0,014239	0,88999	0,423763
1L by 2L	-0,00002	0,000019	-0,85688	0,439812
1L by 3L	0,00178	0,001860	0,95769	0,392451
2L by 3L	-0,00001	0,000186	-0,05040	0,962216

$R^2=0,76453$

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

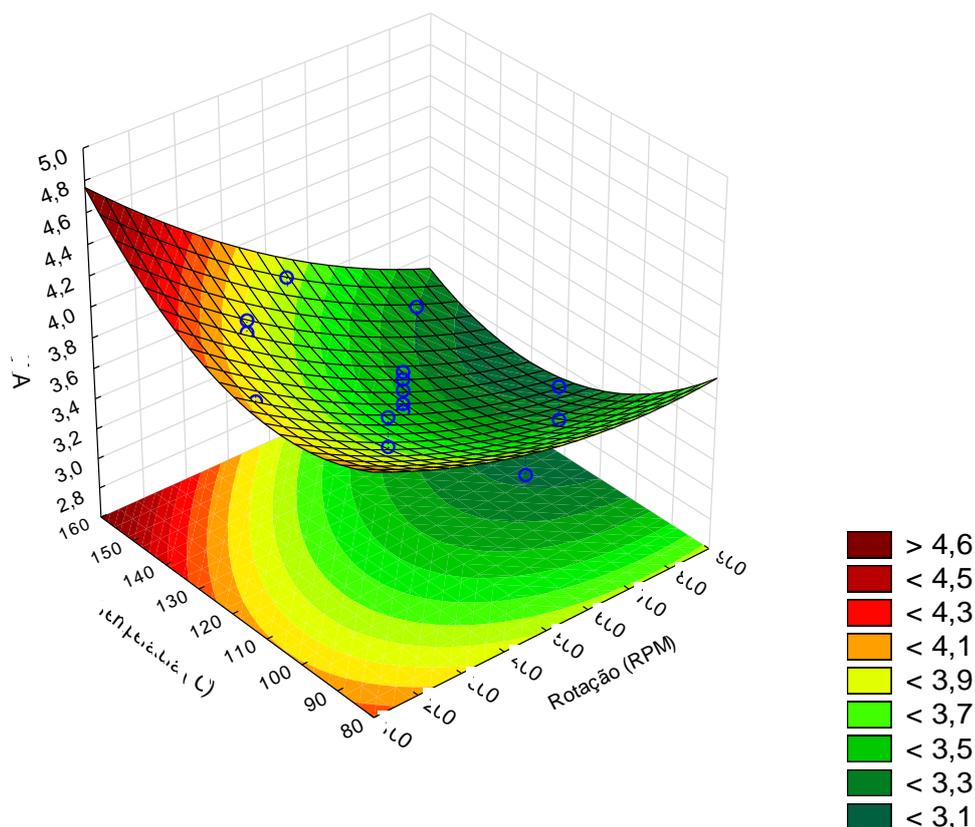


Figura 5. Efeito da temperatura de extrusão e da rotação da rosca da extrusora sobre o índice de absorção de água (IAA) das farinhas extrusadas de feijão-caupi, a 22% de umidade.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

5.3. Propriedades viscoamilográficas

A viscosidade da massa está relacionada com a gelatinização do amido e granulometria da partícula. As características viscoamilográficas FCFCE estão dispostas na Tabela 14.

Nesse trabalho, o maior valor para viscosidade máxima à frio foi observada em uma das repetições do ponto central (120 °C, 500 RPM e 20% de umidade) e o menor valor no tratamento realizado à 86,4 °C, 500 RPM e 20% de umidade. Coutinho (2013) constatou os menores valores de viscosidade máxima à frio à 60°C e umidade de 16% no processo de extrusão em farinhas de coprodutos de arroz e soja, utilizando uma extrusora mono rosca (Inbramaq, PQ-30); Moura (2011) em seu estudo com farinha mista de arroz e linhaça, utilizando uma extrusora mono rosca Brabender, modelo 20DN,

constatou os maiores resultados de viscosidade máxima à frio em extrusados obtidos por processos a baixas temperaturas (entre 60 e 72,6°C) e umidade variada (entre 13,9 e 19,4%) e os menores valores em temperaturas de processo entre 86,4 a 120 °C e umidade tanto altas quanto baixas (12 a 20%).

Tabela 14. Resultados da caracterização de viscosidade das farinhas de cotilédones de feijão-caupi.

Tratamentos	VMaxF (cP)	VMax (cP)	VMinR (cP)	Breakdown (cP)	VMaxR (cP)	setback (cP)	VFinal (cP)
1	292,0	290,5	17,0	273,5	132,0	115,0	125,5
2	265,0	281,5	89,5	192,0	191,0	101,5	181,0
3	110,0	104,5	50,0	54,5	85,5	35,5	81,5
4	130,0	117,0	57,5	59,5	77,5	20,0	75,0
5	108,5	116,0	82,5	33,5	197,5	115,0	197,0
6	122,5	95,0	57,5	37,5	88,5	31,0	83,0
7	192,0	146,5	48,0	98,5	102,0	54,0	99,0
8	123,5	134,0	37,0	97,0	65,5	28,5	65,0
9	69,0	73,5	44,5	29,0	98,0	53,5	94,5
10	393,5	332,0	94,5	237,5	148,0	53,5	145,0
11	76,5	115,0	86,5	28,5	203,0	116,5	202,5
12	370,0	263,0	45,5	217,5	89,0	43,5	87,0
13	83,5	61,5	24,0	37,5	34,0	10,0	24,5
14	203,5	125,0	26,5	98,5	57,0	30,5	55,5
15	240,0	205,0	39,0	166,0	70,0	31,0	60,0
16	399,0	333,0	25,0	308,0	88,5	63,5	86,5
17	236,5	465,0	17,0	448,0	87,0	70,0	78,0
18	418,5	297,0	16,5	280,5	82,0	65,5	81,0
19	227,0	235,0	9,0	226,0	55,5	46,5	55,5

Nota: VMaxF = viscosidade máxima frio, VMax = viscosidade máxima, VMinR = viscosidade mínima de resfriamento, Breakdown = quebra de viscosidade, VMaxR = viscosidade máxima de resfriamento, Setback = tendência a retrogradação, VFinal = viscosidade final. Fonte: Dados da pesquisa, cP=Centipoise.

Fonte: Dados da pesquisa, Rio de Janeiro (RJ), 2016.

5.3.1. Viscosidade Máxima à Frio (VMaxF)

Nenhum tratamento mostrou relação significativa dos valores de VMaxF com as variáveis independentes estudadas.

Tabela 15. Análise de variância da variável resposta Viscosidade Máxima Frio.

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)	7184,7	1	7184,70	0,782726	0,426285
Temperatura (°C)(Q)	13227,8	1	13227,84	1,441087	0,296194
(2)Rotação (RPM)(L)	13671,9	1	13671,95	1,489469	0,289325
Rotação (RPM)(Q)	15740,8	1	15740,79	1,714856	0,260508
(3)Umidade (%) (L)	173,6	1	173,56	0,018908	0,897275
Umidade (%) (Q)	52732,4	1	52732,40	5,744850	0,074612
1L by 2L	157,5	1	157,53	0,017162	0,902097
1L by 3L	20150,3	1	20150,28	2,195241	0,212564
2L by 3L	282,0	1	282,03	0,030725	0,869370
Falta de ajuste	101061,8	5	20212,35	2,202003	0,232197
Erro	36716,3	4	9179,08		
Total	245756,7	18			

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

5.3.2. Viscosidade Máxima (VMax)

Não foi constatada relação significativa entre os valores de VMax e as variáveis independentes estudadas.

Tabela 16. Análise de variância da variável resposta Viscosidade Máxima.

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)	1730,8	1	1730,78	0,167517	0,703296
Temperatura (°C)(Q)	16913,4	1	16913,43	1,636995	0,269913
(2)Rotação (RPM)(L)	3508,8	1	3508,83	0,339608	0,591327
Rotação (RPM)(Q)	21907,7	1	21907,70	2,120374	0,219064
(3)Umidade (%) (L)	2790,2	1	2790,21	0,270055	0,630727
Umidade (%) (Q)	74575,7	1	74575,68	7,217933	0,054850
1L by 2L	112,5	1	112,50	0,010889	0,921916
1L by 3L	22050,0	1	22050,00	2,134146	0,217845
2L by 3L	171,1	1	171,12	0,016563	0,903810
Falta de ajuste	59946,6	5	11989,33	1,160407	0,455430
Erro	41328,0	4	10332,00		
Total	224136,2	18			

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

O maior valor observado de VMax neste trabalho foi na região do ponto central (120 °C, 500 RPM e 20% de umidade). Já o menor valor está no tratamento executado em temperatura de 120 °C, rotação de 500 RPM e

umidade de 16,6%. Silva et al. (2008) encontrou em macarrões pré-cozidos de farinhas de arroz e milho obtidas em extrusora mono rosca BRABENDER (modelo 20DN) que o maior valor de viscosidade máxima foi verificado em temperaturas de processamento de 70 °C e umidade 30%, e o menor valor foi obtido quando o processamento foi realizado à 90 °C e umidade de 40%.

5.3.3. Viscosidade Mínima de Resfriamento (VMinR)

Os valores de VMinR apresentaram relação linear e positiva estatisticamente significativa com a temperatura e efeito quadrático e positivo com a rotação. A interação linear da rotação da rosca da extrusora e com a umidade também foi significativa e negativa.

Tabela 17. Análise de variância da variável resposta Viscosidade Mínima de Resfriamento.

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)	66,30	1	66,295	0,51016	0,514536
Temperatura (°C)(Q)*	3898,24	1	3898,235	29,99796	0,005409
(2)Rotação (RPM)(L)	45,59	1	45,595	0,35086	0,585487
Rotação (RPM)(Q)*	3348,24	1	3348,241	25,76561	0,007101
(3)Umidade (°)(L)	16,93	1	16,927	0,13026	0,736415
Umidade (°)(Q)	21,48	1	21,479	0,16528	0,705150
1L by 2L	325,12	1	325,125	2,50192	0,188868
1L by 3L	392,00	1	392,000	3,01654	0,157422
2L by 3L*	1682,00	1	1682,000	12,94344	0,022805
Falta de ajuste	3367,98	5	673,595	5,18350	0,068018
Erro	519,80	4	129,950		
Total	12857,92	18			

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos (P<0,05)
Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 18. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Viscosidade Mínima de Resfriamento (VMinR) em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.

Variáveis	Coeficientes de regressão	Erro Padrão	t(4)	P valor
Média/Intercepto	-44,8907	437,6056	-0,10258	0,923231
(1)Temperatura(°C)(L)	-5,7324	2,7867	-2,05707	0,108814
Temperatura (°C)(Q)*	0,0422	0,0077	5,47704	0,005409
(2)Rotação (RPM)(L)	0,5156	0,2478	2,08040	0,105975
Rotação (RPM)(Q)*	0,0004	0,0001	5,07598	0,007101
(3)Umidade (°)(L)	27,1377	33,5552	0,80875	0,464017
Umidade (°)(Q)	0,3136	0,7714	0,40655	0,705150
1L by 2L	-0,0016	0,0010	-1,58175	0,188868
1L by 3L	-0,1750	0,1008	-1,73682	0,157422
2L by 3L*	-0,0363	0,0101	-3,59770	0,022805
$R^2=0,69764$				

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos (P<0,05)
Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Neste trabalho o maior valor de VMinR foi observado para a FCFCE extrusado à 153,6 °C, 500 RPM e 20% de umidade, enquanto que o menor foi constatado na região do ponto central (120 °C, 500 RPM e 20% de umidade). Moura (2010) em estudo com farinhas mistas de arroz, milho e feijão utilizando extrusora mono rosca Brabender, modelo 20DN, constatou o menor valor de VMinR à 126°C, 140 RPM e 22% de umidade, e o maior valor à 193 °C.

Observa-se pela Figura 6 que os maiores valores de viscosidade mínima de resfriamento estão nos pontos extremos de rotação e temperatura, e na Tabela 18, estão apresentados os coeficientes de regressão, observa-se uma forte relação dos dados, pois aproximadamente 70% da variação foram explicados pelo modelo.

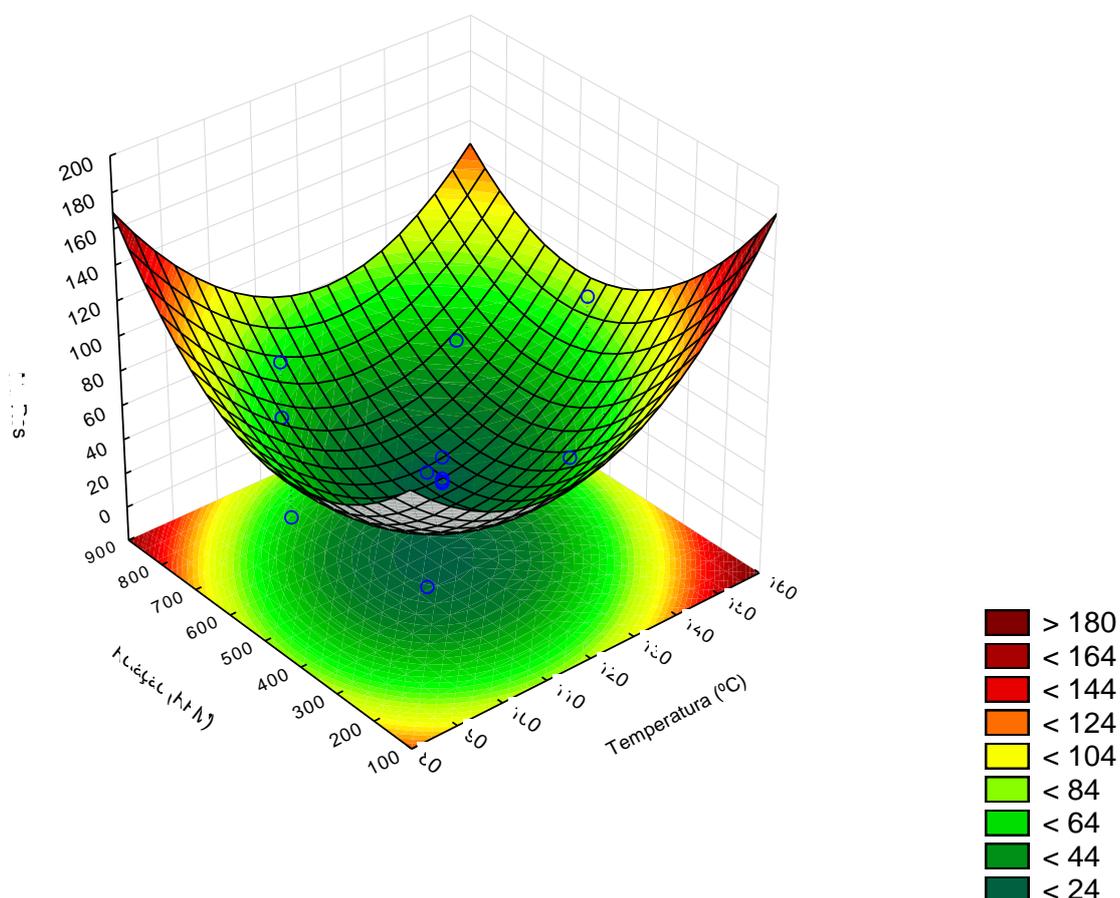


Figura 6. Efeito da temperatura de extrusão e da rotação da rosca da extrusora sobre a viscosidade mínima de resfriamento das farinhas extrusadas de feijão-caupi, a 20% de umidade.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

5.3.4. Break Down ou Quebra de viscosidade

Como observado na Anova (Tabela 19), não houve nenhuma relação significativa entre Break Down e as variáveis estudadas. O maior valor de Break Down observado foi em uma das repetições do ponto central (120 °C, 500 RPM e 20% de umidade), enquanto que o menor valor foi constatado no tratamento executado a temperatura de 120 °C, rotação de 163,6 RPM e a 20% de umidade. Em farinhas mistas de soja, fécula e farelo de mandioca, Trombini (2010) utilizando um extrusor de rosca simples INBRA RX, verificou os menores valores de quebra de viscosidade em elevadas velocidades de rotações das roscas. Lustosa e Leonel (2010) observaram em misturas instantâneas de mandioca e caseína utilizando extrusora mono rosca modelo INBRA-RX, que os menores valores de quebra de viscosidade estavam entre 19 a 20% de umidade e em teor de proteínas de 2%.

Tabela 19. Análise de variância da variável resposta Break Down (Quebra de viscosidade).

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)	1119,6	1	1119,60	0,100059	0,767578
Temperatura (°C)(Q)	37051,4	1	37051,43	3,311283	0,142928
(2)Rotação (RPM)(L)	4354,4	1	4354,38	0,389151	0,566558
Rotação (RPM)(Q)	42385,1	1	42385,13	3,787955	0,123485
(3)Umidade (°)(L)	3241,8	1	3241,79	0,289718	0,618955
Umidade (°)(Q)	77128,4	1	77128,39	6,892956	0,058465
1L by 2L	820,1	1	820,12	0,073294	0,799995
1L by 3L	28322,0	1	28322,00	2,531134	0,186830
2L by 3L	780,1	1	780,13	0,069720	0,804791
Falta de ajuste	53398,6	5	10679,71	0,954445	0,532874
Erro	44757,8	4	11189,45		
Total	259490,5	18			

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

5.3.5. Viscosidade Máxima de Resfriamento (VMaxR)

Os valores de VMaxR apresentaram relação linear e negativa, quadrática e positiva com a temperatura; linear e positiva, quadrática e positiva com a velocidade de rotação das roscas. E a interação linear da rotação e umidade foi negativa. Todas as relações foram significativas a 5% de probabilidade. O maior valor de VMaxR foi verificado no tratamento realizado a

120 °C, 20% de umidade e 163,6 RPM. O menor valor de VMaxR foi observado no tratamento extrusado à 120 °C, 500 RPM e 16,6% de umidade.

Os coeficientes de regressão estão apresentados na Tabela 21 e indicam uma baixa relação com as respostas, pois explica apenas 68,3% da variação dos dados, além disso, a falta de ajuste foi significativa, o que torna o modelo não preditivo.

Tabela 20. Análise de variância da variável resposta viscosidade máxima de resfriamento (VMaxR).

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)*	2767,50	1	2767,503	14,41971	0,019148
Temperatura (°C)(Q)*	4787,24	1	4787,244	24,94330	0,007521
(2)Rotação (RPM)(L)*	5998,78	1	5998,775	31,25583	0,005022
Rotação (RPM)(Q)*	9847,30	1	9847,297	51,30805	0,002011
(3)Umidade (%) (L)	2,80	1	2,798	0,01458	0,909722
Umidade (%) (Q)	1026,82	1	1026,824	5,35013	0,081759
1L by 2L	3,78	1	3,781	0,01970	0,895158
1L by 3L	215,28	1	215,281	1,12169	0,349271
2L by 3L*	4826,53	1	4826,531	25,14801	0,007413
Falta de ajuste*	12998,26	5	2599,652	13,54514	0,012856
Erro	767,70	4	191,925		
Total	43463,16	18			

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$)
Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 21. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Viscosidade Máxima de Resfriamento (VMaxR) em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.

Variáveis	Coeficientes de regressão	Erro Padrão	t(4)	P valor
Média/Intercepto	-108,310	531,8149	-0,20366	0,848560
(1)Temperatura(°C)(L)*	-14,628	3,3866	-4,31926	0,012455
Temperatura (°C)(Q)*	0,047	0,0094	4,99433	0,007521
(2)Rotação (RPM)(L)	0,431	0,3012	1,43184	0,225453
Rotação (RPM)(Q)*	0,001	0,0001	7,16296	0,002011
(3)Umidade (%) (L)	102,099	40,7791	2,50370	0,066503
Umidade (%) (Q)	-2,168	0,9374	-2,31304	0,081759
1L by 2L	0,000	0,0012	0,14036	0,895158
1L by 3L	0,130	0,1225	1,05910	0,349271
2L by 3L*	-0,061	0,0122	-5,01478	0,007413

$R^2=0,68327$

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$)
Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

5.3.6. Setback (Tendência a Retrogradação)

A temperatura e a rotação apresentaram efeitos lineares e negativos com o valor de Set Back a 5% de probabilidade. O maior valor foi observado para a FCFCE obtida do processo de extrusão à 120 °C, 20% de umidade e 163,6 RPM, e o menor valor foi constatado à 120 °C, 500 RPM e 16,6% de umidade. Coutinho (2013) utilizando farinhas de soja obtidas em extrusora de parafuso simples (Inbramaq, PQ-30, Ribeirão Preto-SP, Brasil) verificou os maiores valores de Setback em temperaturas de extrusão abaixo de 87,54 °C e umidades abaixo de 19,22%, e os menores quando a matéria-prima processada tinha teor de umidade inferior à 13,5%, independente da temperatura de extrusão.

Tabela 22. Análise de variância da variável resposta Set Back.

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)*	3690,47	1	3690,473	13,98834	0,020119
Temperatura (°C)(Q)	45,62	1	45,617	0,17291	0,698881
(2)Rotação (RPM)(L)*	4998,40	1	4998,404	18,94591	0,012131
Rotação (RPM)(Q)	1711,44	1	1711,440	6,48703	0,063510
(3)Umidade (%) (L)	5,96	1	5,962	0,02260	0,887784
Umidade (%) (Q)	1345,32	1	1345,319	5,09929	0,086857
1L by 2L	399,03	1	399,031	1,51248	0,286148
1L by 3L	1188,28	1	1188,281	4,50405	0,101083
2L by 3L	810,03	1	810,031	3,07034	0,154612
Falta de ajuste	3998,15	5	799,630	3,03091	0,152554
Erro	1055,30	4	263,825		
Total	19764,63	18			

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$)
 Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Na Figura 7 observa-se que os maiores valores de Set Back ocorreram nas menores condições de rotação e temperatura de extrusão. Essa variável não apresentou relação significativa com umidade. Pela a Tabela 24, constatou-se que 74,4% da variabilidade dos dados podem ser explicados pelo modelo matemático.

Tabela 23. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Set Back em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.

Variáveis	Coeficientes de regressão	Erro Padrão	t(4)	P valor
Média/Intercepto	-63,4193	623,5233	-0,10171	0,923881
(1)Temperatura(°C)(L)	-8,8953	3,9706	-2,24028	0,088595
Temperatura (°C)(Q)	0,0046	0,0110	0,41582	0,698881
(2)Rotação (RPM)(L)	-0,0843	0,3531	-0,23884	0,822969
Rotação (RPM)(Q)	0,0003	0,0001	2,54696	0,063510
(3)Umidade (%) (L)	74,9610	47,8112	1,56785	0,191988
Umidade (%) (Q)	-2,4819	1,0991	-2,25816	0,086857
1L by 2L	0,0018	0,0014	1,22983	0,286148
1L by 3L	-63,4193	623,5233	-0,10171	0,923881
2L by 3L	-8,8953	3,9706	-2,24028	0,088595

$R^2=0,74432$

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

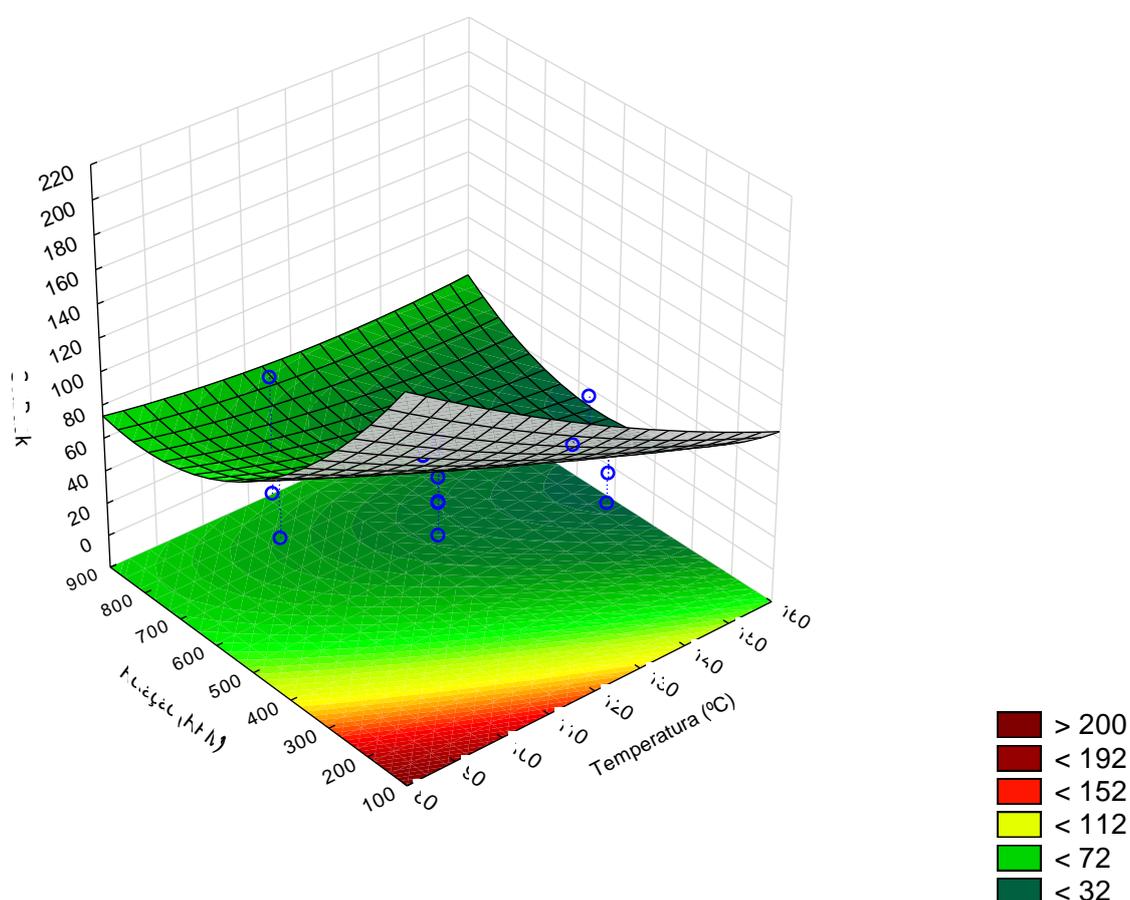


Figura 7. Efeito da rotação e da temperatura sobre o Set Back (Tendência a Retrogradação) das farinhas extrusadas de feijão-caupi, à umidade de 20%.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

5.3.7. Viscosidade Final (VFinal)

Os valores da VFinal apresentaram uma relação linear e negativa com a temperatura, linear e positiva com a rotação; quadrática e positiva com a temperatura e rotação, e a interação do efeito linear da rotação com o efeito linear da umidade foi uma relação significativa. O maior valor de VFinal foi observado no tratamento processado à 120 °C, 20% de umidade e 163,6 RPM. O menor valor de VFinal foi encontrado no tratamento extrusado à 120 °C, 500 RPM e 16,6% de umidade.

Tabela 24. Análise de variância da variável resposta Viscosidade Final.

Variáveis	Somatório dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado	p-valor
(1)Temperatura(°C)(L)*	2400,71	1	2400,71	12,91920	0,022873
Temperatura (°C)(Q)*	4909,34	1	4909,34	26,41917	0,006791
(2)Rotação (RPM)(L)*	6296,75	1	6296,75	33,88540	0,004337
Rotação (RPM)(Q)*	10551,98	1	10551,98	56,78450	0,001661
(3)Umidade (%) (L)	80,40	1	80,40	0,43265	0,546620
Umidade (%) (Q)	1163,24	1	1163,24	6,25989	0,066626
1L by 2L	40,50	1	40,50	0,21795	0,664903
1L by 3L	144,50	1	144,50	0,77761	0,427676
2L by 3L*	4851,12	1	4851,12	26,10588	0,006937
Falta de ajuste*	12608,65	5	2521,73	13,57046	0,012812
Erro	743,30	4	185,83		
Total	44093,16	18			

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$)
 Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 25. Coeficientes de regressão e desvio padrão da variável resposta Viscosidade Final em função da variação da temperatura, umidade e rotação das roscas.

Variáveis	Coeficientes de regressão	Erro Padrão	t(4)	P valor
Média/Intercepto	-212,739	523,2953	-0,40654	0,705159
(1)Temperatura(°C)(L)*	-14,448	3,3324	-4,33560	0,012295
Temperatura (°C)(Q)*	0,047	0,0092	5,13996	0,006791
(2)Rotação (RPM)(L)	0,361	0,2964	1,21917	0,289755
Rotação (RPM)(Q)*	0,001	0,0001	7,53555	0,001661
(3)Umidade (%) (L)*	111,558	40,1258	2,78020	0,049808
Umidade (%) (Q)	-2,308	0,9224	-2,50198	0,066626
1L by 2L	0,001	0,0012	0,46685	0,664903
1L by 3L	0,106	0,1205	0,88182	0,427676
2L by 3L*	-0,062	0,0120	-5,10939	0,006937
$R^2=0,69719$				

Valores em negrito e com asterisco indicam valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$)
 Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Os coeficientes de regressão apresentados na Tabela 25 indicaram um bom relacionamento entre os dados, pois aproximadamente 70% da variação foi explicado por esse modelo, no entanto, como a falta de ajuste foi significativa, o modelo não pode ser considerado preditivo.

As características relacionadas a viscosidade que apresentaram relação significativa foram VMinR e Set Back, as demais, por apresentar falta de ajuste significativa, foram consideradas não preditivas.

5.3.8. Reconstituição das farinhas

Para melhor avaliação da estabilidade da suspensão da FCFCE, o teste de reconstituição foi realizado em provetas graduadas (Figura 8) e observado nos tempos de 0 min, 30 min e 60 min. O quadro 2 apresenta o resultado do teste de reconstituição para todos as FCFCE.



Figura 8. Três repetições da reconstituição do tratamento T9 no tempo 30min.
Fonte: Arquivo pessoal, Teresina (PI), 2016.

A FCFC apresentou um bom tempo de reconstituição (9,20 segundos) comparada a outras publicações com outros tipos de farinha, no entanto houve

um alto grau de sedimentação desde o momento inicial após a reconstituição (em torno de 3,33 cm), atingindo média de 19,33 cm ao final de 1 hora.

Quadro 2. Resultados do teste de reconstituição das farinhas extrusadas de feijão-caupi.

Tratamentos	Tempo de reconstituição (s)	Separação de fase em 30 min (cm)	Separação de fase em 60 min (cm)	Observação
1	17,61±6,01 b	0,83±0,58 a	2,00±1,73 a	Presença de sedimentação ao descarte
2	40,66±6,09 c	1,00±0,87 a	2,00±1,00 a	Formou grumos
3	13,24±0,01 a	2,67±1,15 a	3,67±1,15 a	Presença de sedimentação ao descarte
4	26,37±14,28 b	1,33±0,29 a	1,50±0,00 a	Presença de sedimentação ao descarte
5	21,74±3,02 b	0,17±0,29 a	1,67±1,15 a	Formou grumos
6	12,19±0,98 a	7,00±2,65 b	9,00±3,61 b	Presença de sedimentação ao descarte
7	12,30±1,77 a	1,17±0,29 a	2,00±1,00 a	Presença de sedimentação ao descarte
8	7,91±0,81 a	3,00±1,73 a	5,00±1,73 a	Homogênea
9	8,06±0,19 a	6,33±1,53 b	8,33±2,31 b	Presença de sedimentação ao descarte
10	7,69±0,80 a	2,67±0,58 a	4,00±1,00 a	Presença de sedimentação ao descarte
11	12,45±2,49 a	2,00±0,00 a	2,17±0,29 a	Presença de sedimentação ao descarte
12	8,56±0,92 a	1,00±0,00 a	1,00±0,00 a	Dissolveu instantâneo. Presença de sedimentação ao descarte
13	10,15±1,69 a	3,67±3,06 a	3,00±1,00 a	Presença de sedimentação ao descarte
14	9,40±0,14 a	11,00±4,58 b	12,17±3,33 b	Presença de sedimentação ao descarte
15	6,76±1,18 a	5,33±7,51 b	5,33±7,51 a	Presença de sedimentação ao descarte
16	7,81±0,51 a	1,17±0,29 a	1,17±0,29 a	Presença de sedimentação ao descarte
17	8,15±0,45 a	5,33±2,31 b	7,00±3,46 b	Presença de sedimentação ao descarte
18	7,91±1,50 a	9,67±3,51 b	11,33±4,04 b	Presença de sedimentação ao descarte
19	6,65±0,96 a	8,00±4,00 b	9,67±2,52 b	Presença de sedimentação ao descarte

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p < 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Quase todos os tratamentos apresentaram um bom tempo de reconstituição. Silva (2010) utilizando farinha extrusada de milho e feijão constatou o menor tempo de reconstituição, de 56 segundos. Tebas (2014) em

estudo com farinha mista extrusada de arroz e concentrado proteico de soro de leite bovino verificou como o menor tempo de reconstituição sendo àquele próximo de 27 segundos. De todos os tratamentos realizados neste trabalho, apenas um apresentou tempo de reconstituição superior aos dos trabalhos das autoras mencionadas.

Os tratamentos apresentaram fácil dispersão em água a 30 °C e boa aparência (Figuras 9 e 10). O tratamento 2 apresentou o maior tempo de reconstituição (40,66 s) e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos; e o tratamento 19 apresentou o menor tempo de reconstituição (6,65 s). Apesar da facilidade de dispersão das farinhas em água, todos os tratamentos apresentaram sedimentação com aparência de grumos no momento do descarte.

Considerando o tempo de reconstituição e a estabilidade à separação de fases, foram selecionados os melhores tratamentos para a realização das análises para quantificação de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Para isso, um novo lote de extrusados foram processados, utilizando as mesmas condições de processo dos tratamentos selecionados, os extrusados obtidos foram transformados em FCFCE, sob as mesmas condições do preparo do primeiro lote de extrusados.



Figura 9. Aspecto visual de reconstituição das farinhas extrusadas de feijão-caupi.

Fonte: Arquivo pessoal, Teresina (PI), 2016.



Figura 10. Reconstituição da farinha de cotilédone de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque.

Fonte: Arquivo pessoal, Teresina (PI), 2016.

5.3.9. Granulometria

A aparência granulométrica das farinhas extrusadas estão dispostas na Figura 11. Os valores da distribuição granulométrica das FCFCE e da FCFC estão apresentadas na Tabela 26.

As frações retidas nas peneiras de 2, 1 e 0,42 mm foram as de menor quantidade. Apenas os tratamentos 9, 11 e a FCFC apresentaram retenção acima de 10% na peneira de 0,42 mm. A maior parte do material peneirado ficou retida nas peneiras de 0,25 mm, 0,149 mm e no fundo. O diâmetro médio das partículas variou de 179,51 a 283,96 μm nos tratamentos extrusados. Na FCFC o diâmetro médio foi de 308,75 μm .

Bonfim (2016) obteve em farinha crua de cotilédone de feijão-caupi da cultivar BRS Novaera retenção de 42,13% na peneira de 0,25 mm e de 23,67% no fundo.

O tamanho das partículas podem interferir na solubilidade das farinhas extrusadas, sendo que o tratamento que apresentou partículas com menor diâmetro foi o 15 e o que apresentou partículas com maior diâmetro foi o 11. Porém, o tamanho da partícula também pode estar relacionado com a severidade do tratamento proporcionado na moagem e não durante o processo de extrusão, pois houve variação entre as repetições do ponto central. Quanto

a farinha crua, esta apresentou partículas com diâmetro maior que todos os tratamentos extrusados.

Tabela 26. Granulometria e diâmetro das farinhas de cotilédone feijão-caupi extrusadas (FCFCE) e da farinha de cotilédone crua (FCFC).

Tratamentos	2 mm (%)	1 mm (%)	0,42 mm (%)	0,25 mm (%)	0,149 mm (%)	Fundo (%)	Diâmetro μm^2
T01	0,18	0,14	4,32	29,17	25,91	40,12	206,36
T02	0,18	0,28	1,50	31,96	21,99	43,43	197,62
T03	0,00	0,04	2,66	37,15	26,58	33,81	221,71
T04	0,14	0,14	0,78	20,91	34,34	44,02	181,01
T05	0,22	0,14	6,12	31,94	19,14	42,83	212,69
T06	0,20	0,56	4,48	37,30	24,11	33,88	231,70
T07	0,34	0,56	4,80	38,80	24,55	31,21	240,04
T08	0,38	0,00	1,88	27,49	30,99	40,00	199,10
T09	0,36	1,26	10,41	39,31	21,79	27,63	271,95
T10	0,04	0,04	3,98	37,24	27,52	31,14	229,97
T11	0,04	0,04	14,62	40,97	18,57	25,97	283,96
T12	0,00	0,04	3,58	36,62	28,89	31,04	227,94
T13	0,00	0,06	1,92	28,57	32,75	36,91	202,42
T14	0,02	0,04	6,15	35,03	25,12	33,91	229,33
T15	0,06	0,06	0,98	21,17	32,73	45,18	179,51
T16	0,04	0,08	0,54	39,33	27,30	29,55	220,31
T17	0,04	0,06	3,74	38,06	27,94	30,76	232,24
T18	0,12	0,06	6,38	41,55	25,03	27,55	253,08
T19	0,10	0,18	2,26	26,17	28,53	43,68	192,80
Farinha crua	0,56	3,61	13,03	38,92	22,64	21,20	308,75

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

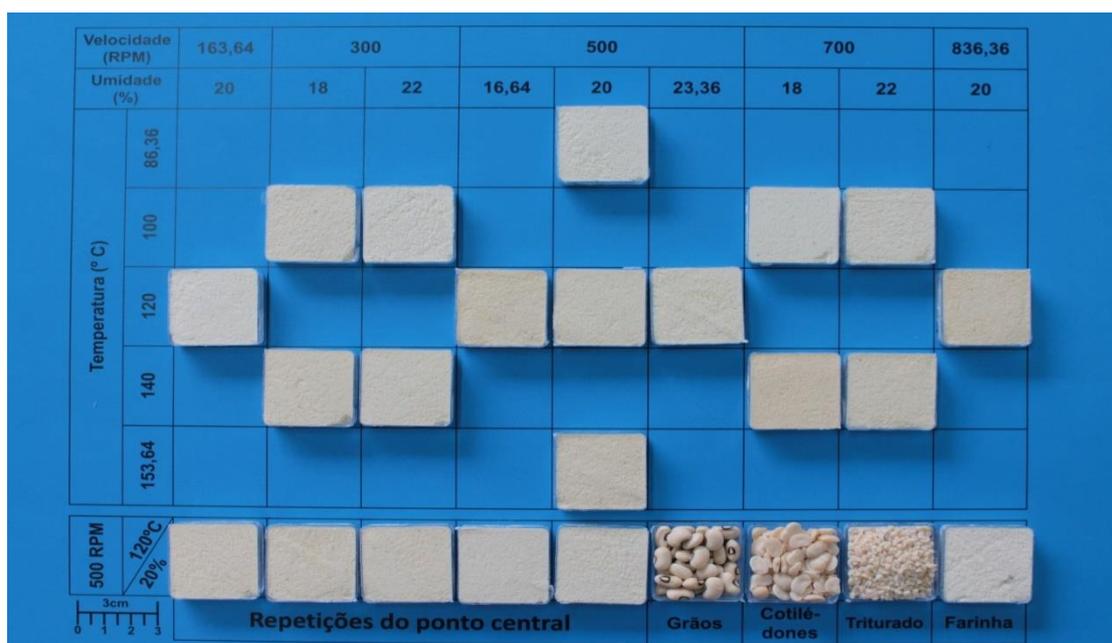


Figura 11. Aparência física das farinhas de cotilédone de feijão-caupi extrusadas (FCFCE) da cultivar BRS Tumucumaque, da matéria-prima (FCFC) grãos inteiros e subprodutos do descorticação.

Fonte: Arquivo pessoal, Teresina (PI), 2016.

5.4. Composição centesimal

A composição centesimal foi determinada comparando as FCFCE com a FCFC (Tabela 27), comparando-se somente as matérias-primas (grão e FCFC) e os subprodutos da descorticação (tegumento e pó do separador) entre si (Tabela 28) e comparando-se somente os tratamentos das FCFCE entre si (Tabela 29). As análises foram feitas em triplicatas e os resultados dispostos em médias com desvio-padrão.

O conteúdo de umidade variou de 9,00 a 10,27% nas FCFCE e foi de 10,38% na FCFC. No pó do separador, tegumento e grão foram, respectivamente, 9,73, 10,41 e 11,99%. Houve diferença significativa entre alguns tratamentos e todos os tratamentos diferiram da farinha crua. O teor de umidade constatado em grãos crus de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque por Barros (2014) foi de 10,44%, bem próximo do teor determinado nesse trabalho. Em extrusados de quirera de arroz e bandinha de feijão, Carvalho et al. (2012) verificaram um teor de umidade de 7,23%.

O teor de umidade apresentou pequena variação nos tratamentos extrusados e ficou bem próximo do teor presente na farinha de cotilédone crua,

enquanto que a farinha integral apresentou teor de umidade superior a todos os tratamentos analisados, revelando que os processos empregados provocaram perda de umidade.

Tabela 27. Composição centesimal das farinhas extrusadas e da farinha de cotilédone de feijão-caupi crua

Tratamentos	Umidade (%)	Cinzas (% b.s.)	Lipídeos (% b.s.)	Proteínas (% b.s.)	Carboidratos (% b.s.)
1	9,81±0,09 e	3,55±0,01 d	1,03±0,08 e	22,06±0,04 g	73,14±0,10 d
2	9,57±0,03 f	3,71±0,01 b	1,13±0,08 d	22,01±0,02 g	73,13±0,06 d
3	9,00±0,10 j	3,53±0,01 d	1,18±0,02 d	22,13±0,02 f	73,05±0,14 e
4	9,58±0,04 f	3,73±0,06 b	1,39±0,07 c	22,65±0,02 c	72,26±0,01 h
5	9,50±0,05 g	3,82±0,03 a	0,67±0,02 g	22,13±0,03 f	73,37±0,02 c
6	10,09±0,02 c	3,70±0,04 b	1,76±0,04 b	22,41±0,10 d	72,18±0,00 h
7	9,46±0,00 g	3,51±0,02 d	1,04±0,06 e	22,44±0,06 d	73,01±0,03 e
8	9,42±0,02 g	3,50±0,02 d	1,00±0,02 e	22,16±0,01 f	73,23±0,10 d
9	9,91±0,09 d	3,49±0,01 d	1,19±0,02 d	22,10±0,10 f	73,26±0,05 d
10	10,27±0,05 b	3,51±0,03 d	0,96±0,05 e	21,81±0,10 i	73,85±0,04 a
11	9,85±0,09 e	3,56±0,05 d	1,36±0,04 c	22,42±0,03 d	72,65±0,06 g
12	9,79±0,06 e	3,80±0,07 a	0,86±0,07 f	22,32±0,07 e	72,97±0,05 e
13	9,52±0,06 g	3,54±0,06 d	0,99±0,04 e	22,35±0,05 e	73,15±0,08 d
14	9,92±0,06 d	3,58±0,01 c	0,87±0,09 f	22,67±0,07 c	72,80±0,05 f
15	9,18±0,08 h	3,56±0,08 d	0,82±0,10 f	22,45±0,02 d	73,07±0,02 e
16	9,53±0,07 f	3,62±0,04 c	0,89±0,05 f	21,93±0,07 h	73,56±0,08 b
17	9,58±0,09 f	3,63±0,04 c	0,78±0,02 f	21,97±0,07 h	73,42±0,10 c
18	9,18±0,01 f	3,66±0,03 b	0,95±0,06 e	22,25±0,04 e	73,14±0,06 d
19	9,63±0,05 f	3,58±0,06 c	0,95±0,06 e	25,57±0,00 a	69,90±0,03 i
Farinha crua	10,38±0,01 a	3,63±0,06 c	1,99±0,08 a	24,93±0,07 b	69,35±0,09 j
CV*	0,65	1,21	5,31	0,26	0,10
Média geral	9,68	3,61	1,09	22,54	72,72

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p < 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão.

*CV – Coeficiente de variação.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 28. Composição centesimal da matéria-prima e dos subprodutos da descorticação do feijão-caupi

Tratamentos	Umidade (%)	Cinzas (% b.s.)	Lipídeos (% b.s.)	Proteínas (% b.s.)	Carboidratos (% b.s.)
Farinha crua	10,38±0,01 b	3,63±0,06 b	1,99±0,08 a	24,93±0,07 a	69,35±0,09 d
Tegumento	10,41±0,01 b	3,34±0,01 c	1,28±0,03 c	14,31±0,04 d	81,11±0,03 a
Pó	9,73±0,06 c	3,84±0,04 a	2,02±0,09 a	24,46±0,05 b	69,62±0,05 c
Farinha integral*	11,99±0,03 a	3,66±0,01 b	1,51±0,06 b	22,17±0,03 c	72,66±0,04 b
Média geral	10,63	3,62	1,70	21,47	73,19

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p < 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão.

*Moida na semana da análise

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 29. Composição centesimal dos tratamentos da farinha de cotilédone de feijão-caupi extrusadas (FCFCE).

Tratamentos	Umidade (%)	Cinzas (% b.s.)	Lipídeos (% b.s.)	Proteínas (% b.s.)	Carboidratos (% b.s.)
1	9,81±0,09 d	3,55±0,01 d	1,03±0,08 d	22,06±0,04 f	73,14±0,10 d
2	9,57±0,03 e	3,71±0,01 b	1,13±0,08 c	22,01±0,02 f	73,13±0,06 d
3	9,00±0,10 h	3,53±0,01 d	1,18±0,02 c	22,13±0,02 e	73,05±0,14 e
4	9,58±0,04 e	3,73±0,06 b	1,39±0,07 b	22,65±0,02 b	72,26±0,01 h
5	9,50±0,05 f	3,82±0,03 a	0,67±0,02 f	22,13±0,03 e	73,37±0,02 c
6	10,09±0,02 b	3,70±0,04 b	1,76±0,04 a	22,41±0,10 c	72,18±0,00 h
7	9,46±0,00 f	3,51±0,02 d	1,04±0,06 d	22,44±0,06 c	73,01±0,03 e
8	9,42±0,02 f	3,50±0,02 d	1,00±0,02 d	22,16±0,01 e	73,23±0,10 d
9	9,91±0,09 c	3,49±0,01 d	1,19±0,02 c	22,10±0,10 e	73,26±0,05 d
10	10,27±0,05 a	3,51±0,03 d	0,96±0,05 d	21,81±0,10 h	73,85±0,04 a
11	9,85±0,09 d	3,56±0,05 c	1,36±0,04 b	22,42±0,03 c	72,65±0,06 g
12	9,79±0,06 d	3,80±0,07 a	0,86±0,07 e	22,32±0,07 d	72,97±0,05 e
13	9,52±0,06 f	3,54±0,06 d	0,99±0,04 d	22,35±0,05 d	73,15±0,08 d
14	9,92±0,06 c	3,58±0,01 c	0,87±0,09 e	22,67±0,07 b	72,80±0,05 f
15	9,18±0,08 g	3,56±0,08 c	0,82±0,10 e	22,45±0,02 c	73,07±0,02 e
16	9,53±0,07 e	3,62±0,04 c	0,89±0,05 e	21,93±0,07 g	73,56±0,08 b
17	9,58±0,09 e	3,63±0,04 c	0,78±0,02 e	21,97±0,07 g	73,42±0,10 c
18	9,18±0,01 e	3,66±0,03 b	0,95±0,06 d	22,25±0,04 d	73,14±0,06 d
19	9,63±0,05 e	3,58±0,06 c	0,95±0,06 d	25,57±0,00 a	69,90±0,03 i
Média geral	9,64	3,61	1,04	22,41	72,90

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p < 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

O teor de cinzas nas FCFCE variou de 3,49 a 3,82% (b.s.). A FCFC apresentou o teor de cinzas de 3,63% (b.s.). No tegumento, grão e pó do separador foram verificados respectivamente 3,34, 3,66 e 3,84% (b.s.) de cinzas. Houve diferença significativa entre alguns tratamentos. Os tratamentos 14, 16, 17 e 19 não diferiram significativamente da farinha crua (Tabela 27). Batista (2010) constatou 3,89% (b.s.) de cinzas em farinha integral de feijão-caupi crua e 3,85% em farinha integral de feijão-caupi extrusada.

Entre as FCFCE houve as que apresentaram teor de cinzas superior à FCFC e outras que apresentaram teor de cinzas menores. Os demais subprodutos da descorticação também apresentaram teores de cinzas bem próximos, embora, de todas as amostras analisadas, o tegumento apresentou o menor teor.

O conteúdo de lipídios nas FCFCE variou de 0,67 a 1,76% (b.s.). Houve diferença entre alguns tratamentos. O grão apresentou 1,51% (b.s.), o tegumento, a farinha de cotilédone crua e o pó do separador apresentaram, respectivamente, 1,28, 1,99 e 2,02% (b.s.). A FCFC e o pó do separador foram diferentes significativamente de todos os tratamentos. Em farinha integral de

feijão-caupi crua, Barros (2014) quantificou 1,69% (b.s.) de lipídios e em farinha integral extrusada de feijão-caupi, Batista (2010) quantificou 1,04% (b.s.).

Neste trabalho os tratamentos que apresentaram o menor e o maior conteúdo de lipídios foram, respectivamente, o 5 e o 6. Comparando os tratamentos extrusados com a farinha crua houve uma perda significativa de lipídios, enquanto que a farinha integral apresentou teor de lipídios semelhante às FCFCE.

O teor de proteínas nos tratamentos variou de 21,81 a 25,57% (b.s.). Vale ressaltar, que o tratamento 19 apresentou comportamento diferente dos demais tratamentos extrusados, pois os teores de proteínas neles variaram entre 21,81 e 22,67% (b.s.), enquanto que no tratamento 19 foi 25,57% (b.s.) sugerindo que a amostra pode ter sido contaminada ou que não tenha alcançado a homogeneidade correta. A análise do tratamento 19 foi repetida e o resultado se manteve. O teor de proteínas no tegumento, nos grãos, no pó do separador e na FCFC foram, respectivamente, 14,31, 22,17, 24,60 e 24,93% (b.s.) (Tabela 28). O teor de proteínas na FCFC diferiu de todos os tratamentos. Bonfim (2016) em estudo com em farinha de cotilédones de feijão-caupi da cultivar BRS Guariba constatou 23,98% (b.s.), enquanto que nos tratamentos extrusados observou de 27,39 a 28,91% de proteínas. Os resultados diferem desse trabalho, considerando a comparação farinha crua com tratamentos extrusados. Lira Filho (2001) também em extrusados de feijão-caupi integral verificou teores de 23,65 a 25,96% (b.s.) de proteínas.

O processo de extrusão provocou diminuição nos teores de proteínas. Isto pode ser observado comparando as FCFCE com as FCFC. Na farinha integral o teor de proteínas foi semelhante aos tratamentos extrusados, pois como o tegumento apresentou baixo teor deste nutriente, contribuiu pouco para a redução na farinha integral.

Vale ressaltar que por não apresentar glúten em sua composição, as FCFCE ou FCFC podem ser utilizadas sem restrição e como opção de matéria-prima para preparado de alimentos para pessoas que apresentam a doença celíaca.

Os carboidratos variaram de 69,90 a 73,85% (b.s.) nos tratamentos extrusados. Houve diferença significativa entre alguns tratamentos. A FCFC, o pó do separador, a farinha integral moída antes das análises e o tegumento

apresentaram, respectivamente, 69,35; 69,62; 72,66 e 81,11% (b.s.). Todos os tratamentos extrusados diferiram da farinha de cotilédone crua, do pó do separador e do tegumento. Em farinha crua de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque, Simplício (2013) constatou 69,92% (b.s.) de carboidratos por diferença. Bonfim (2016) verificou de 71,00 a 72,18% (b.s) de carboidratos em extrusados de feijão-caupi da cultivar BRS Novaera.

O processo de extrusão favoreceu a diminuição de alguns nutrientes analisados quimicamente e conseqüentemente, aumento dos teores de carboidratos, que foi calculado indiretamente por diferença. Entre os produtos da descorticação, o tegumento apresentou o maior teor deste carboidratos.

5.5. Conteúdo de elementos minerais

A comparação do conteúdo de alguns de elementos minerais foi realizada entre as FCFCE com a FCFC (Tabela 30), somente entre as FCFCE (Tabela 31), entre as matérias-primas (grãos e FCFC) e subprodutos da descorticação (tegumento e pó do separador) (Tabela 32). As análises foram realizadas em triplicatas e os resultados dispostos em médias com respectivos desvios-padrão.

O teor de magnésio (Mg) nas FCFCE variou de 193,97 a 330,72 mg/100 g. Houve diferença significativa entre os tratamentos. A FCFC apresentou 243,23 mg/100 g de Mg e não diferiu do tratamento 2. O grão, o pó do separador e o tegumento apresentaram respectivamente 269,87; 545,43 e 609,05 mg/100 g. O maior teor de Mg constatado no tegumento e foi diferente de todos os tratamentos e dos subprodutos da matéria-prima.

Barros (2014) quantificou 125,00 mg/100 g de magnésio em farinha de feijão-caupi, também da cultivar BRS Tumucumaque, e Bonfim (2016) em farinha extrusada de feijão-caupi da cultivar BRS Novaera verificou teores de 176,60 a 199,35 mg/100 g.

A maioria dos tratamentos extrusados apresentaram teores de Mg maiores que a farinha de cotilédone crua. Considerando o grão, este mineral está mais concentrado no tegumento.

Nas farinhas extrusadas o teor de manganês (Mn) foi de 0,85 a 0,98 mg/100 g. Poucos tratamentos diferiram significativamente. A FCFC

apresentou 0,84 mg/100 g de Mn e não diferiu significativamente da maioria dos tratamentos. Os grãos e o pó do separador apresentaram respectivamente 0,94 e 0,99 mg/100 g. O teor de Mn no tegumento foi de 1,46 mg/100 g e foi o único subproduto da matéria-prima que diferiu significativamente das FCFCE, das matérias-primas e dos outros subprodutos. O teor de Mn verificado por Simplício (2013) em farinha de feijão-caupi foi de 1,77 mg/100 g. Em extrusado de griz de milho e de feijão, Silva (2010) detectou teores de 0,19 e 1,10 mg/100 g.

O processo de extrusão não interferiu no teor de Mn e no grão, este mineral também está concentrado no tegumento. Comparando a farinha integral com a FCFC não houve diferenças significativas.

Os teores de ferro (Fe) nas FCFCE variaram de 4,96 a 6,06 mg/100 g. Vários tratamentos diferiram significativamente. A FCFC apresentou o menor teor de Fe (4,65 mg/100 g). O tegumento apresentou 5,78 mg/100 g e não diferiu do tratamento 8. O pó do separador e o grão apresentaram respectivamente 7,94 e 8,69 mg/100 g. Tanto o pó quanto o grão foram diferentes significativamente de todos os tratamentos e dos outros subprodutos do descorticação. Barros (2014) detectou em grãos de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque 4,57 mg/100 g de Fe, e na cultivar BRS Guariba Bonfim (2016) constatou uma variação de 4,04 a 5,49 mg/100 g.

Os teores de Fe foram maiores nos tratamentos extrusados. O processo de descorticação provocou uma redução nos teores de ferro, visto que de todas as amostras analisadas, a farinha integral crua apresentou o maior teor de Fe.

A quantidade de fósforo (P) presente nas FCFCE variou de 204,07 a 365,25 mg/100 g. A FCFC apresentou 332,09 mg/100 g e não diferiu significativamente das FCFCE 4, 5, 10, 13, 14 e 19. O tegumento e os grãos apresentaram, respectivamente, 152,27 e 461,29 mg/100 g e diferiram significativamente tanto das FCFCE quanto dos subprodutos da matéria-prima. No pó do separador foi constatado 291,72 mg/100 g de P. Frota et al. (2008) detectaram 510 mg/100 g de fósforo em grão de feijão-caupi. Em FCFCE da cultivar BRS Guariba, Bonfim (2016) constatou teores de 505,18 a 522,16 mg/100 g de P. A farinha integral apresentou o maior teor deste mineral e a descorticação provocou uma pequena redução, comparando a farinha integral crua com a FCFC.

Nas FCFCE o teor de zinco (Zn) variou de 2,79 a 3,59 mg/100 g. A FCFC apresentou 3,05 mg/100 g e não diferiu estatisticamente das FCFCE 13, 14, 15 e 16. O tegumento, o pó do separador e os grãos apresentaram respectivamente 2,00; 3,44 e 4,41 mg/100 g de Zn. Portanto, o maior teor de Zn foi constatado nos grãos, e foram diferentes de todos os tratamentos e dos outros subprodutos da matéria-prima. Em farinha integral de grão de feijão-caupi, Frota et al. (2008) quantificaram 4,1 mg/100 g de Zn. Em extrusados de griz de milho e feijão comum, Silva (2010) constatou teores de 0,53 a 1,95 mg/100 g. O teor de Zn obtido nas FCFCE desse trabalho foi maior devido ao fato da matéria-prima ser exclusivamente FCFC, visto que no trabalho de Silva (2010) o teor de Zn em grãos integrais de feijão carioca BRS Pontal foi de 3,41 mg/100 g.

Assim como nos teores de P, os teores de Zn também não apresentaram uma relação explícita com o processo de extrusão, mas a descorticação promoveu pequena redução desse mineral nas FCFC, como pode ser constatado na comparação entre a farinha integral crua com a FCFC.

O teor de cobre (Cu) nas FCFCE deste trabalho foi de 0,48 a 0,63 mg/100 g. Não houve grande variação entre as FCFCE com os valores da FCFC. O tegumento apresentou 0,5 mg/100 g de Cu e diferiu significativamente do grão e dos outros subprodutos do descorticação. O pó do separador (0,59 mg/100 g de Cu) e o grão (0,60 mg/100 g de Cu) não apresentaram diferença significativas. A FCFC não apresentou diferença significativa com as FCFCE 1, 2, 3, 14, 15, 17, 18 e 19. O teor de Cu obtido por Barros (2014) nos grãos de feijão-caupi da cultivar BRS Aracê foi de 0,59 mg/100 g e na cultivar BRS Tumucumaque de 0,33 mg/100 g, concentração inferior aos encontrados neste trabalho. Em extrusados de feijão-caupi da cultivar BRS Novaera, Bonfim (2016) quantificou em média, 0,37mg/100 g de Cu.

O teor de Cu não foi influenciado pelo processo de extrusão e nem com o processo de descorticação, pois houve tratamentos extrusados que apresentaram conteúdo de Cu maior que a FCFC e outros com conteúdo menores. Assim como a farinha integral apresentou teor semelhante a algumas FCFCE.

Nas FCFCE, o teor de potássio (K) variou de 975,74 a 1341,40 mg/100 g. Houve variações significativas entre alguns tratamentos. O tegumento, o pó

do separador, a FCFC e o grão apresentaram respectivamente 735,88: 985,15: 1127,00 e 1530,99 mg/100 g. O tegumento apresentou o menor teor de K e o grão o maior. As FCFCE 10, 14 e 18 não diferiram significativamente da FCFC. Simplício (2013), quantificou em farinha de cotilédones (os cotilédones foram obtidos após remolho dos grãos) de feijão-caupi 1324,00 mg/100 g de potássio. Gomes et al. (2006) em farinha integral extrusada de feijão comum constatou 1150,00 mg/100 g.

O processo de extrusão não mostrou interferência explícita com o conteúdo de potássio, mas a descorticação está relacionada com uma pequena redução no conteúdo deste mineral, visto que houve diferenças entre a FCFC e a farinha integral.

Considerando o conteúdo de todos os minerais, o processo de extrusão não provocou mudanças consideráveis em nenhum, exceto no teor de Fe, cuja concentração se elevou nas FCFCE. O processo de descorticação provocou redução em todos os elementos minerais, por eles estarem concentrados no tegumento, a única exceção foi para o Mg.

Tabela 30. Conteúdo de minerais das farinhas extrusadas e da farinha de cotilédone de feijão-caupi crua.

Tratamentos	Magnésio (mg/100 g)	Manganês (mg/100 g)	Ferro (mg/100 g)	Fósforo (mg/100 g)	Zinco (mg/100 g)	Cobre (mg/100 g)	Potássio (mg/100 g)
1	273,19±0,52 c	0,86±0,01 a	5,16±0,03 d	350,70±15,90 a	2,94±0,09 d	0,48±0,01 c	1266,58±12,99 a
2	237,32±18,26 d	0,89±0,01 a	6,05±0,05 a	226,95±32,35 f	2,88±0,05 d	0,52±0,02 c	1319,80±55,91 a
3	193,97±20,43 e	0,87±0,00 a	5,28±0,10 d	204,07±6,82 g	2,79±0,03 e	0,53±0,03 b	1281,20±25,91 a
4	323,00±6,88 a	0,91±0,05 a	6,06±0,04 a	334,96±14,37 b	3,59±0,06 a	0,61±0,01 a	1337,31±9,44 a
5	284,38±15,37 c	0,85±0,03 a	4,96±0,03 e	327,82±0,33 b	3,45±0,04 a	0,60±0,02 a	1341,40±59,96 a
6	304,24±1,09 b	0,89±0,02 a	5,36±0,04 d	306,22±0,34 c	3,47±0,05 a	0,63±0,02 a	1224,37±17,56 b
7	264,07±17,45 c	0,92±0,04 a	5,34±0,02 d	263,83±13,83 e	3,43±0,10 a	0,60±0,02 a	1315,09±58,57 a
8	285,68±8,72 c	0,95±0,03 a	5,76±0,03 b	293,65±13,75 c	3,52±0,03 a	0,63±0,02 a	1284,58±2,50 a
9	327,63±8,91 a	0,95±0,02 a	6,01±0,09 a	365,25±21,16 a	3,50±0,02 a	0,60±0,05 a	1271,69±40,01 a
10	290,94±3,12 c	0,90±0,06 a	5,57±0,01 c	342,82±8,66 b	3,24±0,04 b	0,60±0,03 a	1161,59±24,21 c
11	305,79±3,85 b	0,88±0,04 a	5,63±0,08 c	265,34±5,72 e	3,29±0,10 b	0,59±0,01 a	1278,16±39,26 a
12	293,52±2,55 c	0,90±0,02 a	6,02±0,02 a	261,03±5,25 e	3,33±0,03 b	0,58±0,00 a	1227,21±39,16 b
13	330,72±3,31 a	0,86±0,05 a	5,59±0,09 c	334,77±4,05 b	3,11±0,03 c	0,58±0,01 a	1279,61±6,85 a
14	303,53±17,15 b	0,92±0,07 a	5,43±0,21 c	328,35±7,61 b	3,05±0,09 c	0,56±0,00 b	1176,80±4,91 c
15	294,39±4,09 c	0,94±0,02 a	5,43±0,06 c	287,33±1,06 d	3,07±0,08 c	0,55±0,02 b	1200,92±6,49 b
16	295,01±4,23 c	0,98±0,07 a	5,19±0,02 d	238,89±25,39 f	3,01±0,03 c	0,59±0,03 a	1275,36±47,26 a
17	291,73±8,78 c	0,90±0,02 a	5,30±0,10 d	283,75±8,30 d	2,87±0,06 d	0,55±0,00 b	975,74±45,38 d
18	282,90±4,76 c	0,91±0,07 a	6,02±0,15 a	301,44±22,67 c	3,21±0,02 b	0,55±0,05 b	1136,47±30,56 c
19	285,41±28,48 c	0,92±0,04 a	5,53±0,30 c	319,17±10,89 c	3,24±0,07 b	0,56±0,02 b	1028,63±89,45 d
Farinha crua	243,23±6,73 d	0,84±0,02 a	4,65±0,05 f	332,09±11,63 b	3,05±0,04 c	0,53±0,03 b	1127,00±30,75 c
CV*	4,16	4,57	1,86	4,78	1,79	4,15	3,21
Média geral	285,53	0,90	5,52	298,42	3,20	0,57	1225,47

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p < 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão.

*CV – Coeficiente de variação.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 31. Conteúdo de minerais dos tratamentos extrusados da farinha de cotilédone de feijão-caupi.

Tratamento	Magnésio (mg/100 g)	Manganês (mg/100 g)	Ferro (mg/100 g)	Fósforo (mg/100 g)	Zinco (mg/100 g)	Cobre (mg/100 g)	Potássio (mg/100 g)
1	273,19±0,52 c	0,86±0,01 a	5,16±0,03 d	350,70±15,90 a	2,94±0,09 d	0,48±0,01 c	1266,58±12,99 a
2	237,32±18,26 d	0,89±0,01 a	6,05±0,05 a	226,95±32,35 f	2,88±0,05 d	0,52±0,02 c	1319,80±55,91 a
3	193,97±20,43 e	0,87±0,00 a	5,28±0,10 d	204,07±6,82 g	2,79±0,03 d	0,53±0,03 b	1281,20±25,91 a
4	323,00±6,88 a	0,91±0,05 a	6,06±0,04 a	334,96±14,37 b	3,59±0,06 a	0,61±0,01 a	1337,31±9,44 a
5	284,38±15,37 c	0,85±0,03 a	4,96±0,03 e	327,82±0,33 b	3,45±0,04 a	0,60±0,02 a	1341,40±59,96 a
6	304,24±1,09 b	0,89±0,02 a	5,36±0,04 d	306,22±0,34 c	3,47±0,05 a	0,63±0,02 a	1224,37±17,56 b
7	264,07±17,45 c	0,92±0,04 a	5,34±0,02 d	263,83±13,83 e	3,43±0,10 a	0,60±0,02 a	1315,09±58,57 a
8	285,68±8,72 c	0,95±0,03 a	5,76±0,03 b	293,65±13,75 c	3,52±0,03 a	0,63±0,02 a	1284,58±2,50 a
9	327,63±8,91 a	0,95±0,02 a	6,01±0,09 a	365,25±21,16 a	3,50±0,02 a	0,60±0,05 a	1271,69±40,01 a
10	290,94±3,12 c	0,90±0,06 a	5,57±0,01 c	342,82±8,66 b	3,24±0,04 b	0,60±0,03 a	1161,59±24,21 c
11	305,79±3,85 b	0,88±0,04 a	5,63±0,08 c	265,34±5,72 e	3,29±0,10 b	0,59±0,01 a	1278,16±39,26 a
12	293,52±2,55 c	0,90±0,02 a	6,02±0,02 a	261,03±5,25 e	3,33±0,03 b	0,58±0,00 a	1227,21±39,16 b
13	330,72±3,31 a	0,86±0,05 a	5,59±0,09 c	334,77±4,05 b	3,11±0,03 c	0,58±0,01 a	1279,61±6,85 a
14	303,53±17,15 b	0,92±0,07 a	5,43±0,21 c	328,35±7,61 b	3,05±0,09 c	0,56±0,00 b	1176,80±4,91 c
15	294,39±4,09 c	0,94±0,02 a	5,43±0,06 c	287,33±1,06 d	3,07±0,08 c	0,55±0,02 b	1200,92±6,49 b
16	295,01±4,23 c	0,98±0,07 a	5,19±0,02 d	238,89±25,39 f	3,01±0,03 c	0,59±0,03 a	1275,36±47,26 a
17	291,73±8,78 c	0,90±0,02 a	5,30±0,10 d	283,75±8,30 d	2,87±0,06 d	0,55±0,00 b	975,74±45,38 d
18	282,90±4,76 c	0,91±0,07 a	6,02±0,15 a	301,44±22,67 c	3,21±0,02 b	0,55±0,05 b	1136,47±30,56 c
19	285,41±28,48 c	0,92±0,04 a	5,53±0,30 c	319,17±10,89 c	3,24±0,07 b	0,56±0,02 b	1028,63±89,45 d
Média geral	287,76	0,91	5,56	296,65	3,21	0,57	1230,66

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p < 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Tabela 32. Conteúdo de elementos minerais da matéria-prima e dos subprodutos da descorticação do feijão-caupi.

Tratamentos	Magnésio (mg/100 g)	Manganês (mg/100 g)	Ferro (mg/100 g)	Fósforo (mg/100 g)	Zinco (mg/100 g)	Cobre (mg/100 g)	Potássio (mg/100 g)
Farinha crua	243,23±6,73 c	0,84±0,02 d	4,65±0,05 d	332,09±11,63 b	3,05±0,04 c	0,53±0,03 b	1127,00±30,75 b
Tegumento	609,05±28,23 a	1,46±0,01 a	5,78±0,09 c	152,27±4,15 d	2,00±0,09 d	0,50±0,02 b	735,88±12,95 d
Pó	545,43±15,57 b	0,99±0,03 b	7,94±0,00 b	291,72±6,28 c	3,44±0,00 b	0,59±0,04 a	985,15±6,45 c
Grão cru	269,87±1,71 c	0,94±0,01 c	8,69±0,15 a	461,29±1,28 a	4,41±0,02 a	0,60±0,01 a	1531,00±8,47 a
Média geral	416,90	1,06	6,76	309,34	3,22	0,55	1094,75

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p < 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

5.6. Compostos fenólicos e atividades antioxidantes

Foram selecionados os tratamentos 1, 4, 7, 8, 10 e 12 para a análise de compostos fenólicos e atividades antioxidantes por apresentarem o menor tempo de reconstituição e menor fase de separação após 60 minutos de reconstituição.

Os compostos bioativos foram quantificados comparando as concentrações na FCFCE selecionadas, baseadas nas características de reconstituição e estabilidade física das dispersões em água, com a FCFC e com todos os produtos e subprodutos da descorticação (grãos, tegumentos e pó do separador) (Tabela 33). As análises foram realizadas em triplicatas e os resultados dispostos em médias com os respectivos desvios-padrão.

Tabela 33. Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante dos extrusados de farinha de cotilédones de feijão-caupi selecionados e dos subprodutos da matéria-prima.

Tratamentos	Compostos Fenólicos totais (mg EAG ^a /100 g)	Flavonoides totais (mg EQ ^b /100 g)	Flavonóis (taninos condensados) mg EC ^c /100 g	DPPH μ Mol TEAC ^d /100 g
Grão	77,11±0,00 e	38,18±0,00 f	1,69±0,00 a	353,59±0,00 d
Cotilédone	55,04±0,00 g	28,41±0,00 g	1,30±0,00 c	576,67±0,00 c
Tegumento	132,28±0,00 a	104,59±0,00 a	0,73±0,00 e	887,80±0,00 a
Pó	88,14±0,00 d	88,97±0,00 b	0,92±0,00 d	799,74±0,00 b
1	71,59±0,00 f	42,08±0,00 e	0,73±0,00 e	294,89±0,00 e
4	35,73±0,00 h	62,59±0,00 c	1,50±0,00 b	300,76±0,00 e
7	99,18±0,00 b	43,06±0,00 e	0,54±0,00 f	306,63±0,00 e
8	93,66±0,00 c	61,62±0,00 c	0,16±0,00 g	271,41±0,00 f
10	24,69±0,00 i	63,57±0,00 c	0,92±0,00 d	65,94±0,00 h
12	77,11±0,00 e	54,78±0,00 d	0,54±0,00 f	95,29±0,00 g
CV*	1,64	2,04	11,63	2,93
Média geral	75,45	58,78	0,90	395,27

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p < 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão. *CV – Coeficiente de variação. ^aEquivalente de Ácido Gálico; ^bEquivalente de Quercetina; ^cEquivalente de Catequina; ^dAtividade Antioxidante Equivalente ao Trolox. Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2016.

Os teores de compostos fenólicos totais nos tratamentos extrusados variaram de 24,69 a 99,18 mg EAG/100 g. O tratamento 10 apresentou o menor teor de compostos fenólicos totais, enquanto o 7 apresentou o maior, com diferenças significativas ($p < 0,05$). Considerando todas as amostras, o maior teor de compostos fenólicos totais foi verificado no tegumento (132,28

mg EAG/100 g), revelando que a maior quantidade desse composto está nessa parte do grão. A FCFC apresentou 55,04 mg EAG/100 g. Barros (2014) constatou em grão *in natura* integral de feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque 177,07 mg EAG/100 g e Pinheiro (2012) em grãos integrais feijão-caupi da linhagem MNC03-737F-5-9 76,16 mg EAG/100 g de compostos fenólicos totais. Meza (2015) em pesquisa com arroz pigmentado encontrou 425,7 mg EAG/100 g de fenólicos totais, enquanto que nos extrusados de arroz pigmentado esse teor foi de 61,5 a 84,4 mg EAG/100 g.

Nos tratamentos extrusados, os flavonoides totais variaram de 42,08 a 63,57 mg EQ/100 g. O tratamento 1 apresentou o menor teor de flavonoides totais, enquanto o 10 apresentou o maior, com diferenças significativas. Na FCFC foi quantificado 28,41 mg EQ/100 g, que foi significativamente diferente dos outros subprodutos e das FCFCE. No tegumento foram determinados 104,59 mg EQ/100 g de flavonoides totais e foi a amostra que apresentou o maior teor desse composto. Barros (2014) quantificou em feijão-caupi da cultivar BRS Tumucumaque, 45,80 mg EQ/100 g em grãos crus, e 36,11 mg EQ/100 g em grãos cozidos, e informa que parte do conteúdo de flavonoides foi transferido para o caldo.

Os flavonóis (taninos condensados) nos tratamentos extrusados variaram de 0,16 a 1,5 mg EC/100 g. O tratamento 8 apresentou o menor valor de taninos condensados, enquanto o 4 apresentou o maior. Na farinha de cotilédone foi quantificado 1,3 mg EC/100 g de taninos condensados, e no grão 1,69 mg EC/100 g. O maior teor desse composto, diferentemente dos compostos fenólicos totais e flavonoides, foi constatado nos grãos. O teor de taninos determinados por Delfino e Canniatti-Brazaca (2010) em feijão comum cru recém-colhido foi de 1,13 mg EQ/100 g de catequina e em feijão cozido foi 0,74 mg EQ/100 g de catequina.

A atividade antioxidante foi determinada pelo método de redução do radical livre DPPH (2,2 difenil-1-picrilhidrazil). Nos tratamentos extrusados a atividade antioxidante variou de 65,94 a 306,63 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$. O tratamento 10 apresentou a menor e o 7 a maior atividade antioxidante. Todos os subprodutos da matéria-prima apresentaram atividade antioxidante maior do que os tratamentos extrusados com diferenças significativas. A maior atividade antioxidante foi verificada no tegumento. Barros (2014) ao trabalhar com feijão-

caupi da cultivar BRS Tumucumaque cru obteve atividade antioxidante de 551,5 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$ e na amostra cozida o valor reduziu para 278,4 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$.

O processo de extrusão favoreceu o aumento das concentrações de compostos fenólicos totais e flavonoides totais nas farinhas, pois houve um aumento em todas as FCFCE quando comparadas com a FCFC. O processo de descorticação favoreceu a diminuição do teor desses compostos, pois sua maior concentração estava no tegumento.

Quanto a teor de taninos, o processo de extrusão provocou uma diminuição, exceto no tratamento 4, que apresentou uma concentração maior que na FCFC. Isso sugere que pode ter havido algum erro durante a análise. A maior concentração de taninos foi encontrada na farinha integral (grão), e embora o processo de descorticação tenha revelado redução no teor deste composto, a maior concentração dele não parece estar no tegumento. A diminuição de taninos provocada pelo processo de extrusão indica uma melhora na qualidade nutricional das farinhas extrusadas, pois os taninos podem se comportar como fator antinutricional de alguns nutrientes.

O processo de extrusão provocou uma diminuição na atividade antioxidante. O tegumento isolado mostrou uma maior atividade antioxidante, indicando que a maior concentração dos compostos antioxidantes está nesta fração do grão.

5.7. Análises microbiológicas

Para as análises microbiológicas foram utilizados os seis melhores tratamentos selecionados no teste de reconstituição, considerando os melhores tempos e estabilidade física à sedimentação/decantação, que juntas formaram a amostra composta única. Os resultados das análises estão dispostos na Tabela 35.

A contagem de coliformes fecais a 35 e 45 °C foi menor que 3 NMP/g. Para coliformes fecais a 35 °C não há valor padrão, enquanto que para coliformes fecais a 45 °C deve estar ausente em 1g do produto. A Contagem de fungos filamentosos e leveduras foi menor que $1,0 \times 10^1$ UFC/g. O valor de referência para esses micro-organismos é de 15 a 150 UFC/g. A contagem de

Staphylococcus aureus foi menor que $1,0 \times 10^1$ UFC/g. O valor de referência é entre 20 e 200 UFC/g. Para a análise de *Salmonella* spp. não foi detectado presença. Em 25 g do produto deverá ser ausente o resultado para *Salmonella* spp. (SOUZA et al., 2013).

O tratamento térmico ao qual as farinhas foram submetidas durante o processo de extrusão favoreceu a destruição dos os micro-organismos, além disso no decorrer de todo o processo para transformação em farinhas foram adotadas precauções para impedir contaminações.

A amostra composta analisada mostrou qualidade microbiológica adequada de acordo com a RDC nº12 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Tabela 34. Resultado das análises microbiológicas da amostra de farinha extrusada de cotilédones de feijão-caupi.

Nome da análise	Resultado
Enumeração de Coliformes a 35° C (NMP/g)	<3
Enumeração de Coliformes a 45° C (NMP/g)	<3
Contagem de fungos filamentosos e leveduras (UFC/g) *	< $1,0 \times 10^1$ estimado
Determinação e contagem de <i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	< $1,0 \times 10^2$
Determinação e contagem de <i>Staphylococcus coagulase</i> positiva / <i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g) **	< $1,0 \times 10^1$ estimado
Detecção de <i>Salmonella</i> spp. em alimentos (Ausência em 25g)	Ausência

Valores estimados referem-se a contagens abaixo ou acima dos limites estabelecidos pelo método. Os limites estabelecidos são: * entre 15 e 150 UFC/g ou ml e ** entre 20 e 200 UFC/g ou ml.

Fonte: Dados da pesquisa, Rio de Janeiro (RJ), 2017.

5.8. Análise sensorial

Considerando o resultado da análise de reconstituição foram selecionados os tratamentos 1, 7, 10 e 12 por apresentarem o menor tempo de reconstituição e menor fase de separação após 60 minutos da reconstituição.

O teste de aceitação dos caldos de FCFCE revelou boa aceitação, no entanto, não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 35). O tratamento 12 apresentou a menor nota no teste de aceitação (6,04) e o 1 apresentou a maior nota (6,46) na escala hedônica de 9 pontos. Em teste de

aceitação com pães de farinha integral de feijão-caupi Simplício (2013) constatou que a maioria das notas de aceitação ficaram entre 6 e 8.

Tabela 35. Aceitação dos caldos de farinha de cotilédone de feijão-caupi extrusada (FCFCE) com base na frequência de notas entre 6 e 9 do teste de escala hedônica.

Tratamentos	Média das notas
1	6.46 ±1,93a
7	6.06 ±1,89a
10	6.45 ±1,88a
12	6.04 ±1,96a

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão.

Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2017.

Em um estudo com sopa de farinha pré-gelatinizada de milho e feijão carioca, Silva (2010) verificou notas que variaram entre 5 e 6, portanto entre aceitação e não aceitação. De acordo com a análise de intenção de compra o tratamento 1 apresentou a melhor intenção de compras, enquanto o 7 apresentou a menor. Os dados de intenção de compra estão representados na Tabela 36.

Tabela 36. Intenção de comprar os caldos de farinha de cotilédone de feijão-caupi extrusadas (FCFCE), numa escala de 1 a 5.

Notas	Conceitos	Tratamentos							
		1		7		10		12	
		*N ^o	**%	N ^o	%	N ^o	%	N ^o	%
1	Certamente não compraria	9	9,09	7	7,07	6	6,06	9	9,09
2	Provavelmente não compraria	12	12,12	26	26,26	11	11,11	22	22,22
3	Talvez comprasse / Talvez não comprasse	23	23,23	33	33,33	36	36,36	27	27,27
4	Provavelmente compraria	30	30,30	20	20,20	22	22,22	24	24,24
5	Certamente compraria	27	27,27	15	15,15	26	26,26	19	19,19

* Número de assessores. ** Porcentagem dos provadores. Fonte: Dados da pesquisa, Teresina (PI), 2017.

Na Figura 12 está apresentada a distribuição da intenção de compra dos tratamentos. O tratamento 1 foi o único que foi aceito, pois a maior parte dos assessores responderam que provavelmente comprariam ou certamente comprariam (notas 4 e 5), o tratamento 7 apresentou a maior rejeição entre

todos, no entanto, assessores sensoriais se mostraram indiferente aos tratamentos 7, 10 e 12 pois a maioria respondeu que “Talvez comprasse / Talvez não comprasse” (nota 3).

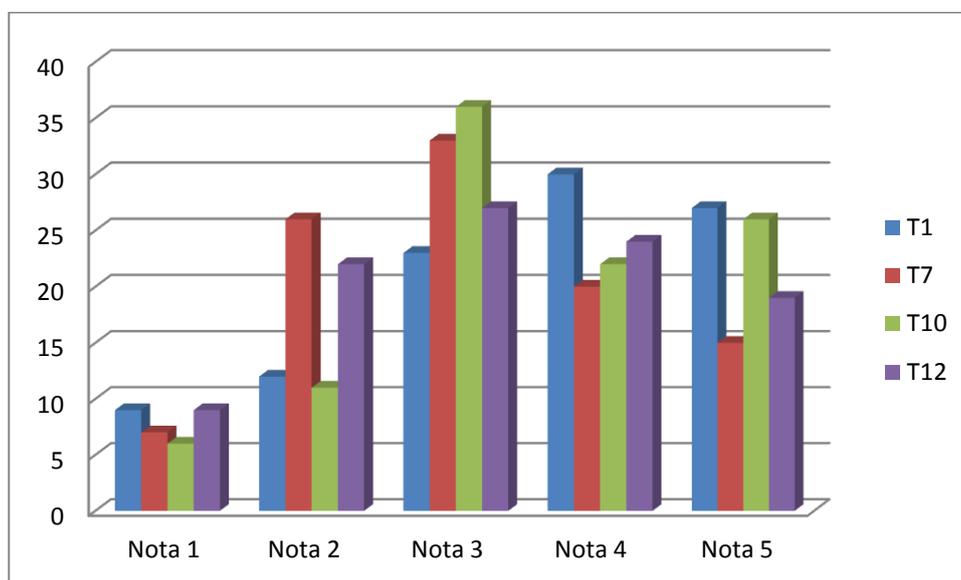


Figura 12. Distribuição de intenção de compra nos caldos de farinha extrusada de cotilédones de feijão-caupi.

Nota: nota 1 = Certamente não compraria, nota 2 = Provavelmente não compraria, nota 3 = Talvez comprasse / Talvez não comprasse, nota 4 = Provavelmente compraria, nota: Certamente compraria.

O tratamento 1 foi o mais aceito no teste de aceitação e também no teste de intenção de compra. Essa FCFCE foi obtida do processamento de extrusão a 100 °C, 300 RPM e 18% de umidade, apresentou um índice de expansão radial e viscosidade final acima da média, valores de ISA e IAA em torno da média. Como o IAA está relacionado com a formação de gel, os assessores sensoriais preferiram o tratamento com boa viscosidade, mas que tivesse uma gelatinização intermediária, pois assim se assemelha mais a aparência dos caldos de feijão.

5.9. Relacionamento entre as variáveis

Os maiores valores de ISA relacionaram-se com os menores valores de IAA. Este comportamento mostrou-se claro no tratamento 12 que apresentou o menor valor de IAA e o maior valor de ISA entre todos os tratamentos

extrusados. Também apresentou a menor fase de separação após 60 minutos no teste de reconstituição. Considerando apenas estas variáveis, o tratamento 12 apresenta a melhor condição para a preparação de sopas, pois dissolveu facilmente e formou pouco precipitado.

O maior diâmetro das partículas, que foi encontrado no tratamento 11, relacionou-se com a menor expansão longitudinal e volumétrica e com a menor quebra de viscosidade (Breakdown). Analisando a viscosidade máxima de resfriamento, tendência a retrogradação (Setback) e viscosidade final observou-se que o maior valor encontrado destas variáveis foi exatamente neste tratamento que foi realizado no menor valor de rotação da rosca da extrusora (163,6 RPM). Para produtos extrusados expandidos estas condições não se mostraram favoráveis, pois estão relacionadas com baixa expansão. Por ter uma alta viscosidade também não é ideal para a produção de caldos

O maior conteúdo de compostos fenólicos totais e maior atividade antioxidante entre os tratamentos extrusados que foram submetidos a estas análises foi no tratamento 7, que também apresentou o maior valor de IAA e por tanto maior tendência a gelificação. Além disso, este foi o tratamento que teve a maior rejeição no teste de intenção de compra.

O tratamento que teve a maior nota no teste de aceitação e maior porcentagem de intenção de compra foi o 1. Este tratamento teve o valor de ISA aproximadamente no ponto médio entre o valor máximo e o mínimo para esta variável. Isto permite a elaboração de um caldo com gelificação intermediária e talvez por isso tenha alcançado a maior nota no teste de aceitação.

Comparando os tratamentos 1 e 12 que apresentaram a maior quantidade de características favoráveis para a elaboração de caldo entre todos os tratamentos, o tratamento 1 apresentou maior teor de tanino, fosforo e potássio, e maior atividade antioxidante, enquanto o tratamento 12 apresentou maior teor de composto fenólicos totais, flavonoides totais, ferro, zinco e cobre.

6 CONCLUSÕES

- A cultivar BRS Tumucumaque revelou ser adequada para o processo de descorticação mecânica;
- As condições de extrusão utilizadas neste trabalho não permitiram a máxima expansão dos produtos extrusados, no entanto foram adequadas para o desenvolvimento de farinhas instantâneas para serem utilizadas no preparo de sopas;
- As FCFCE apresentaram sedimentação grumosa da etapa de descarte do teste de reconstituição, além da separação de fases na maioria dos tratamentos. No entanto esse comportamento não foi observado no preparo dos caldos para a análise sensorial;
- As farinhas de cotilédones de feijão-caupi extrusadas mostraram ser fontes de proteínas (acima de 22%) e ter baixo teor de lipídios (menor que 1,39%);
- Em relação aos minerais não houve perdas consideráveis nas FCFCE e nem em relação ao grão, embora este último mostrou um teor maior para a maioria dos elementos minerais quantificados;
- O tegumento apresentou alto teor de compostos fenólicos totais e flavonoides, bem como atividade antioxidante comparado às outras amostras analisadas;
- Os 6 tratamentos submetidos à análise microbiológica mostraram qualidade sanitária adequada;
- A análise sensorial revelou que a farinha extrusada de cotilédone de feijão-caupi apresenta potencial para ser utilizada na elaboração de sopas e caldos instantâneos;
- Considerando todos os resultados encontrados neste trabalho, o tratamento 12 mostrou ser o melhor, especialmente tomando como critério as propriedades tecnológicas, seguido pelo tratamento 1 que embora tenha apresentado propriedades tecnológicas intermediária, teve boa aceitação e intenção de compra.

REFERÊNCIAS

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

AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18 ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.

ARTEAGA, G.E.; LI-CHAN, E.; VAZQUEZ-ARTEAGA, M. C.; NAKAI, S. Systematic experimental designs for product formula optimization. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v.5, n.8, p.243-254, aug. 1994.

BARROS, N. V. A. **Influência do cozimento na composição centesimal, minerais, compostos bioativos e atividade antioxidante de cultivares de feijão-caupi**. 2014. 90f. Dissertação (Alimentos e Nutrição). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014.

BATISTA, K. A. **Extrusão de farinha de feijão hard-to-cook: características bioquímicas e propriedades funcionais**. 2010. 117 f. Dissertação (Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

BLASA, M.; CANDIRACCI, M.; ACCORSI, A.; PIACENTINI, M. P.; ALBERTINI, M. C.; PIATTI, E. Raw *Millefiori* honey is packed full of antioxidants. **Food Chemistry**, v. 97, n. 2, p. 217-222, 2006.

BONFIM, L. O. S. **Efeito dos parâmetros operacionais da extrusão termoplástica nas características físico-químicas de farinhas de cotilédone de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2016. 96f. Dissertação (Alimentos e Nutrição). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.

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**. Campinas, v. 15, n. 1, p. 72-83, jan./mar. 2012.

CEREDA, M. P.; CATÂNEO, A. Avaliação de parâmetros de qualidade da fécula fermentada de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 5, n. 2, p. 55–62, 1986.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acomp. safra bras. grãos**, v. 4, Safra 2016/17, n.7, Brasília, p. 1-160 abr. 2017.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Preços Agrícolas, da sociobio e da Pesca**. 2016. Disponível em: <http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>. Acessado em: 04 de fevereiro de 2016.

COUTINHO, L. S. **Propriedades físicas de snacks e farinhas pré-gelatinizadas de coprodutos de arroz e soja em função das variáveis de extrusão**. 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

DELFINO, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.**, v. 30, n. 2, p. 308-312, 2010.

DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4ª edição. Washington, D.C.: American Public Health Association (APHA), 2001.

EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação e Tecnologia. **A importância econômica do feijão-caupi**. 2015. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_14_510200683536.html. Acesso em 30 de julho de 2015.

EMBRAPA MEIO-NORTE. **A cultura do feijão-caupi no Brasil**. 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1065585/1/Cap1a12.pdf>. Acessado em: 16 de maio de 2017.

FAN, J.T.; MITCHELL, J.R.; BLANSHARD, J.M.V. The effect of sugars on the extrusion of maize grits: the role of the glass transition in determining product density and shape. **International Journal of Food Science and Technology**, v.31, p.55-65, 1996.

FDA, Food And Drug Administration. **Guidance for Industry: A Food Labeling Guide (14. Appendix F: Calculate the Percent Daily Value for the Appropriate Nutrients**. 2015. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/guidanceregulation/guidancedocumentsregulatoryinformation/labelingnutrition/ucm064928.htm>. Acesso em 25 de abril de 2017.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Brasil Food Trends 2020**. Disponível em: http://www.brasilfoodtrends.com.br/Brasil_Food_Trends/index.html. Acesso em: 08 de setembro de 2015.

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

FROTA, K. M. G; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, abr.-jun. 2008.

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, 2006.

GUERREIRO, L. **Dossiê técnico**: Produtos extrusados para consumo humano, animal e industrial. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro – REDETEC, Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - SBRT, 2007. 25 p.

HETZEL, S. Com preço alto, área do feijão deve crescer. In: AGRIANUAL 2009: **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2009. p. 312-313.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. Coordenação de Trabalho e Rendimento. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009**: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil (POF). Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 150 p.

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.

KIM, D. O.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolics phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v. 81, n. 3, p. 321-326, 2003.

LOURENÇO, J. N. P.; MATOS, A. O.; LOURENÇO, F. S.; JUNIOR, I. O.; GUIMARÃES, R. R. Avaliação participativa de cinco variedades de feijão caupi *Vigna unguiculata*, em solo de várzea em Parintins/AM. **Cadernos de Agroecologia**. Cruz Alta. v. 8, n. 2, p. 1-6. nov, 2013.

LIRA FILHO, J. F. **Efeitos da extrusão termoplástica sobre as propriedades tecnológicas e nutritivas das proteínas da farinha integral do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L. Walp))**. Campinas, 2001. 148 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

LUSTOSA, B. H. B; LEONEL, M. Desenvolvimento de misturas instantâneas de mandioca e caseína: efeito do teor de proteína e parâmetros de extrusão sobre a viscosidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. v. 30, n. 3, p. 693-699, 2010.

MARQUES, E. C; MARQUES, R. C; COSTA, S. R. R. Aspectos da tecnologia de extrusão termoplástica em alimentos sobre a saúde do consumidor. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**. v. 06, n. 02, p. 1935-51, 2015.

MEZA, S. L. R. **Características químicas, tecnológicas e sensoriais de extrusados expandidos a partir de arroz pigmentado**. 2015. 102p Dissertação (Mestrado em Bromatologia) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MIKALOUSK, F. B. S; MONTEIRO, A. R. G; MARQUES, D. R; MONTEIRO, C. C. F; BENOSSI, L. Influência da granulometria da matéria-prima na expansão de extrusados de milho. **Brazilian Journal Food and Technology**, v. 17, n. 1, jan./mar. 2014.

MOURA, L. S. M. **Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz, milho e feijão por extrusão**

termoplástica. 2012. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.

MOURA, C. M. A. **Qualidade de farinhas pré-gelatinizadas e macarrões formulados com arroz (*Oryza sativa* L.) e linhaça (*Linum usitatissimum* L.)**. 2011. 178p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

MURER, M; MOURA, R. **Desenvolvimento de salgadinho tipo “snacks” com baixa absorção de gordura para pessoas com doença celíaca**. 2013. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2013.

OLIVEIRA, D. P. L. **Snacks, farinha pré-gelatinizada e massa alimentícia elaborados com grãos de milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] e griz de milho (*Zea mays*)**. 2013. 142 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Saúde) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

OMOBUWAJO, T. O.; BUSARI, O. T.; OSEMWEGIE, A. A. Thermal agglomeration of chocolate drink powder. **J. Food Eng.**, London, v.46, p.73-81, 2000.

PEREIRA, R. F. **Caracterização bioquímica, nutricional e funcional de genótipos elite de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L. Walp)]**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

PINHEIRO, E. M. **Caracterização química, poder antioxidante e efeito do cozimento de genótipos de feijão-caupi**. 2013. 55f. Dissertação (Alimentos e Nutrição). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.

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, p. 1214 – 1218, 1978.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. **Comunicado técnico – metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa, 2007. 4 p.

SANTANA, M.F.S. **Caracterização físico-química de fibra alimentar de laranja e maracujá**. 2005. 168p. Tese (Doutorado em engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade estadual de campinas, Campinas, 2005.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos** 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 235 p.

SILVA, E. M. M; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R.; CARVALHO, L. M. J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas características de viscosidade de pasta e Índice de absorção de água de macarrões pré-cozidos elaborados a partir de

farinha mista de arroz integral e milho obtidos por extrusão. **Boletim CEPPA**, v. 26, n. 2, 2008.

SILVA, E. M. M. **Desenvolvimento e caracterização físico-química de extrudados de milho e feijão**. 2010. 230f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2010.

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

SINGLETON, V. L.; ROSSI, S. A. Colorimetric of total phenolics with phosphomolibic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology & Viticulture**, California, US, v. 16, p. 144-158, 1965.

SOARES JÚNIOR, M. S.; SANTOS, T. P. B.; PEREIRA, G. F.; MINAFRA, C. S.; CALIARI, M.; SILVA, F. A. Desenvolvimento de salgadinhos extrudados a partir de fragmentos de arroz e de feijão. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 191-200, jan./mar. 2011.

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**, Brasília, v.50, n.5, p. 392-398, maio 2015.

SOUZA, V. F. de; REBELLO, F. de F. P.; REGO, J. de O.; PENTEADO, A. L.; ASCHERI, J. L. R. Análise microbiológica e estabilidade de farinha de cascas e albedo de maracujá e arroz pelo processo de extrusão termoplástica. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 27, n. 218/219, p. 3038-3042, mar./abr. 2013.

STATSOFT, INC. (2001). **STATISTICA** (Data analysis software system), version 7.

TEBAS, C. S. **Desenvolvimento e caracterização de farinhas mistas extrudadas de arroz e concentrado proteico de soro de leite bovino para a elaboração de biscoitos e mingaus**. 2014. 192f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2014.

TROMBINI, F. R. M. **Caracterização de produtos extrudados de misturas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca**. 2010. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2010.

WANDER, A. E.; CHAVES, M. O. **Consumo per capita de feijão no Brasil de 1998 a 2010: uma comparação entre consumo aparente e consumo domiciliar**. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/916073/consumo-per-capita-de-feijao-no-brasil-de-1998-a-2010-uma-comparacao-entre-consumo-aparente-e-consumo-domiciliar>. Acesso em 20 de julho de 2017.

ANEXOS E APÊNDICES

ANEXO A – 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 ESCALA HEDÔNICA

Faixa etária: () 18-25 () 26-35 () 36-45 () 46-50 () acima de 50

Você está recebendo 04 amostras de caldinho 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 nº	Valor

Comentários

ANEXO B – 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**

TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA

Faixa etária: () 18-25 () 26-35 () 36-45 () 46-50 () acima de 50

Você está recebendo 04 amostras de caldinho 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 nº	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários

ANEXO C – 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 utilizando cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).**

Pesquisador responsável: Olímpio José dos Santos

Instituição/Departamento: Universidade Federal do Piauí/ Departamento de Nutrição

Telefone para contato (inclusive a cobrar): (89) 9 99861279

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 descortecamento 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 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 pra 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° identidade

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.

ANEXO C – PARECER DE APROVAÇÃO JUNTO AO CEP



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



Continuação do Parecer: 1.806.551

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 descortificados 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



UFPI - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PIAUÍ



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 provadores. 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 provadores, 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 feijão-caupi 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_BÁSICAS_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	termoconslivreescl.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

APÊNDICE ÚNICO – Ficha técnica de preparo das sopas

Ingrediente	Quantidade (mL/g)	Medida Caseira
Farinha de cotilédones de feijão-caupi extrusada	140	1 xícara de chá cheia
Água	1000	4 copos duplos
Óleo vegetal	20	2 colheres de sopa
Tomate	60	½ unidade média
Cebola	30	2 ½ colheres de sopa cheia picada
Alho	10	4 dentes
Sal	6	1 colher de chá

Modo de preparo:

Aqueça a água até 80°C. Em um recipiente dilua a quantidade de farinha com a água aquecida, mexendo sempre para não formar grumos. Reserve. Enquanto isso prepare um refogado com o óleo vegetal, tomate, cebola e o alho. Despeje a mistura da farinha na panela com o refogado e acrescente o sal. Deixe aquecer apenas para que a preparação interaja com o tempero acrescentado. Não é necessário cozinhar. Desligue o fogo e sirva.