

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

MARÍLIA CÂNDIDO FIDELES

**MODIFICAÇÃO FÍSICA DE FARINHA DE ARARUTA PARA
APLICAÇÃO EM MASSA ALIMENTÍCIA ENRIQUECIDA
COM COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS**

Goiânia
2018

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ Dissertação ☐ Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

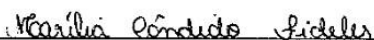
Nome completo do autor: Marília Cândido Fideles

Título do trabalho: Modificação física de farinha de araruta para aplicação em massa alimentícia enriquecida com coprodutos agroindustriais

3. Informações de acesso ao documento:

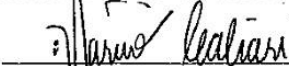
Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 10 / 01 / 2019

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

MARÍLIA CÂNDIDO FIDELES

**MODIFICAÇÃO FÍSICA DE FARINHA DE ARARUTA PARA
APLICAÇÃO EM MASSA ALIMENTÍCIA ENRIQUECIDA
COM COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, como exigência para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Caliari

Co-orientador: Prof. Dr. Manoel Soares Soares
Júnior

Goiânia
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Cândido Fideles, Marília
MODIFICAÇÃO FÍSICA DE FARINHA DE ARARUTA PARA
APLICAÇÃO EM MASSA ALIMENTÍCIA ENRIQUECIDA COM COPRODUTOS
AGROINDUSTRIAIS [manuscrito] / Marília Cândido Fideles. - 2019.
130 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Caliari; co-orientador Dr. Manoel Soares
Soares Júnior.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia e Engenharia de Alimentos (EAEA), Programa de Pós Graduação
em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2019.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Maranta arundinacea L.. 2. amido modificado. 3. modificação física. 4.
modificação por ultrassom. 5. tratamento térmico de baixa umidade. I. Caliari,
Márcio, orient. II. Título.

CDU 664

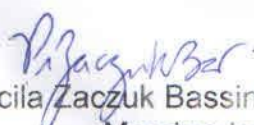


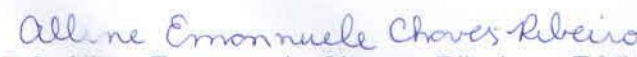
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE Marília Cândido Fideles. Aos vinte dias do mês de Dezembro do ano de dois mil e dezoito (20.12.2018), às 09h:00min, na Sala 18 do Prédio Central, da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, reuniram-se os membros da Banca Examinadora: Prof. Dr. Márcio Caliarí, PPGCTA/UFG - **Orientador**, Profa. Dra. Priscila Zaczuk Bassinello – PPGCTA/UFG, Profa. Dra. Alline Emanuelle Chaves Ribeiro – EA/UFG, Sob a Presidência do Orientador, em sessão pública, procedeu-se à avaliação da defesa da Dissertação intitulada: **“Modificação física de farinha de araruta para aplicação em massa alimentícia enriquecida com coprodutos agroindustriais”**, de autoria de **Marília Cândido Fideles**, discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, no nível de **Mestrado**, da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca, Prof. Dr. Márcio Caliarí, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor(a) da dissertação que, em 40 minutos, apresentou o seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu a Mestranda, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Ao final, a banca reunida em separado procedeu à avaliação da defesa. A dissertação foi considerada APROVADA pela Banca Examinadora, cumprindo integralmente este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, pela Universidade Federal de Goiás, em conformidade com o estabelecido pela resolução nº 1403/2016, do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura da UFG (CEPEC/UFG), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Para fins de publicação eletrônica, a mestranda poderá efetuar as modificações eventualmente sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar à Secretaria do PPGCTA, respeitando-se o prazo máximo de 30 dias após a data da Defesa. A conclusão do curso e a emissão do diploma dar-se-ão em conformidade com o estabelecido pela Resolução CEPEC nº 1403/2016. Cumpridas as formalidades de pauta, às 11 h e 00 m, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação e, para constar eu, Weberth Bezerra de Sousa, Secretário do PPGCTA/UFG, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, segue assinada pelos membros da Banca Examinadora, em duas vias de igual teor.


Dr. Márcio Caliarí - PPGCTA/UFG
Orientador


Drª. Priscila Zaczuk Bassinello – PPGCTA/UFG
Membro Interno


Drª. Alline Emanuelle Chaves Ribeiro – EA/UFG
Membro externo

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo Breno, que de forma especial e carinhosa
me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de
dificuldades. À minha filha Catarina, pelo seu sorriso que
me motiva a ser uma pessoa melhor a cada dia.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, minha irmã e minha sobrinha obrigada por todo carinho e compreensão nesta caminhada.

Aos meus sogros, por toda ajuda e pelas tardes tomando conta da nossa pequena para que eu pudesse concluir este trabalho.

Ao meu marido, por todo amor e companheirismos, não me deixando desamparada em mais essa caminhada, sempre me apoiando e incentivando.

À minha filha, por iluminar minha vida e me mostrar a força que carrego dentro de mim.

À minha amiga, comadre e xará Marília por encarar esse mestrado junto comigo e me dar forças para concluir.

Às minhas companheiras de mestrado Karen, Juliana e Ana Lázara, obrigada por tornarem nossos dias no laboratório mais leves e cheios de luz. Aprendi e venho aprendendo bastante com vocês!

Aos colegas de turma que conheci no PPGCTA e que iluminaram essa trajetória, foi um prazer conhecer vocês.

Ao Professor Doutor Márcio Caliari e Professor Doutor Manoel Soares Soares Júnior, orientador e coorientador, respectivamente.

Ao PPGCTA/UFG e à CAPES.

Muito obrigada!

“O período de maior ganho em conhecimento e
experiência é o período mais difícil da vida de alguém”

Dalai Lama

RESUMO

A araruta é uma planta que apresenta conteúdo abundante de amido e não glúten em sua composição, despertando o interesse da sua utilização na produção de massas alimentícias. Porém a substituição do glúten deve ser suprida através da utilização de diferentes técnicas, como, por exemplo, a modificação da farinha por meio de processos físicos. O amido é o maior percentual da composição da araruta, portanto o enriquecimento da massa é uma alternativa interessante, e a fortificação com coprodutos agroindustriais fontes de fibra e proteína, como a casca de maracujá e o rúmen bovino, pode ser viável. O objetivo deste trabalho é produzir farinhas a partir de coprodutos agroindustriais, modificar por métodos distintos (ultrassom e tratamento térmico em baixa umidade - TTBU) o amido da farinha de araruta obtida e determinar a viabilidade tecnológica e nutricional da utilização das farinhas de araruta modificadas e de coprodutos agroindustriais na produção de diferentes tipos de massas alimentícias. Foram avaliadas as propriedades de hidratação, de pasta e térmicas das farinhas cruas e modificadas. Os melhores resultados dos tratamentos com ultrassom são os com intensidade variando entre 35,83 e 62% com tempo entre 5 e 15 minutos. Já para o TTBU os melhores resultados da modificação são os que utilizaram menor temperatura (105°C) e menores tempos (15 e 30 minutos). Levando em consideração o uso das farinhas modificadas na produção de massas alimentícias, foram selecionados os tratamentos de ultrassom com parâmetros de intensidade 43,5% e tempo 15 min e TTBU com temperatura de 105°C por 15 min. Através das análises tecnológicas das massas alimentícias produzidas foi possível analisar e escolher os melhores parâmetros para se obter uma massa com menor tempo ótimo de cozimento, perda de sólidos, intermediário aumento de massa, e menores valores de firmeza, ângulo Hue e cromaticidade C*. A composição proximal das massas foi satisfatória, podendo ser caracterizada como um alimento com alto teor de proteína e alto teor de fibra, de acordo com a legislação. As massas com maior desejabilidade apresentaram uma boa aceitação sensorial. Os resultados encontrados indicam a possibilidade de se desenvolver e aperfeiçoar massas alimentícias formuladas com farinha de araruta crua e modificadas e coprodutos agroindustriais.

Palavras-chave: *Maranta arundinacea* L.; amido modificado; modificação física; modificação por ultrassom; tratamento térmico de baixa umidade.

ABSTRACT

Arrowroot is a plant that has abundant starch content and does not present gluten in its composition, arousing the interest of its use in the production of pasta. However, gluten substitution must be provided through the use of techniques, such as the arrowroot flour modification through physical processes. Starch is the highest percentage of arrowroot composition, so enrichment of the dough is an interesting alternative, and a fortification with agroindustrial coproducts sources of fiber and protein, such as passion fruit peel and bovine rumen, may be viable. The objective of this study is to produce flours from agroindustrial coproducts, to modify by different methods (ultrasonic and heat-moisture treatment) the starch of arrowroot obtained and determine the viability technological and nutritional aspects of the use of modified flours and agroindustrial coproducts, source of fiber and protein, in the production of different types of pasta. The hydration, paste and thermal properties of raw and modified flours were evaluated. The results of the ultrasound treatments vary with the temperature between 35.83 and 62% with time between 5 and 15 minutes. For heat-moisture treatment, the best results were those using the lowest temperature (105 ° C) and shorter times (15 and 30 minutes). Taking into account the use of modified flours in the production of pasta, ultrasonic treatments with parameters of intensity of 43.5% and time of 15 min and heat-moisture treatment with 105 ° C for 15 min were selected. With the technological techniques of the pasta produced, it was possible to analyze and choose the best parameters to obtain a pasta with less cooking time, loss of solids, intermediate increase of pasta, and small values of firmness, angle Hue and C* chromaticity. The proximal composition of the pasta was satisfactory, being able to be characterized as a food with high protein content and high fiber content. The pastas with the greatest desirability are a good sensory acceptance. The results obtained have the possibility to develop and improve the pasta formulated with raw and modified arrowroot flour and agroindustrial coproducts.

Keywords: *Maranta arundinacea* L.; modified starch; physical modification; ultrasound; heat-moisture treatment, agroindustrial coproducts.

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Planejamento central composto rotacional com valores codificados e reais para intensidade e tempo de exposição às ondas ultrassônicas, com 11 experimentos, sendo 3 repetições no ponto central.....	47
Tabela 2.2	Tratamentos térmico de baixa umidade (TTBU) da farinha de araruta utilizando autoclave variando temperatura (°C) e tempo (min).....	48
Tabela 2.3	Percentual de amostra retida nas peneiras durante a distribuição granulométrica da farinha de araruta crua (FA) ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$).....	52
Tabela 2.4	Modelo de regressão ajustado, nível de significância (p) coeficiente de determinação (R^2) e falta de ajuste (FAj) para índice de absorção de água (IAA 28°C), índice de solubilidade em água (ISA) em diferentes temperaturas (28 e 80°C), viscosidade de pico (VP), viscosidade de quebra (VQ), viscosidade final (VF), tendência a retrogradação (TR) e entalpia de gelatinização (ΔH) das farinhas modificadas por ultrassom em função da intensidade de irradiação (X_1) e tempo de irradiação (X_2).....	53
Tabela 2.5	Média e desvio-padrão do índice de absorção de água (IAA 28°C), índice de solubilidade de água (ISA) em diferentes temperaturas (28 e 80°C), viscosidade de pico (VP), viscosidade de quebra (VQ), viscosidade final (VF), tendência a retrogradação (TR) e entalpia de gelatinização (ΔH) nos diferentes tratamentos de farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}) variando tempo e temperatura.....	59
Tabela 2.6	Média e desvio-padrão do índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA), viscosidade à frio (VFr); viscosidade de pico (VP); viscosidade de quebra (VQ); viscosidade final (VF), tendência a retrogradação (TR), temperatura no início da gelatinização (T_0); temperatura no pico (T_p), temperatura final (T_c) e entalpia de gelatinização (ΔH) da farinha de araruta crua (FA), farinha de araruta modificada com ultrassom (FA_U) e farinha de araruta modificada com tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).....	60
Tabela 2.7	Média e desvio-padrão da composição proximal, fibras totais, atividade de água (Aa), potencial hidrogeniônico (pH) e parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* , b^* , C^* e H°) da farinha de araruta (FA), farinha de araruta modificada com ultrassom (FA_U) e farinha de araruta modificada com tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).....	62

Tabela 3.1	Concentrações mínimas e máximas determinadas para farinha de araruta (FA), farinha de araruta modificada por ultrassom (FA _U), farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA _{TTBU}) e farinha de rúmen bovino (FRB) nas formulações de massa alimentícia.....	79
Tabela 3.2	Delineamento de misturas para estudo do efeito das variáveis independentes: farinha de araruta (FA), farinha de araruta modificada por ultrassom (FA _U) ou farinha de araruta modificada com tratamento térmico de baixa umidade (FA _{TTBU}) e farinha de rúmen bovino (FRB) em proporções reais e em pseudocomponentes.....	80
Tabela 3.3	Percentual de amostra retida nas peneiras durante a distribuição granulométrica da farinha de araruta crua (FA), farinha de araruta com tratamento de ultrassom (FA _U), farinha de araruta com tratamento térmico de baixa umidade (FA _{TTBU}), farinha de casca de maracujá (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB) (g·100g ⁻¹).....	84
Tabela 3.4	Média e desvio-padrão da composição proximal, fibras totais, atividade de água (Aa), potencial hidrogeniônico (pH) e parâmetros instrumentais de cor (L*, a*, b*, C* e H°) da farinha de araruta (FA), farinha de casca de maracujá (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB).....	85
Tabela 3.5	Média e desvio-padrão do índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) farinha de araruta (FA), farinha de araruta modificada com ultrassom (FA _U) e farinha de araruta modificada com tratamento térmico de baixa umidade (FA _{TTBU}), farinha de casca de maracujá (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB).....	88
Tabela 3.6	Modelo de regressão ajustado, nível de significância (<i>p</i>) coeficiente de determinação (R ²) e falta de ajuste (FAj) para tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, croma (C*) e ângulo Hue (H°) da MA1 (Massa Alimentícia 1) formulada a partir da mistura de farinha de araruta modificada por ultrassom (FA _U), farinha de araruta crua (FA) e farinha de rúmen bovino (FRB).....	90
Tabela 3.7	Modelo de regressão ajustado, nível de significância (<i>p</i>) coeficiente de determinação (R ²) e falta de ajuste (FAj) para tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, croma (C*) e ângulo Hue (H°) da MA2 (Massa Alimentícia 2) formulada a partir da mistura de farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA _{TTBU}), farinha de araruta crua (FA) e farinha de rúmen bovino (FRB).....	90
Tabela 3.8	Média e desvio-padrão das propriedades tecnológicas das massas de maior desejabilidade (MA1S e MA2S) e de MC.....	99

Tabela 3.9	Média e desvio-padrão da composição proximal, fibras totais, valor energético total (VET), atividade de água (Aa), potencial hidrogeniônico (pH) e parâmetros instrumentais de cor (L*, a*, b*, C* e H°) das massas alimentícias com maior desejabilidade.....	100
Tabela 3.10	Análise microbiológica das massas alimentícias com maior desejabilidade.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Cultivo de araruta (A) plantação de araruta (B) rizoma de araruta.....	25
Figura 1.2	Macromoléculas do amido: amilose (A) e amilopectina (B).....	26
Figura 1.3	Fruto do maracujá amarelo.....	31
Figura 1.4	Estômago dos ruminantes com suas quatro câmaras.....	32
Figura 2.1	Propriedades de hidratação da farinha de araruta modificada por ultrassom variando intensidade (%) e tempo (min). A: Índice de absorção de água [IAA 28°C] ($g_{gel}/g_{matéria\ seca}$); B: Índice de Solubilidade em Água [ISA 28°C] ($g \cdot 100g^{-1}$); e C: Índice de Solubilidade em Água [ISA 80°C] ($g \cdot 100g^{-1}$).....	54
Figura 2.2	Propriedades de pasta e propriedade térmica da farinha de araruta modificada por ultrassom variando intensidade (%) e tempo (min). A: viscosidade de pico (VP); B: viscosidade de quebra (VQ); C: tendência de retrogradação (TR); D: viscosidade final (VF); e E: entalpia de gelatinização (ΔH).....	55
Figura 2.3	Teste de desejabilidade da farinha de araruta utilizando as características de índice de absorção de água a 28°C e índice de solubilidade em água a 80°C.....	58
Figura 3.1	Metodologia de compressão entre placas até desaparecimento do eixo central.....	81
Figura 3.2	Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes) para A: tempo ótimo de cozimento (TOC); B: aumento de massa (AM); C: perda de sólidos (PS); D: firmeza; E: cor (C*); e F: ângulo Hue (H°) em função dos teores de FA _U : farinha de araruta modificada por ultrassom (X1); FA: farinha de araruta (X2); e FRB: farinha de rúmen bovino (X3).....	95
Figura 3.3	Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes) para A: tempo ótimo de cozimento (TOC); B: aumento de massa (AM); C: perda de sólidos (PS); D: firmeza; E: cor (C*); e F: ângulo Hue (H°) em função dos teores de FA _{TTBU} : farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (X1); FA: farinha de araruta (X2); e FRB: farinha de rúmen bovino (X3).....	96

Figura 3.4	Teste de desejabilidade da MA1 (Massa Alimentícia 1) utilizando os parâmetros de tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, croma (C*) e ângulo Hue (H°).....	97
Figura 3.5	Teste de desejabilidade da MA2 (Massa Alimentícia 2) utilizando os parâmetros de tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, croma (C*) e ângulo Hue (H°).....	98
Figura 3.6	A: Aceitação sensorial da massa alimentícia 1 selecionada (MAS1) e massa alimentícia 2 selecionada (MAS2) em concentrações reais para os parâmetros de sabor, textura, aroma, aparência e avaliação global; B: Intenção de compra da massa alimentícia 1 selecionada (MAS1) e massa alimentícia 2 selecionada (MAS2).....	104

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 2.1	Determinação da quantidade de água a ser adicionada para ajuste da umidade da farinha de araruta.....	48
Equação 2.2	Determinação do índice de solubilidade em água (ISA).....	49
Equação 2.3	Determinação do índice de absorção de água (IAA).....	49
Equação 2.4	Determinação do parâmetro croma (C^*).....	51
Equação 2.5	Determinação do ângulo Hue (H°).....	51
Equação 3.1	Determinação da quantidade de água a ser adicionada para ajuste da umidade da farinha de araruta.....	74
Equação 3.2	Determinação do parâmetro croma (C^*).....	77
Equação 3.3	Determinação do ângulo Hue (H°).....	77
Equação 3.4	Determinação do índice de absorção de água (IAA).....	77
Equação 3.5	Determinação do índice de solubilidade em água (ISA).....	77
Equação 3.6	Determinação da capacidade de absorção de óleo (CAO).....	78
Equação 3.7	Determinação do teor dos componentes em pseudocomponentes.....	79
Equação 3.8	Determinação do teor dos componentes em pseudocomponentes da farinha de araruta (FA).....	79
Equação 3.9	Determinação do teor dos componentes em pseudocomponentes da farinha de araruta modificada por ultrassom (FA_U).....	79
Equação 3.10	Determinação do teor dos componentes em pseudocomponentes da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).....	79
Equação 3.11	Determinação do teor dos componentes em pseudocomponentes da farinha de rúmen bovino (FRB).....	79
Equação 3.12	Determinação do aumento de massa.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS

AACC	American Association of Cereal Chemists
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
FA	Farinha de araruta
FA _U	Farinha de araruta modificada por ultrassom
FA _{TTBU}	Farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade
FCM	Farinha de casca de maracujá
FRB	Farinha de rumen bovino
IAA	Índice de absorção de água
ISA	Índice de solubilidade em água
CAO	Capacidade de absorção de óleo
VP	Viscosidade de pico
VQ	Viscosidade de quebra
VF	Viscosidade final
TR	Tendência a retrogradação
ΔH	Entalpia de gelatinização
TTBU	Tratamento térmico de baixa umidade
TOC	Tempo ótimo de cozimento
AM	Aumento de massa
PS	Perda de sólidos

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A	Média e desvio-padrão das propriedades de hidratação, propriedades de pasta e propriedades térmicas nos diferentes tratamentos de farinha de araruta modificada por ultrassom variando intensidade (%) e tempo (min).....	112
Apêndice B	Validação modelos nos diferentes tratamentos de farinha de araruta modificada por ultrassom variando intensidade (%) e tempo (min).....	113
Apêndice C	Análise de variância dos fatores e regressão da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade.....	114
Apêndice D	Análise de variância dos fatores e regressão das propriedades de hidratação, de pasta e térmica das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA _U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA _{TTBU}).....	116
Apêndice E	Análise de variância dos fatores e regressão da composição proximal, atividade de água, potencial hidrogeniônico e parâmetros instrumentais de cor das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA _U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA _{TTBU}).....	118
Apêndice F	Análise de variância dos fatores e regressão do índice de absorção de água, índice de solubilidade em água e capacidade de absorção de óleo da farinha de araruta crua (FA), farinha de araruta modificadas por ultrassom (FA _U), farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA _{TTBU}), farinha de casca de maracujá (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB).....	121
Apêndice G	Média e desvio-padrão das análises de cozimento das formulações experimentais de massas alimentícias.....	122
Apêndice H	Validação dos modelos das massas alimentícias selecionadas.....	123
Apêndice I	Análise de variância dos fatores e regressão das análises de cozimento das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2) e massa alimentícia comercial (MC).....	124
Apêndice J	Análise de variância dos fatores e regressão da composição proximal, atividade de água, potencial hidrogeniônico e parâmetros instrumentais de cor das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2).....	126
Apêndice K	Ficha do teste de aceitação.....	128

Apêndice L	Questionário para recrutamento de provadores.....	129
Apêndice M	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	130

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	22
1.1 INTRODUÇÃO.....	22
1.2 REVISÃO DA LITERATURA	24
1.2.1 Araruta (<i>Maranta arundinacea</i> L.)	24
1.2.2 Amido	26
1.2.3 Amido modificado	27
1.2.3.1 Modificação por ultrassom	28
1.2.3.2 Modificação por tratamento térmico de baixa umidade (TTBU)	29
1.2.4 Coprodutos agroindustriais	30
1.2.4.1 Casca de maracujá amarelo	30
1.2.4.2 Rúmen bovino	32
1.2.5 Massas alimentícias enriquecidas	33
1.3 OBJETIVOS	34
1.3.1 Objetivos gerais	34
1.3.2 Objetivos específicos	34
1.4 REFERÊNCIAS	35
 CAPÍTULO 2	 43
ARTIGO 1 – PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE FARINHA DE ARARUTA CRUA E MODIFICADA PARA UTILIZAÇÃO EM MASSAS ALIMENTÍCIAS	44
2.1 INTRODUÇÃO.....	44
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
2.2.1 Preparo da farinha de araruta (FA)	45
2.2.1.1 Rendimento, teor de amido e granulometria da farinha de araruta	46
2.2.2 Modificação por ultrassom (FA_U)	46
2.2.3 Modificação por tratamento térmico de baixa umidade (TTBU) (FA_{TTBU})	47
2.2.4 Propriedade de hidratação, propriedade de pasta e propriedade térmica das farinhas modificadas (FA_U e FA_{TTBU})	48
2.2.4.1 Propriedade de hidratação	48
2.2.4.2 Propriedades de pasta	49
2.2.4.3 Propriedades térmicas.....	49
2.2.5 Seleção dos melhores tratamentos	50

2.2.6 Análises da FA e tratamentos selecionados da FA_U e FA_{TTBU}	50
2.2.6.1 Propriedade de hidratação, propriedade de pasta e propriedade térmica	50
2.2.6.2 Composição proximal	51
2.2.6.3 Atividade de água e potencial hidrogeniônico	51
2.2.6.4 Parâmetros instrumentais de cor	51
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
2.3.1 Rendimento, teor de amido e granulometria da farinha de araruta	52
2.3.1 Farinha de araruta modificada por tratamento com ultrassom	52
2.3.2 Farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade	58
2.3.3 Caracterização da FA e tratamentos selecionados da FA_U e FA_{TTBU}	60
2.4 CONCLUSÃO	65
2.5 REFERÊNCIAS	65
 CAPÍTULO 3	 71
ARTIGO 2 – DESENVOLVIMENTO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS A PARTIR DE FARINHA DE ARARUTA MODIFICADA E COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS	71
3.1 INTRODUÇÃO	72
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	73
3.2.1 Preparo das farinhas	73
3.2.1.1 Preparo da farinha de araruta (FA)	73
3.2.1.2 Preparo da farinha de araruta modificada por ultrassom (FA _U)	74
3.2.1.3 Preparo da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (TTBU) (FA _{TTBU})	74
3.2.1.4 Farinha da casca de maracujá (FCM)	75
3.2.1.5 Farinha de rúmen bovino (FRB)	75
3.2.2 Análises das farinhas utilizadas como matéria-prima para produção das massas alimentícias	76
3.2.2.1 Rendimento e granulometria	76
3.2.2.2 Composição proximal	76
3.2.2.3 Atividade de água e potencial hidrogeniônico	76
3.2.2.4 Parâmetros instrumentais de cor	77
3.2.2.5 Índice de absorção de água (IAA), Índice de solubilidade em água (ISA) e Capacidade de absorção de óleo (CAO)	77
3.2.3 Delineamento de mistura das massas alimentícias	78

3.2.4 Processamento das massas alimentícias experimentais	80
3.2.5 Análises tecnológicas das massas alimentícias	80
3.2.5.1 Tempo ótimo de cozimento	81
3.2.5.2 Percentual de aumento de massa	81
3.2.5.3 Perda de sólidos em água	81
3.2.5.4 Textura da massa cozida.....	82
3.2.6 Desejabilidade das massas alimentícias	82
3.2.7 Análises das massas alimentícias com maior desejabilidade	82
3.2.8 Análise microbiológica das massas alimentícias com maior desejabilidade	83
3.2.9 Análise sensorial das massas alimentícias com maior desejabilidade	83
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	84
3.3.1 Análises das farinhas utilizadas como matéria-prima para produção das massas alimentícias.....	84
3.3.2 Análises tecnológicas e desejabilidade das massas alimentícias	89
3.3.3 Análises das massas alimentícias com maior desejabilidade	100
3.4 CONCLUSÃO.....	104
3.5 REFERÊNCIAS	105
 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	 111
 APÊNDICES	 112

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

A araruta (*Maranta arundinacea* L.) é uma planta amilácea com atributos medicinais utilizada em alimentos e remédios tradicionais há muitos anos (SHINTU; RADHAKRISHNAN; MOHANAN, 2015). O rizoma contém quantidade abundante de amido e de outros compostos, como polissacarídeos não amiláceos, açúcar, proteína, lipídios e materiais inorgânicos (KUMALASARI et al., 2012; PUNCHA-ARNON; UTTAPAP, 2013). A partir da moagem e peneiração das organelas de plantas contendo amido, como grãos, sementes, rizomas, tubérculos e frutas, é possível obter farinhas que são materiais em pó utilizados na produção de alimentos gerais, incluindo pães, biscoitos e macarrões (PUNCHA-ARNON; UTTAPAP, 2013).

A araruta não possui as proteínas do glúten, sendo seu consumo liberado para indivíduos que possuem intolerância a esse componente (LIM, 2016). No entanto, o glúten, presente principalmente na farinha de trigo, é responsável pelas propriedades de extensibilidade, elasticidade e viscosidade importantes para a produção de massas e produtos de panificação de boa qualidade (CAPRILES, 2009). Portanto, a substituição de farinha de trigo representa uma grande dificuldade para a obtenção de produtos com qualidade, sendo necessária a introdução e combinação de outros ingredientes, assim como mudanças nas técnicas de preparo (CAPRILES; ARÊAS, 2011). No entanto, existem várias maneiras de substituição da farinha de trigo, entre elas a utilização de amidos modificados de diferentes formas, como as modificações com o uso de ultrassom e tratamento térmico de baixa umidade.

O tratamento com ultrassom e tratamento térmico de baixa umidade, são modificações físicas que alteram propriedades físico-químicas do amido. O ultrassom pode promover mudanças no poder de inchamento, solubilidade ou propriedades de pasta (BERNARDO; ASCHERI; CARVALHO, 2016). Assim como, o tratamento térmico de baixa umidade pode promover mudanças na viscosidade, estabilidade de pasta, resistência ao calor, a ácidos e à deformação mecânica (CHUNG; LIU; HOOVER, 2009). Por consequência, amidos modificados por ultrassom e tratamento térmica de baixa umidade podem vir a ter características desejáveis para a produção de novos produtos alimentícios isentos de glúten.

Com o crescimento populacional cada vez maior, cresce a necessidade de se criarem alternativas que aproveitem os coprodutos gerados no processamento de alimentos. Há uma grande quantidade de resíduos gerados em diferentes processos industriais, que podem impactar na saúde humana e na qualidade ambiental do solo, água e ar, no entanto, grande parte desses coprodutos podem ser utilizados em diversas aplicações alimentícias (FERREIRA et al., 2017). O aproveitamento de resíduos agroindustriais na incorporação como ingrediente fonte de nutrientes em produtos alimentícios apresenta potencial do ponto de vista nutricional, econômico e também ecológico. Um exemplo é a casca do maracujá, subproduto da indústria de alimentos com alto potencial tecnológico e funcional apresentando em sua composição alto teor de fibra alimentar (QUEIROZ et al., 2012).

Entre os coprodutos ricos em proteína têm-se o rúmen bovino, proveniente de abatedouros e frigoríficos. A proteína é um nutriente de extrema importância para a saúde humana, podendo ser encontrada em grande quantidade em processos e/ou coprodutos agroindústrias. Portanto, o rúmen representa um coproduto a ser explorado por ser uma ótima fonte protéica e possuir baixo custo pela sua pequena utilização na alimentação humana (SILVA, 2008).

Farinhas de tubérculos e coprodutos agroindustriais podem ser incorporados em alimentos, como por exemplo, nas massas alimentícias. As massas alimentícias compreendem um setor da indústria de alimentos de grande expansão no mercado mundial, pois apresentam variabilidade gastronômica e nutricional. O consumidor busca um alimento saboroso e que contribua com a melhoria ou manutenção da saúde, isto é possível por meio da adição de compostos, que devem cumprir com as necessidades nutricionais, energéticas e de segurança alimentar (MARTINS et al., 2015).

Considerando a crescente demanda da sociedade por alimentos mais saudáveis nos últimos anos, uma das possibilidades é desenvolver alternativas para a produção de massas alimentícias isentas de glúten e ricas em fibra e proteína. Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade do ponto de vista tecnológico e nutricional da utilização da farinha de araruta, submetida aos processos de modificações por ultrassom e tratamento calor-umidade, junto com farinhas de casca de maracujá e rúmen bovino, na produção de diferentes massas alimentícias.

1.2 REVISÃO DA LITERATURA

1.2.1 Araruta (*Maranta arundinacea* L.)

A araruta (*Maranta arundinacea* L.) da família Marantaceae, é uma erva perene, cultivada por seus rizomas comestíveis, em todos os países tropicais do mundo (ODEKU, 2013). A planta foi naturalizada na Flórida, mas é cultivada principalmente nas Índias Ocidentais (Jamaica e São Vicente), Austrália, Sudeste Asiático e África do Sul e do Leste (CHARLES et al., 2016). Pode ser reconhecida em outros países como *raruta*, *maranta*, *arrowroot*, *west indian arrowroot*, *aru-aru* e *aru*, sendo os dois últimos nomes populares no Brasil (KINUPP; LORENZI, 2014; BRASIL, 2015).

A planta floresce em regiões de temperatura média mensal maior do que 22°C, com boa distribuição de chuva, sendo esse tipo de clima característico do sul do Brasil, estendendo-se para o norte, nas zonas elevadas, onde a altitude abranda a temperatura e ocasiona precipitações abundantes (NEVES; ALMEIDA; COELHO, 2005). A araruta apresenta uma ampla faixa de distribuição, desde o Nordeste ao Sul do país. Segundo Feltran e Peressin (2014) é encontrada historicamente na região Sudeste, sendo recorrentes nas matas do Rio de Janeiro. Outros autores destacam a produção de araruta nos estados de Mato Grosso, Santa Catarina e São Paulo (ABRÃO, 2016; MONTEIRO; PERESSIN, 2002). A melhor época de plantio é de agosto a outubro, e a colheita é realizada dos 9 aos 12 meses após o plantio, quando as folhas se apresentam murchas, com coloração amarelo-palha (FELTRAN; PERESSIN, 2014).

Trata-se de uma planta herbácea, que se caracteriza por ser um arbusto de altura variável entre 0,60 e 1,20 metros, dependendo da variedade que está sendo cultivada e das condições locais de clima e solo (FELTRAN; PERESSIN, 2014). A planta é uma erva ereta (Figura 1.1A), com rizomas de raiz rasa penetrando no solo (ODEKU, 2013). Seu rizoma é fusiforme, escamoso (Figura 1.1B), apresenta casca brilhante e produz tufos que aderem ao mesmo (BRASIL, 2010).

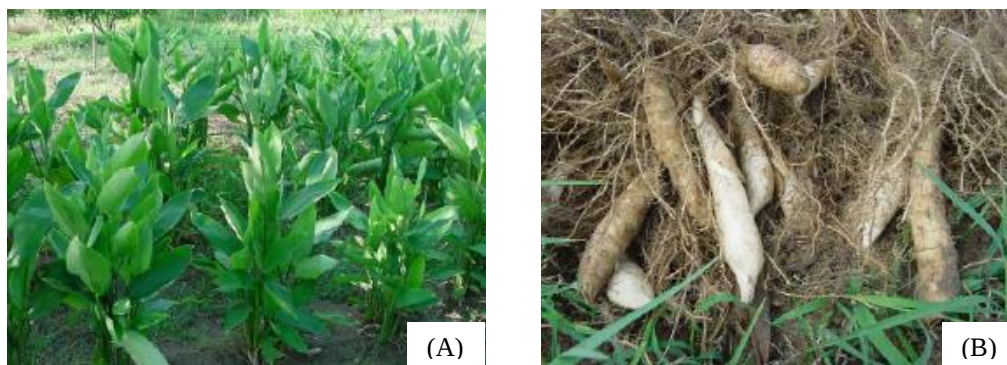


Figura 1.1 Cultivo de araruta (A) plantação de araruta (B) rizoma de araruta.

FONTE: Neves, Almeida e Coelho, 2005.

Os rizomas de araruta são uma fonte não convencional de amido (> 85%), no entanto, sem grande importância socioeconômica em muitos países, uma vez que seu amido não é considerado matéria-prima de elevada prioridade (GORDILLO et al., 2014). Ainda assim, o amido de araruta é utilizado na produção de alimentos e remédios desde tempos imemoráveis (SHINTU; RADHAKRISHNAN; MOHANAN, 2015). É comumente utilizado como espessante em diversas preparações culinárias, como pudins, mingaus, molhos, geleias, bolos, biscoitos e outros produtos assados, conferindo leveza e alta digestibilidade, o que lhe confere valor como ingrediente em produtos especialmente para bebês e convalescentes (KUMALASARI et al., 2012; LIM, 2016; LESTARI; HURIYATI; MARSONO, 2017; ODEKU, 2013). Na culinária vietnamita e coreana é utilizado em preparações de caldos, macarrões e para espessar alimentos ácidos, como o molho agri-doce asiático (LIM, 2016).

Segundo Granados et al. (2014), o amido de araruta apresenta propriedades físico-químicas favoráveis à sua utilização na indústria de alimentos. Por exemplo, sua elevada capacidade de retenção de água, elevada taxa de absorção de lípidos, temperatura de gelatinização relativamente baixa, uma porcentagem elevada de amilopectina, por conseguinte, não retrograda para formar uma pasta estável (GRANADOS et al., 2014). O uso do amido em formulações e aplicações industriais depende de suas propriedades de gelatinização, retrogradação, solubilidade, poder de inchamento, absorção de água, sinerese e o comportamento reológico da sua pasta e gel (MONTEIRO; VEASEY, 2009).

Amido e farinha apresentam definições diferentes segundo o texto da Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, um vez que “amidos são os produtos amiláceos extraídos de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizomas”(BRASIL, 2005). Já “farinhas são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos” (BRASIL, 2005). Normalmente, as farinhas

contêm quase os mesmos componentes que as matérias-primas, exceto o teor de umidade, incluindo amido, polissacarídeo não amiláceo, açúcar, proteína, lipídios e materiais inorgânicos (PUNCHA-ARNON; UTTAPAP, 2013).

O uso da farinha de araruta ainda é pouco estudado, no entanto, apresenta características importantes por se tratar do produto integral, apresentando outros componentes além do amido. Outra característica importante, que incentiva o uso de subprodutos da araruta, é a ausência da proteína do glúten, podendo substituir a farinha de trigo, sendo adequada para dieta de indivíduos com intolerância alimentar ao glúten (LIM, 2016).

1.2.2 Amido

O amido é o principal carboidrato de reserva das plantas, podendo, portanto, ser encontrado em todas as formas de vegetais de folhas verdes, seja nas suas raízes, caules, sementes ou frutas. Em seu estado nativo, o amido é insolúvel em água fria, apresentando grânulos parcialmente cristalinos e cuja morfologia, composição química e estrutura molecular são característicos de cada espécie em particular (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006). O amido é composto por dois polímeros: amilose e amilopectina. A amilose é um polímero essencialmente linear composto de D-glicopiranoses em ligações α -1,4 e algumas poucas ligações α -1,6 (Figura 1.2A), apresenta massa molecular média menor que 0,5 milhão g/gmol, forma filmes fortes e géis firmes (THOMAS; ATWELL, 1999).

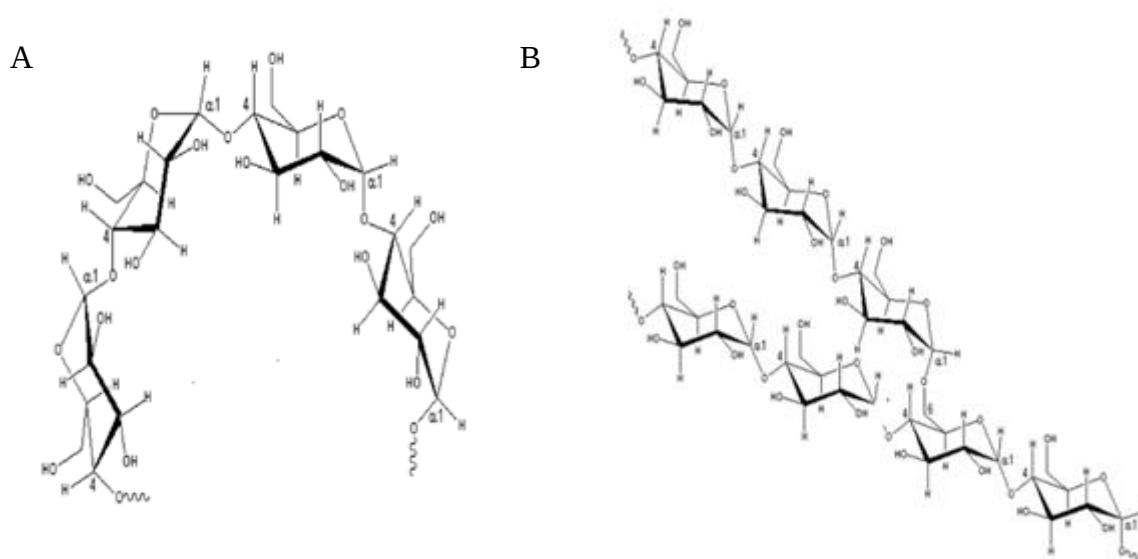


Figura 1.2 Macromoléculas do amido: amilose (A) e amilopectina (B).
 FONTE: Bello-Pérez, Montealvo e Acevedo, 2006.

A amilopectina é um polímero altamente ramificado, é formada por unidades de D-glicose, ligadas em α -1,4 e com 4 a 6% de ligações α -1,6 nos pontos de ramificação entre as cadeias de glicose (Figura 1.2B), apresenta massa molecular de 50 a 500 milhões g/gmol, apresenta como característica a formação de filmes fracos (THOMAS; ATWELL, 1999).

A funcionalidade do amido está relacionada com as a amilose e amilopectina, de acordo com a organização física dessas macromoléculas dentro da estrutura granular (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006). O teor de amilose e amilopectina influenciam de modo determinante nas propriedades tecnológicas do amido, tais como na temperatura de gelatinização, solubilização em água, recristalização (retrogradação), intumescimento e propriedades viscoelásticas (DENARDIN; SILVA, 2009).

1.2.3 Amido modificado

O amido é um polímero de reserva energética dos vegetais, geralmente presente nos órgãos de armazenamento, como grãos, sementes, raízes, tubérculos e frutas (WANG et al., 2017). Configura-se como o principal componente de diversos produtos alimentícios e como a principal fonte de energia em dietas humanas (TETLOW, 2011). O amido é raramente consumido em sua forma intacta, sendo frequentemente utilizado pela indústria a sua forma nativa, no entanto, existe uma limitação de sua aplicação direta no processamento de alimentos pois são instáveis em relação às mudanças de temperatura, pH e forças de cisalhamento (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015). Em sua forma nativa, os amidos apresentam uma forte tendência de decomposição e retrogradação, além de que alguns grânulos são inertes, insolúveis em água à temperatura ambiente, altamente resistentes à hidrólise enzimática e sem propriedades funcionais (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015; BERSKI et al., 2011).

Cada tipo de amido possui propriedades físico-químicas características, mas estas podem ser modificadas, visando à ampliação de aplicações (BAI et al., 2014). Sendo assim, os amidos nativos são frequentemente modificados para superar limitações, diversificando sua estrutura e funcionalidade que proporcionam propriedades específicas, como solubilidade, textura, adesão e tolerância às temperaturas de aquecimento utilizadas nos processos na indústria (ZHU, 2015a; SWEEDMAN et al., 2013).

A estrutura nativa do amido pode ser modificada por métodos químicos, físicos, enzimáticos ou genéticos (YADAV; GULERIA; YADAV, 2013). As modificações físicas incluem diferentes combinações de temperatura, umidade, pressão, cisalhamento e irradiação e

podem contribuir com a melhora da solubilidade em água e reduzir os grânulos de amido (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015). A modificação física é simples, barata e segura pois não requer o uso de agentes químicos e biológicos, sendo, portanto preferível quando o produto é destinado ao consumo humano (ASHOGBON; AKINTAYO, 2014).

A principal característica dos amidos modificados fisicamente é a obtenção de amidos pré-gelatinizados, os quais têm em comum a característica de serem dispersíveis em água fria, necessitando de menos energia para serem gelatinizados, quando comparados aos amidos nativos de mesma fonte botânica (SANTOS, 2016). Estudos realizados com modificações físicas em farinhas e amidos têm demonstrado que estes tratamentos não afetam a composição centesimal desses produtos quando comparados com a amostra sem tratamento (BASTOS, et al. 2016; BATISTA, 2010; LOPES, 2010). Gonçalves (2013), observou em seu estudo com amido de pinhão tratado com ultrassom que não houve diferença significativa entre o amido de pinhão cru e modificado quanto a umidade, cinzas, proteína, lipídio e fibra alimentar. Silva et al. (2017) em seu estudo de farinha de grão de arroz modificada com tratamento térmico de baixa umidade (TTBU) variando umidade e tempo, apresentaram que não houve diferença significativa na quantidade de proteína da farinha crua e modificada, independentemente da umidade e tempo utilizados no tratamento. Dentre as modificações físicas que são realizadas para criar novas propriedades e estrutura de amido, estão o uso de ultrassom e autoclave.

1.2.3.1 Modificação por ultrassom

O ultrassom é um conjunto de ondas sonoras com vibrações mecânicas de alta frequência, variando entre 2×10^4 e 2×10^9 Hz. Trata-se de um tipo de tecnologia que tem sido amplamente pesquisada para aplicação na indústria alimentícia (CHU; WEI; ZHU, 2015; ZHU, 2015b). Como em processos de emulsificação, homogeneização, esterilização, filtração, secagem, separação e extração de compostos (TAO; SUN, 2015). Recentemente, pesquisas estão sendo realizadas com intuito de avaliar a utilização do ultrassom com finalidade de modificações de amidos, por se tratar de um procedimento que apresenta vantagem em relação ao bom rendimento, curto tempo de reação e condições moderadas de uso (BERNARDO; RAMÍREZ; CARVALHO, 2016; SANKAR; RAJENDRAN, 2013; WANG; CHEN, 2010).

O ultrassom pode ser aplicado em alimentos líquidos ou semissólidos e dependendo deste estado físico do alimento, suas ondas podem ser propagadas por meio de uma sonda, ou por meio da imersão do alimento em banhos de ultrassom (ADEKUNTE et al., 2010). O tratamento causa a degradação física dos grânulos através de fissuras visíveis e poros na superfície (SUJKA; JAMROZ, 2013; ZHENG et al., 2013; AMINI; RAZAVI; MORTAZAVI,

2015). A propagação ultrassônica de alta intensidade tem como resultado a geração de ondas de compressão e cisalhamento de alta intensidade, as quais criam ondas de choque que geram de forma espontânea pequenas cavidades que colapsam no ciclo de pressão positiva e produzem condições de fluxo violentas e pressões e temperaturas extremamente altas (LI et al., 2015). Esse fenômeno é conhecido como cavitação, sendo, portanto, o principal efeito gerado pelo ultrassom, por produzir forças de cisalhamento que são capazes de quebrar cadeias de polímeros e desencadear reações químicas, por meio da liberação de radicais livres (OH, O e HO₂) (BERNARDO; RAMÍREZ; CARVALHO, 2016).

Dependendo da origem botânica, da composição do amido, dos parâmetros (frequência e potência) e das condições de processamento (temperatura, tempo, concentração da amostra e amplitude) utilizados no tratamento, o ultrassom pode promover mudanças no poder de inchamento, solubilidade ou propriedades de pasta (BERNARDO; ASCHERI; CARVALHO, 2016). O efeito da sonicação gera danos na estrutura semicristalina do amido, deixando os grupamentos hidroxilas livres para se ligarem às moléculas de água, por meio de ligação de hidrogênio, provocando o aumento da solubilidade e do poder de inchamento (JAMBRAK et al., 2010; SUJKA; JAMROZ, 2013; ZHENG et al., 2013). Outro efeito estudado do ultrassom nas propriedades do amido é a redução da viscosidade máxima de pasta (HU et al., 2015). Portanto, pode-se considerar o ultrassom uma tecnologia promissora para modificar amido.

1.2.3.2 Modificação por tratamento térmico em baixa umidade (TTBU)

O tratamento térmico em baixa umidade (TTBU) é uma técnica de modificação física de amido utilizada para alterar em partes suas características e propriedades físico-químicas. A técnica consiste em uma modificação hidrotérmica, na qual uma temperatura geralmente maior do que a temperatura de gelatinização do amido (84-120°C) é aplicada ao amido com um baixo teor de umidade (<35% de umidade p/p) durante um determinado período de tempo (15min-16h) (CHUNG; LIU; HOOVER, 2009). Trata-se de um método de baixo custo, sem reagentes químicos residuais, sendo seguro e adequado para aplicação em alimentos (XIAO et al., 2017).

Quando o amido com uma quantidade limitada de umidade é submetido ao aquecimento, o mesmo sofre algumas modificações nas suas características próprias (JYOTHI; SAJEEV; SREEKUMAR, 2010). O tratamento térmico em baixa umidade promove o aumento das temperaturas de transição de gelatinização, aumento da faixa de temperatura de gelatinização, diminuição do inchamento granular e lixiviação de amilose e aumento da estabilidade térmica (ZAVAREZE et al., 2010).

As mudanças notáveis na cristalinidade, poder de inchamento, lixiviação de amilose, propriedades de pasta e gelatinização ocorrem devido ao rearranjo das cadeias de amilose e amilopectina ou maior grau de associação das cadeias de amido (JYOTHI; SAJEEV; SREEKUMAR, 2010). Por consequência, amidos modificados por tratamento térmico em baixa umidade podem vir a ter características desejáveis como baixa viscosidade, estabilidade de pasta, alta resistência ao calor, a ácidos e à deformação mecânica (CHUNG; LIU; HOOVER, 2009).

1.2.4 Coprodutos agroindustriais

Devido ao aumento da população e a enorme diversidade de produção e consumo industrial, é gerado mundialmente uma grande quantidade de coprodutos agroindustriais em diversos setores (NASCIMENTO; CALADO; CARVALHO, 2012). Esses podem possuir valor econômico agregado pois é possível reaproveitá-los e transformá-los em subprodutos ou em matérias-primas para outras linhas de produção (SILVA et al., 2011; SCHNEIDER et al., 2012). Além do mais, a utilização dos coprodutos colabora para a correta gestão ambiental, com o intuito de diminuir impactos negativos na natureza (SCHNEIDER et al., 2012).

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com a intenção de caracterizar os coprodutos da agroindústria de diversas fontes e propor alternativas para sua utilização eficiente em novos produtos e aplicações (LIMA et al., 2014; NASCIMENTO; CALADO; CARVALHO, 2012; SOUSA et al., 2011). Portanto, é de grande relevância o estudo científico deste tipo de material com a intenção de conhecer o valor nutricional e qualidade tecnológica dos resíduos agroindustriais, possibilitando sua utilização eficiente, econômica e segura na produção de novos alimentos (SOUSA et al., 2011).

1.2.4.1 Casca de maracujá amarelo

A família Passifloraceae é composta por mais de 500 espécies organizadas em 18 gêneros, dentre os quais se destaca o gênero Passiflora, não só devido ao número de espécies que o compõem, mas também por sua importância econômica (PEREIRA; CORRÊEZ; OLIVEIRA, 2015). O maracujá amarelo, também conhecido como maracujá azedo, é a variedade em que se baseia a produção comercial do mundo (CARR, 2013). O fruto é nativo do Brasil, e é amplamente produzido em regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo (CABALLERO; FINGLAS; TOLDRÁ, 2015).

No processo de industrialização do fruto, são geradas por ano no Brasil 54 mil toneladas de subprodutos, como sementes e cascas (COELHO et al., 2017). Os resíduos gerados no processamento do suco do maracujá amarelo representam em média 65 a 70% do peso do fruto, sendo que a casca (mesocarpo e epicarpo) corresponde a cerca de 50 a 60% (VASCO-CORREA; ZAPATA, 2017; LÓPEZ-VARGAS et al, 2013).

A casca do maracujá amarelo (Figura 1.2), é dividida em duas frações distintas: o flavedo (epicarpo) e o albedo (mesocarpo). O flavedo corresponde à camada externa de coloração verde a amarela, é rico em fibras insolúveis e contém substâncias químicas como carotenoides, vitaminas e óleo essencial; o albedo é um tecido branco, esponjoso e celulósico, que pode ser considerado como fonte potencial de fibra solúvel, em especial a pectina, com pequenas quantidades de mucilagens (LÓPEZ-VARGAS et al., 2014). Sendo assim, pode apresentar características de interesse tecnológico e biológico devido suas propriedades nutricionais (MARTINEZ et al., 2012).

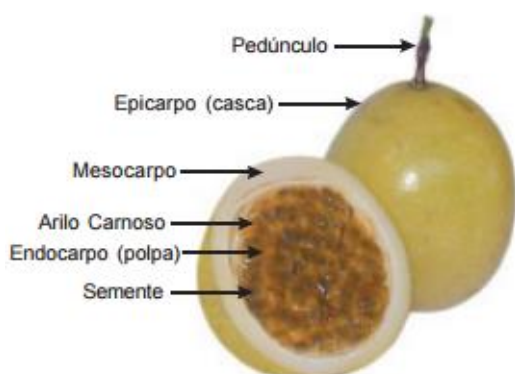


Figura 1.3 Fruto do maracujá amarelo.
FONTE: Costa et al., 2008.

Estudos realizados com a farinha da casca de maracujá amarelo verificaram valores variando de 58,8 g·100g⁻¹ a 66,37 g·100g⁻¹ para fibra alimentar (SOUZA; FERREIRA; VIEIRA, 2008; SILVA et al., 2016). Neste contexto, a casca do maracujá rica em fibras solúveis, principalmente pectina, apresenta benefícios para a saúde humana, devido a sua capacidade de reter água formando géis viscosos que retardam o esvaziamento gástrico e o trânsito intestinal (GALISTEO; DUARTE; ZARZUELO, 2008). Estudos epidemiológicos mostram que dietas com consumo adequado de fibras podem auxiliar na redução do risco de desenvolvimento de doença arterial coronariana, acidente vascular cerebral, hipertensão arterial, diabetes melito e algumas desordens gastrointestinais (BERNAUD; RODRIGUES, 2013)

A fibra alimentar solúvel possui algumas propriedades comparáveis aos aditivos alimentares que atuam como agentes espessantes ou gelificantes e estabilizadores de emulsões

e espumas, além disso, é um mimético de gordura (COELHO et al., 2017; LÓPEZ-VARGAS et al., 2013). A fibra pode modificar as propriedades texturizadas, evitar sinergias e melhorar a vida útil dos alimentos, como doces, sopas, produtos lácteos e de panificação (ELLEUCH et al., 2011). Sendo assim, é importante viabilizar meios para transformar esse coproduto em produtos úteis de alto valor agregado (SEIXAS et al., 2014).

1.2.4.2 Rúmen bovino

Bovinos, equinos, ovinos, caprinos são os chamados ruminantes, animais herbívoros cujo sistema digestivo lhes permite absorver e digerir grandes quantidades de material vegetal (JAMI; MIZHARI, 2012). O estômago do ruminante (Figura 1.3) se divide em quatro câmaras ou compartimentos: rúmen, retículo, omaso e abomaso (DEPETERS; GEORGE, 2014).

As três primeiras câmaras (rúmen, retículo, omaso), chamadas de pré-estômago, armazenam o material ingerido e parcialmente digerido, ao passo que a última câmara (abomaso) tem a função de digestão dos alimentos (DYCE; SACK; WENSING, 2010). O rúmen é o primeiro e maior compartimento, ocupando toda a parte esquerda da cavidade abdominal, e juntamente com o retículo, serve como local de fermentação anaeróbica. (DEPETERS; GEORGE, 2014).

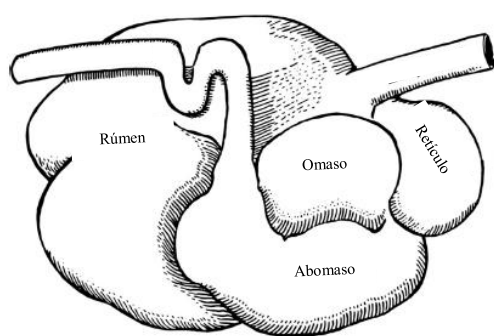


Figura 1.4 Estômago dos ruminantes com suas quatro câmaras.

FONTE: Depeters; George, 2014.

Vários tipos de coprodutos materiais são gerados durante o abate de bovinos, como estrume, material ruminal e intestinal, fígado, sangue, ossos, gorduras e águas residuais (RAHMAN; SAHAR; KHAN, 2014). Os coprodutos do abate, geralmente, não são consumidos por razões culturais ou porque não são atraentes para um dos sentidos humanos (SILVA; CRUZ; ARÊAS, 2010). No entanto, com tratamento e processamento adequados, esses coprodutos podem ser utilizados na indústria de alimentos, em rações para animais, na indústria de fertilizantes e para o consumo humano (RAHMAN; SAHAR; KHAN, 2014).

O teor de proteína do rúmen bovino cru varia de $84,57\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ a $98,1\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (SILVA; CRUZ; ARÊAS, 2010; CONTI; ARÊAS, 2001). Dessa forma, esta característica nutritiva faz com que o rúmen bovino possa ser utilizado em formulações de alimentos, com objetivo de suplementação proteica, conferindo valor nutritivo e propriedades funcionais aos produtos.

1.2.5 Massas alimentícias enriquecidas

A massa alimentícia tem um considerável consumo mundial, principalmente devido ao seu baixo custo, facilidade de preparação, versatilidade e longa vida útil (CAPPA; ALAMPRESE, 2017). Geralmente no preparo utilizam-se apenas dois ingredientes, que são farinha de trigo e/ou sêmola e água (PHONGTHAI et al., 2017). No trigo está presente o glúten, que é o principal responsável pela elasticidade da massa, sendo considerado o fator de maior significância por afeta diretamente as propriedades de cozimento da massa alimentícia (SOZER, 2009; PHONGTHAI et al., 2017).

Normalmente, as massas apresentam elevada quantidade de amido e baixas quantidades de fibras alimentares, proteínas, minerais, vitaminas e compostos fenólicos (BUSTOS; PEREZ; LEON, 2013). Objetivando o aumento do valor nutricional e funcional da massa é possível adicionar outros ingredientes, com o intuito de fortificação em relação a proteína, fibras alimentares, vitaminas e minerais (CHILLO et al., 2008; FOGAGNOLI; SERAVALLI, 2014).

Apesar da fortificação ser eficiente para a melhora da qualidade nutricional do produto, a substituição da farinha de trigo e/ou sêmola ainda se configura como um grande desafio para a indústria alimentícia, uma vez que a adição de ingredientes ou substituição do trigo afeta o processo tecnológico e as propriedades sensoriais do produto final (RIZZELLO et al., 2017). Um dos métodos usuais para a produção de massas alimentícias sem glúten é a obtenção do amido pré-gelatinizado, formando assim uma rede rígida a partir do amido retrogradado (CABRERA-CHÁVEZ et al., 2012; MARTI et al., 2013). Além do mais, é possível obter formulações adequadas utilizando a quantidade correta de proteínas, hidrocolóides e umidade para atingir os atributos de qualidade desejáveis (LARROSA et al., 2016).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos gerais

Produzir farinhas a partir de coprodutos agroindustriais, produzir e modificar por métodos distintos o amido da farinha de araruta e determinar a viabilidade tecnológica e nutricional da utilização das farinhas de araruta modificadas e de coprodutos agroindustriais, fonte de fibra e proteína, na produção de diferentes tipos de massas alimentícias.

1.3.2 Objetivos específicos

- Obter farinha de araruta e submetê-la ao processo de modificação de amido por tratamento com ultrassom e tratamento térmico de baixa umidade, avaliar suas propriedades térmicas e de pasta e escolher os melhores parâmetros de modificação para aplicação das farinhas na produção de massas alimentícias.
- Produzir e avaliar, do ponto de vista tecnológico e nutricional, massas alimentícias utilizando farinha de araruta modificada (por tratamento com ultrassom e tratamento térmico de baixa umidade) e farinhas de coprodutos agroindustriais, fontes de fibra e de proteína.

1.4 REFERÊNCIAS

- ABRÃO, M. N. **Produtividade agroecômica de araruta (*Maranta arundinacea* L.) cultivada com diferentes densidades de plantas e camas de frango**. 2016. 37f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.
- ADEKUNTE, A. O.; TIWARI, B. K.; CULLEN, P. J.; SCANNELL, A. G. M.; O'DONNELL, C. P. Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. **Food Chemistry**, Londres, v. 122, n. 3, p. 500-507, 2010.
- ALCÁZAR-ALAY, S. C.; MEIRELES, M. A. A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 35, n. 2, p. 215-236, 2015.
- AMINI, A. M.; RAZAVI, S. M. A.; MORTAZAVI, S. A. Morphological, physicochemical, and viscoelastic properties of sonicated corn starch. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 122, n. 20, p. 282-292, 2015.
- ASHOGBON, A. O.; AKINTAYO, E. T. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: a review. **Starch/Staerke**, Weinheim, v. 66, n. 1-2, p. 41-57, 2014.
- BAI, Y.; KAUFMAN, R. C.; WILSON, J. D.; SHI, Y. C. Position of modifying groups on starch chains of octenyl succinic anhydride-modified waxy maize starch. **Food Chemistry**, Londres, v. 153, n. 1, p. 193–199, 2014.
- BASTOS, G. M.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; DE ARAUJO PEREIRA, A. L.; DE MORAIS, C. C.; CAMPOS, M. R. H. Physical and sensory quality of gluten-free spaghetti processed from amaranth flour and potato pulp. **LWT - Food Science And Technology**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 128-136, 2016.
- BATISTA, K. A. **Extrusão de farinha de feijão hard-to-cook: características bioquímicas e propriedades funcionais**. 2010. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- BELLO-PÉREZ, L. A. L.; MONTEALVO, M. G. M.; ACEVEDO, E. A. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carbohidratos em alimentos regionales iberoamericano**. São Paulo: Edusp, 2006. p. 17-46.
- BERNARDO, C. O.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Efeito do ultrassom na extração e modificação de amidos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 4, p. 739-746, 2016.
- BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. Fibra alimentar – Ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 57, n. 6, p. 397-405, 2013.

BERSKI, W.; PTASZEK, A.; PTASZEK, P.; ZIOBRO, R.; KOWALSKI, G.; GRZESIK, M.; ACHREMOWICZ, B. Pasting and rheological properties of oat starch and its derivatives. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 83, n. 2, p. 665-671, 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº. 263, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico sobre Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 set. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não-convencionais / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 2010. 92p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Alimentos regionais brasileiros**. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 486p.

BUSTOS, M. C.; PEREZ, G. T.; LEON, A. E. Combination of resistant starches types II and IV with minimal amount of oat bran yields good quality, low glycemic index pasta. **International Journal of Food Science and Technology**, Christchurch, v. 48, n. 2, p. 309–315, 2013.

CABALLERO, B.; FINGLAS, P.; TOLDRA, F. **Encyclopedia of food and health**. Oxford: Academic Press, 2015.

CABRERA-CHÁVEZ, F.; CALDERÓN DE LA BARCA, A. M.; ISLAS-RUBIO, A. R.; MARTI, A., MARENGO, M., PAGANI, M. A. Molecular rearrangements in extrusion processes for the production of amaranth-enriched, gluten-free rice pasta. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 47, n. 2, p. 421-426, 2012.

CAPPA, C.; ALAMPRESE, C. Brewer's spent grain valorization in fiber-enriched fresh egg pasta production: Modelling and optimization study. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 82, n. 1, p. 464-470, 2017.

CAPRILES, V. D. **Otimização de propriedades nutricionais e sensoriais de produtos à base de amaranto enriquecidos com frutanos, para intervenção em celíacos**. 2009. 211f. Tese (Doutorado em Nutrição em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avanços na produção de pães sem glúten: Aspectos tecnológicos e nutricionais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 129-136, 2011

CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims): A review. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 49, n. 4, p. 585-596, 2013.

CHARLES, A. L.; CATO, K.; HUANG, T. C.; CHANG, Y. H.; CIOU, J. Y.; CHANG, J. S.; LIN, H. H. Functional properties of arrowroot starch in cassava and sweet potato composite starches. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v. 53, n. 1, p. 187-191, 2016.

CHILLO, S.; LAVERSE, J.; FALCONE, P. M.; DEL NOBILE, M. A. Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal flour added with quinoa, broad bean and chick pea. **Journal of Food Engineering**, London, v. 84, n. 1, p. 101-107, 2008.

CHU, H.; WEI, H.; ZHU, J. Ultrasound enhanced radical graft polymerization of starch and butyl acrylate. **Chemical Engineering and processing: Process intensification**, Delft, v. 90, n. 1, p. 1-5, 2015.

CHUNG, H.; LIU, Q.; HOOVER, R. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 75, n. 3, p. 436-447, 2009.

COELHO, E. M.; GOMES, R. G.; MACHADO, B. A. S.; OLIVEIRA, R. S.; LIMA, M. S.; AZEVÊDO, L. C.; GUEZ, M; A. U. Passion fruit peel flour e Technological properties and application in food products. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v. 62, n. 1, p. 158-164, 2017.

CONTI, A. C.; ARÊAS, J. A. G. Aproveitamento do rúmen bovino na alimentação humana através de sua extrusão termoplástica. **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 21-31, 2001.

COSTA, A. F. S.; COSTA, A. N.; VENTURA, J. A.; FANTON, C. S.; LIMA, I. M.; CAETANO, L. C. S.; SANTANA, E. N. **Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro**. Vitória, ES: Incaper, 2008. 56 p. (Incaper. Documentos, 162)

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2009.

DEPETERS, E. J.; GEORGE, L. W. Rumen transfaunation. **Immunology Letters**, Genova, v. 162, p. 69-76, 2014.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry**, Londres, v. 124, n. 2, p. 411-421, 2011.

FELTRAN, J. C.; PERESSIN, V. A. Araruta. In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G.; et al. (Eds). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. 452p.

FERREIRA, A.; KUNH, S. S.; CREMONEZ, P. A.; DIETER, J.; TELEKEN, J. G.; SAMPAIO, S. C.; KUNH, P. D. Brazilian poultry activity waste: Destinations and energetic potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Belfast, In press, 2017.

FOGAGNOLI, G.; SERAVALLI, E. A. G. Aplicação de farinha de casca de maracujá em massa alimentícia fresca. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 204-212, 2014.

GALISTEO, M.; DUARTE, J.; ZARZUELO, A. Effects of dietary fibers on disturbances clustered in the metabolic syndrome. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 19, n. 2, p. 71-84, 2008.

GRANADOS, C.; GUZMAN, L. H.; ACEVEDO, D.; DÍAZ, M.; HERRERA, A. Propiedades funcionales del almidon de sagu (*Maranta arundinacea*). **Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, Cauca, v. 12, n. 2, p. 90-96, 2014.

GONÇALVES, P. M. **Obtenção de nanoamido de pinhão através de hidrólise ácida e ultrassom para incorporação da nisina**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Instituto de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GORDILLO, C. A. S.; VALENCIA, G. A.; ZAPATA, R. A. V.; HENAO, A. C. A. Physicochemical Characterization of Arrowroot Starch (*Maranta arundinacea* Linn) and Glycerol/Arrowroot Starch Membranes. **International Journal of Food Engineering**, London, v. 10, n. 4, p. 727–735, 2014.

HU, A.; JIAO, S.; ZHENG, J.; LI, L.; FAN, Y.; CHEN, L.; ZHANG, Z. Ultrasonic frequency effect on corn starch and its cavitation. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 60, n. 2, p. 941-947, 2015

JAMBRAK, A. R.; HERCEG, Z.; SUBARIC, D.; BABIC, J.; BRNCIC, M.; BRNCIC, S. R.; BOSILJKOV, T.; CVEK, D.; TRIPALO, B.; GELO, J. Ultrasound effect on physical properties of corn starch. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 79, n. 1, p. 91-100, 2010

JAMI, E.; MIZRAHI, I. Composition and similarity of bovine rumen microbiota across individual animals. **PlosOne**, San Francisco, v. 7, n. 3, p. 1-8, 2012.

JYOTHI, A. N.; SAJEEV, M. S.; SREEKUMAR, J. N. Hydrothermal Modifications of Tropical Tuber Starches. 1. Effect of Heat-Moisture Treatment on the Physicochemical, Rheological and Gelatinization Characteristics. **Starch/ Stärke**, Weinheim, v. 62, n. 1, p. 28-40, 2010.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil. In: _____. **Guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. p. 506-507.

KUMALASARI, I. D.; HARMAYANI, E.; LESTARI, L. A.; RAHARJO, S.; ASMARA, W.; NISHI, K.; AND SUGAHARA, T. Evaluation of immunostimulatory effect of the arrowroot (*Maranta arundinacea*. L) in vitro and in vivo. **Cytotechnology**, Dordrecht, v. 64, n. 2, p. 131–137, 2012.

LARROSA, V., LORENZO, G., ZARITZKY, N., & CALIFANO, A. Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 96-103, 2016.

LESTARI, L. A.; HURIYATI, E.; MARSONO, Y. The development of low glycemic index cookie bars from foxtail millet (*Setaria italica*), arrowroot (*Maranta arundinacea*) flour, and kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Food Science and Technology**, Amritsar, v. 54, n. 6, p. 1406–1413, 2017.

LI, L.; HE, Q.; ZHENG, M.; LIU, Z. Contribution of ultrasonic traveling wave to chemical-mechanical polishing. **Ultrasonics**, Hong Kong, v. 56, n. 1, p. 530-538, 2015.

LIM, T. K. **Modified Stems, Roots, Bulbs**. In: __. Edible medicinal and non-medicinal plants. New York: Springer, 2016.

LIMA, B. N. B.; LIMA, L. L.; TAVARES, M. I. B; COSTA, A. M. B.; PIERUCCI, A. P. T. R. Determination of the centesimal composition and characterization of flours from fruit seeds. **Food Chemistry**, Londres, v. 151, n. 1, p. 293–299, 2014.

LOPES, L. C. M. **Determinação das melhores condições de extrusão e caracterização de farinha de feijão para utilização como ingrediente de alimentos instantâneos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

LÓPEZ-VARGAS, J. H.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Meat Science**, Cowra, v. 97, n. 2, p. 270-276, 2014.

LÓPEZ-VARGAS, J. H.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Food Research International**, Essex, v. 51, n. 2, p. 756-763, 2013.

MARTI, A.; CARAMANICO, R.; BOTTEGA, G.; PAGANI, M. A. Cooking behavior of rice pasta: effect of thermal treatments and extrusion conditions. **LWT – Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 54, n. 1, p. 229-235, 2013.

MARTÍNEZ, R.; TORRES, P.; MENESES, M. A.; FIGUEROA, J. G.; PEREZ ALVAREZ, J. A.; VIUDA MARTOS, M. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food Chemistry**, Londres, v. 135, n. 3, p. 1520-1526, 2012.

MARTINS, Z. E.; ERBEN, M.; GALLARDO, A. E.; SILVA, R.; BARBOSA, I.; PINHO, O.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Effect of spent yeast fortification on physical parameters, volatiles and sensorial characteristics of home-made bread. **International Journal of Food Science and Technology**, Christchurch, v. 50, n. 8, p. 1855-1863, 2015.

MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A. Cultura da araruta. In: CEREDA, M. P. (Coord.) **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 2, p. 440-447, 2002.

MONTEIRO, M. V.; VEASEY, E. A. Raíces y tubérculos tropicales olvidados o subutilizados em Brasil. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, Boyacá, v. 3, n. 1, p. 110-125, 2009.

NASCIMENTO, T. A.; CALADO, V.; CARVALHO, C. W. P. Development and characterization of flexible film based on starch and passion fruit mesocarp flour with nanoparticles. **Food Research International**, Essex, v. 49, n. 1, p. 588-595, 2012.

NEVES, M. C. P.; ALMEDIA, D. L. de; COELHO, I. da S. **Araruta: resgate de um cultivo tradicional**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. Embrapa Agrociologia. 4 p. (Comunicado Técnico, 79).

ODEKU, O. A. Potentials of tropical starches as pharmaceutical excipients: A review. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 65, n. 1-2, p. 89–106, 2013.

PEREIRA, A. D.; CORRÊA, R. X.; OLIVEIRA, A. C. Molecular genetic diversity and differentiation of populations of ‘somnus’ passion fruit trees (*Passiflora setacea* DC): Implications for conservation and pre-breeding. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 59, n. 1, p. 12-21, 2015.

PHONGTHAI, S.; D'AMICO, S.; SCHOENLECHNER, R.; HOMTHAWORNCHOO, W.; RAWDKUEN, S. Effects of protein enrichment on the properties of rice flour based gluten-free pasta. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 80, n. 1, p. 378-385, 2017.

PUNCHA-ARNON, S.; UTTAPAP, D. Rice starch vs. rice flour: Differences in their properties when modified by heat–moisture treatment. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 91, n. 1, p. 85-91, 2013.

QUEIROZ, M. S. R.; JANEIRO, M. A. L.; CUNHA, J. S.; MEDEIROS, A. U. O.; SABAA-SRUR, M. F. F. M.; DINIZ, A. N. D. Effect of the yellow passion fruit peel flour (*Passiflora edulis f. flavicarpa* deg.) in insulin sensitivity in type 2 diabetes mellitus patients. **Nutrition Journal**, Londres, v. 11, n. 1, p. 89-95, 2012.

RAHMAN, U.; SAHAR, A.; KHAN, M. A. Recovery and utilization of effluents from meat processing industries. **Food Research International**, Essex, v. 65, n. 3, p. 322-328, 2014.

RIZZELLO, C. G.; VERNI, M.; KOIVULA, H.; MONTEMURRO, M.; SEPPA, L.; KEMELL, M. Influence of fermented faba bean flour on the nutritional, technological and sensory quality of fortified pasta. **Food & Function**, v. 8, n. 2, p. 860-871, 2017.

SANKAR, K.; RAJENDRAN, V. Polymerization of ethyl methacrylate under the influence of ultrasound assisted a new multi-site phase-transfer catalyst system – a kinetic study. **Ultrasonics Sonochemistry**, Victoria, v. 20, n. 1, p. 329-337, 2013.

SANTOS, T. P. R. **Efeitos de modificações físicas sobre as propriedades de amido de tuberosas**. 2016. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu, 2016.

SCHNEIDER, C. F.; SCHULZ, D. G.; LIMA, P. R.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Formas de gestão e aplicação de resíduos da cana-de-açúcar visando redução de impactos ambientais. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 7, n. 5, p. 8-17, 2012.

SEIXAS, F. L.; FUKUDA, D. L.; TURBIANI, F. R. B.; GARCIA, P. S.; PETKOWICZ, C. L. O.; JAGADEVAN, S. Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) by microwave-induced heating. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v. 38, n. 1, p. 186-192, 2014.

SHINTU, P. V.; RADHAKRISHNAN, V. V.; MOHANAN, K. V. Pharmacognostic standardisation of *Maranta arundinacea* L. - An important ethnomedicine. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, New Delhi, v. 4, n. 3, p. 242-246, 2015.

SILVA, E. C. O.; SILVA, W. P.; SILVA, E. T.; LOPES, J. D.; GUSMÃO, R. P. Obtenção e caracterização da farinha do albedo de maracujá (*passiflora edulis* f. *flavicarpa*) para uso alimentício. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 13, p. 69-74, 2016.

SILVA, W. M. F.; BIDUSKI, B.; LIMA, K. O.; PINTO, V. Z.; HOFFMANN, J. F.; VANIER, N. L.; DIAS, A. R. G. Starch digestibility and molecular weight distribution of proteins in rice grains subjected to heat-moisture treatment. **Food Chemistry**, Londres, v. 219, n. 1, p. 260-267, 2017.

SILVA, A. C. C.; CRUZ, R. J.; ARÊAS, J. A. G. Influence of thermoplastic extrusion on the nutritive value of bovine rumen protein. **Meat Science**, Savoy, v. 84, n. 3, p. 409-412, 2010.

SILVA, J. V. H.; BITTAR, A. P.; SERRA, J. C. V., JUNIOR, J. C. Z. Diagnóstico do reaproveitamento de resíduos com potencial energético no município de Palmas-TO. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 226-233, 2011.

SILVA, A. **Estudo da Extrusão Termoplástica nas Características Físico-Químicas e Nutricionais do Rúmen Bovino e sua Aplicação na Alimentação Humana**. 2008. 177 f. Tese (Doutorado) Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

SOUZA, M. W. S.; FERREIRA, T. B. O.; VIEIRA, I. F. R. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 33-36, 2008.

SOZER, N. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v. 23, n. 3, p. 849-855, 2009.

SUJKA, M.; JAMROZ, J. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional behavior. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v. 31, n. 2, p. 413-419, 2013.

SWEEDMAN, M. C.; TIZZOTTI, M. J.; SCHÄFER, C.; GILBERT, R. G. Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: a review. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 92, n. 1, p. 905-920, 2013.

TAO, Y.; SUN, D. Enhancement of food processes by ultrasound: a review. **Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 4, p. 570-594, 2015.

TETLOW, I. J. Starch biosynthesis in developing seeds. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 21, n. 1, p. 5-32, 2011.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. **Practical for guides the food industry starch**. St. Paul: Eagan Press, 1999. 94 p

VASCO-CORREA, J.; ZAPATA, A. D. Z. Enzymatic extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) at laboratory and bench scale. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 80, n. 1, p. 280-285, 2017.

XIAO, Y.; LIU, H.; WEI, T.; SHEN, J.; WANG, M. Differences in physicochemical properties and in vitro digestibility between tartary buckwheat flour and starch modified by heat-moisture treatment. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 86, n. 1, p. 285-292, 2017.

WANG, M. L.; CHEN, C. J. Kinetic study of synthesizing 1-(3-phenylpropyl)pyrrolidine-2,5-dione under solid-liquid phase-transfer catalytic conditions assisted by ultrasonic irradiation. **Organic Process Research & Development**, Washington, v. 14, n. 3, p. 737-745, 2010.

WANG, S.; GUO, P.; XIANG, F.; WANG, J.; YU, J.; WANG, S. Effect of dual modification by annealing and ultrahigh pressure on properties of starches with different polymorphs. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 174, n. 1, p. 549-557, 2017.

YADAV, B. S.; GULERIA, P.; YADAV, R. B. Hydrothermal modification of Indian water chestnut starch: Influence of heat-moisture treatment and annealing on the physicochemical, gelatinization and pasting characteristics. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 1, p. 211-217, 2013.

ZAVAREZE, E. R.; STORCK, C. R.; CASTRO, L. A. S.; SCHIRMER, M. A.; DIAS, A. R G. Effect of heat-moisture treatment on rice starch of varying amylose content. **Food Chemistry**, Londres, v. 121, n. 2, p. 358-365 2010.

ZHENG, J.; LI, Q.; HU, A.; YANG, L.; LU, J.; ZHANG, X.; LIN, Q. Dual-frequency ultrasound effect on structure and properties of sweet potato starch. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 65, n. 7-8, p. 621-627, 2013.

ZHU, F. Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 122, n. 1, p. 456-480, 2015a.

ZHU, F. Impact of ultrasound on structure, physicochemical properties, modifications, and applications of starch. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v.43, n.1, p.1-17, 2015b.

CAPÍTULO 2

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE FARINHA DE ARARUTA CRUA E MODIFICADA PARA UTILIZAÇÃO EM MASSAS ALIMENTÍCIAS

RESUMO

A araruta é uma planta que apresenta conteúdo abundante de amido e outros compostos, como polissacarídeos não amiláceos, açúcares, proteína, lipídios e materiais inorgânicos. Por não apresentar as proteínas do glúten em sua composição desperta o interesse da sua utilização na produção de produtos destinados a pessoas intolerantes ao glúten. No entanto a substituição do glúten na produção desses alimentos deve ser suprida através da utilização de diferentes técnicas, como, por exemplo, a modificação do amido de araruta por meio de processos físicos. O objetivo deste trabalho é produzir farinha de araruta e submetê-la aos processos de modificação por ultrassom e tratamento térmico de baixa umidade (TTBU), avaliar suas características físico-químicas, propriedades de hidratação, de pasta e térmica, e então, escolher os melhores parâmetros de modificações para se aplicar na produção de massas alimentícias. Os melhores resultados dos tratamentos com ultrassom são os de intensidade entre 35,83 e 62% por 5 a 15 minutos, enquanto para o TTBU, são os que utilizaram menor temperatura (105°C) e menores tempos (15 e 30 minutos). Levando em consideração o uso das farinhas modificadas na produção de massas alimentícias, foram selecionados os tratamentos de ultrassom com parâmetros de intensidade 43,5% e tempo 15 min e TTBU com temperatura de 105°C por 15 min. A farinha de araruta crua (FA) apresentou menor índice de absorção de água, índice de solubilidade em água e viscosidade final quando comparada com a farinha de araruta modificada com ultrassom (FA_U) e a farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}). Em relação a viscosidade de pico e tendência a retrogradação apenas a FA_U apresentou valores maiores quando comparada com a FA. As farinhas modificadas apresentaram menor entalpia de gelatinização (6,13 e 6,32 J/g) em comparação com a FA que apresentou 11,96 J/g. A composição proximal não apresentou diferença significativa entre as farinhas. Os resultados encontrados demonstram a pré-gelatinização das farinhas pelos dois métodos, portanto, é possível prever a utilização da FA_U e FA_{TTBU} na produção de produtos de massas alimentícias.

Palavras-chave: *Maranta arundinacea* L.; amido modificado; modificação física; modificação por ultrassom; tratamento térmico de baixa umidade.

2.1 INTRODUÇÃO

A araruta (*Maranta arundinacea* L.) da família Marantaceae, é uma erva perene, cultivada por seus rizomas comestíveis, em todos os países tropicais do mundo (ODEKU, 2013). Trata-se de uma planta herbácea, que se caracteriza por ser um arbusto de altura variável entre 0,60 e 1,20 metros, dependendo da variedade que está sendo cultivada e das condições locais de clima e solo (FELTRAN; PERESSIN, 2014).

O rizoma de araruta contém abundante quantidade de amido e de outros compostos, como polissacarídeo não amiláceos, açúcar, proteína, lipídios e materiais inorgânicos (KUMALASARI et al., 2012; PUNCHA-ARNON; UTTAPAP, 2013). Partindo da moagem e peneiração das organelas de plantas que contém amido, como grãos, sementes, rizomas, tubérculos e frutas, é possível obter farinhas que são materiais em pó utilizados na produção de alimentos gerais, incluindo pães, biscoitos e macarrões (PUNCHA-ARNON; UTTAPAP, 2013).

Subprodutos da araruta não apresentam a proteína do glúten, podendo substituir a farinha de trigo, sendo adequada para dieta de indivíduos com intolerância alimentar a essa proteína (LIM, 2016). No entanto, a substituição da farinha de trigo representa uma grande dificuldade para a obtenção de produtos com qualidade, sendo necessária a introdução e combinação de outros ingredientes, assim como mudanças nas técnicas de preparo (CAPRILES; ARÊAS, 2011). Segundo Aprianita et al. (2013) a farinha de araruta apresenta 62,3% de amido em sua composição, sendo, portanto, possível a sua modificação para obtenção do amido pré-gelatinizado, que de acordo com Marti et al. (2013) é um método possível para a produção de alimentos sem glúten.

A estrutura nativa do amido pode ser modificada por métodos físicos, químicos, enzimáticos ou genéticos (YADAV; GULERIA; YADAV, 2013). As modificações físicas incluem diferentes combinações de temperatura, umidade, pressão, cisalhamento e irradiação e podem contribuir com a melhora da solubilidade em água e reduzir os grânulos de amido (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015). Além do mais, estudos realizados com modificações físicas em farinhas e amidos têm demonstrado que estes tratamentos não afetam a composição

proximal desses produtos quando comparados com a amostra sem tratamento (BASTOS et al., 2016; BATISTA, 2010; GONÇALVES, 2013; LOPES, 2010; SILVA et al., 2017)

Dentre as modificações possíveis estão o uso de ultrassom e tratamento térmico de baixa umidade (TTBU), as quais, alteram as propriedades físico-químicas do amido. O ultrassom pode promover mudanças no poder de inchamento, solubilidade ou propriedades de pasta (BERNARDO; ASCHERI; CARVALHO, 2016). Assim como, o TTBU pode promover mudanças na viscosidade, estabilidade de pasta, resistência ao calor, a ácidos e à deformação mecânica (CHUNG; LIU; HOOVER, 2009). Por consequência, amidos modificados por ultrassom e TTBU podem vir a ter características desejáveis para a produção de massas alimentícias isentas de glúten.

O objetivo do estudo é produzir farinha de araruta, bem como submeter a farinha a dois tratamentos (ultrassom e TTBU) e avaliar suas características físico-químicas, propriedades de hidratação, de pasta e térmica. Objetiva-se, também, escolher os melhores parâmetros de modificações da farinha de araruta para se aplicar na de massas alimentícias.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Preparo da farinha de araruta (FA)

A araruta da variedade comum utilizada no experimento foi plantada no sistema orgânico e colhida no período de julho de 2017 na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, (latitude 16,965475 Sul, longitude 49,184229 Oeste e altitude 787m), no município de Hidrolândia-GO. O preparo da farinha foi realizado no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. Os rizomas de araruta foram devidamente lavados e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 30 min, visando a remoção de sujidades e impurezas vindas do campo e o controle microbiológico. Posteriormente, a casca da araruta foi retirada manualmente, os rizomas foram cortados em fatias transversais de aproximadamente 5 cm de diâmetro e colocados em solução de metabisulfito de sódio para evitar o escurecimento enzimático. Em seguida secaram-se os rizomas na estufa com circulação de ar forçada (Tecnal, TE-394/3, Piracicaba, Brasil), sob temperatura de 40°C por 48 horas. Após, os rizomas de araruta secos foram moídos, em moinho de facas com peneira de 28 mesh (Tecnal, TE-651/2, Piracicaba, Brasil). Por fim, a farinha foi

embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas sob temperatura de $-13\pm1^{\circ}\text{C}$ até o processamento e realização de análises.

2.2.1.1 Rendimento, teor de amido e granulometria da farinha de araruta

O rendimento da farinha de araruta foi calculado de acordo com a relação entre a massa inicial do rizoma e a massa do produto final, realizado em triplicata.

A determinação do teor de amido da farinha de araruta foi realizada em triplicata, através do método de Lane-Eynon, com utilização do reagente de Fehling, segundo a metodologia 043/IV proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

O tamanho das partículas foi determinado em um agitador eletromagnético de peneiras (Bertel, VP-01, Caieiras, Brasil), segundo metodologia proposta pela AOAC (2012). No procedimento, amostras de 100g foram peneiradas durante 10min em um conjunto de peneiras (com diâmetro dos orifícios de 1,41, 0,84, 0,71, 0,60, 0,50 e 0,25 mm). Então, as quantidades retidas em cada peneira e na base foram pesadas e expressas em porcentagem. A análise foi realizada em triplicata.

2.2.2 Modificação por ultrassom (FA_U)

A modificação da farinha de araruta com ultrassom (FA_U) foi realizada através de um delineamento central composto rotacional (DCCR), apresentado na Tabela 2.1. As variáveis independentes utilizadas no delineamento foram a intensidade do equipamento (25-99%) e tempo de exposição às ondas ultrassônicas (5-25min), a concentração da farinha de araruta foi fixada em 12%, devido a resultados obtidos em estudos preliminares realizados com outros materiais amiláceos (milho e lírio do brejo). O DCCR foi constituído por um fatorial 2², 4 experimentos axiais e 3 repetições no ponto central, totalizando 11 experimentos. Para determinar o delineamento foi utilizado o software computacional STATISTICA versão 7.0 (STATSOFT, 2007, Tulsa, EUA).

Tabela 2.1 Planejamento central composto rotacional com valores codificados e reais para intensidade e tempo de exposição às ondas ultrassônicas, com 11 experimentos, sendo 3 repetições no ponto central.

Tratamento	Variáveis independentes			
	Variáveis codificadas		Variáveis reais	
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂
1	-1	-1	35,83	7,93
2	+1	-1	88,16	7,93
3	-1	+1	35,83	22,07
4	+1	+1	88,16	22,07
5	-1,414	0	25,00	15
6	+1,414	0	99,00	15
7	0	-1,414	62,00	5
8	0	+1,414	62,00	25
9	0	0	62,00	15
10	0	0	62,00	15
11	0	0	62,00	15

X₁: intensidade (%) e X₂: tempo (min).

Para a modificação por ultrassom, em béquero de vidro de 500ml, foram pesados 14,4g de farinha de araruta e 105,6g de água destilada, posteriormente a mistura foi homogeneizada com o auxílio de uma espátula e levada ao sonicador de ponteira ultrassônica (Eco-Sonics, Desruptor, Indaituba, Brasil). Os onze tratamentos foram submetidos à intensidade (%) e tempo (min) de exposição às ondas ultrassônicas de acordo com o delineamento proposto. Após o tratamento com ultrassom, as amostras foram depositadas em placas de Petri e secas em estufa com circulação de ar forçada (Tecnal, TE-394/3, Piracicaba, Brasil), sob temperatura de 30°C por 12h. As amostras secas foram moídas, em moinho de facas com peneiras de 28 mesh (Tecnal, TE-651/2, Piracicaba, Brasil). Por fim, a farinha foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas sob temperatura de $-13\pm 1^{\circ}\text{C}$ até a realização das análises.

2.2.3 Modificação por tratamento térmico de baixa umidade (TTBU) (FA_{TTBU})

A modificação da farinha de araruta por tratamento térmico de baixa umidade (TTBU) foi realizada de acordo com metodologia proposta por Abraham (1993), com adaptações. Primeiramente o teor de umidade da farinha foi ajustado para 20% e a quantidade de água adicionada foi determinada pela Equação (2.1). A água foi adicionada com auxílio de pulverizador e em seguida, as amostras foram colocadas em embalagens de polietileno de baixa densidade e armazenadas à temperatura de refrigeração ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) para melhor homogeneização da umidade na amostra por 24h.

$$QA = \frac{(UF - UI)}{(100 - UF)} \times PA \quad (\text{Equação 2.1})$$

Onde:

QA: quantidade de água a ser adicionada (g)

UF: umidade final ou desejada

UI: umidade inicial da amostra

PA: peso da amostra (g)

Após 24 h as amostras foram colocadas em autoclave vertical (Phoenix Equipamentos Científicos mod-AV50, Araraquara, Brasil) e aquecidas a 105°C durante 15, 30 e 60 minutos e a 120°C por 15, 30 e 60 minutos, conforma apresentado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 Tratamentos térmico de baixa umidade (TTBU) da farinha de araruta utilizando autoclave variando temperatura (°C) e tempo (min).

Tratamento	Temperatura	Tempo
T1	105	15
T2	105	30
T3	105	60
T4	120	15
T5	120	30
T6	120	60

Após atingir temperatura ambiente, as amostras foram secas em estufa de circulação de ar à 40°C por 8 h. As amostras secas foram moídas, em moinho de facas com peneiras de 28 mesh (Tecnal, TE-651/2, Piracicaba, Brasil). Finalmente, a farinha foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas sob temperatura de -13±1°C até a realização das análises.

2.2.4 Propriedade de hidratação, propriedade de pasta e propriedade térmica das farinhas modificadas (FAu e FATBU)

2.2.4.1 Propriedade de hidratação

As determinações de índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas modificadas foram realizadas segundo a metodologia proposta por Anderson et al (1969), com adaptações. Pesou-se aproximadamente 2g de amostra em tubos de centrífuga, previamente tarados. Adicionaram-se 30ml de água destilada aos tubos, os quais foram agitados

em agitador mecânico tipo Vortex (Tecnal, AP-56, Piracicaba, Brasil) para homogeneização completa das amostras. Em seguida, as amostras foram colocadas em Banho Dubnoff Orbital (Tecnal, TE-0532, Piracicaba, Brasil) com temperatura de 28°C e 80°C, por 30min. Posteriormente, após atingirem temperatura ambiente as amostras foram centrifugadas durante 10min a 3000rpm. Foram colocados em placa de Petri, previamente taradas, 10ml do líquido sobrenadantes e submetidas ao processo de secagem em estufa com circulação de ar durante 8 horas a 105°C. As placas foram pesadas e o ISA encontrado a partir da Equação (2.2).

$$ISA = \left[\left(\frac{MRE}{MA} \right) \times 3 \right] \times 100 \quad (\text{Equação 2.2})$$

Onde:

ISA: índice de solubilidade em água ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$)

MRE: massa do resíduo de evaporação (g).

MA: massa da amostra (g).

Após a retirada do líquido sobrenadante, pesou-se os tubos de centrífuga e calculou-se o IAA, de acordo com a Equação (2.3).

$$IAA = \frac{MRC}{MA} \quad (\text{Equação 2.3})$$

Onde:

IAA: índice de absorção de água ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$)

MRC: massa do resíduo da centrifugação (g).

2.2.4.2 Propriedades de pasta

O perfil viscoamilográfico dos tratamentos da FA_U e FA_{TTBU} foi determinado de acordo com a metodologia 61.02.01 (AACC, 2012) através de equipamento Rapid Visco Analyser (RVA 4500, Perten Instruments, Hägersten, Suécia) com os parâmetros de velocidade máxima de 960rpm e velocidade para gelatinização em 160rpm, temperatura mínima de 50°C e temperatura máxima de 95°C, utilizando padrão de umidade de 14% com 3,5g de amostra para 25 ml de água destilada. Os dados foram calculados através de software computacional (TCW3, ThermoCline for Windows v3, Sidney, Austrália) acoplado ao sistema RVA, obtendo através das curvas de viscosidade os valores de viscosidade de pico (VP), viscosidade de quebra (VQ), viscosidade final (VF) e tendência a retrogradação (TR).

2.2.4.3 Propriedades térmicas

A análise do comportamento térmico das farinhas foi realizada de acordo com a Calorimetria Diferencial de Varredura (TA Instruments, Q20, Newcastle, Reino Unido), segundo metodologia descrita por Weber, Collares-Queiroz e Chang (2009). Foram pesados 2mg de amostra em porta amostras de alumínio e adicionado 6 μ L de água destilada, por fim selou-se com prensa específica. Realizou-se o procedimento hermético, com fluxo de calor de -40 a 10Wg⁻¹ com variação de temperaturas de 40 a 120 °C, com taxa variação de temperatura de 10 °C/min. A variação de entalpia de gelatinização (ΔH_{gel}) foi determinada com auxílio do aplicativo TA Universal Analysis (TA Instruments, New Castle, Reino Unido).

2.2.5 Seleção dos melhores tratamentos

Para seleção do tratamento mais desejado para a produção de massas alimentícias foi realizado o teste de desejabilidade para a FA_U, que é utilizado para determinar as melhores condições ótimas de ajuste de um processo, tornando possível a otimização simultânea de múltiplas respostas, de forma que as melhores condições resposta são obtidas simultaneamente através da minimização, maximização ou especificação de valores nominais, dependendo da condição mais conveniente ao processo (WANG; WAN, 2009). Já para a seleção do melhor tratamento da FA_{TTBU} foi aplicado o teste de Tukey, com posterior avaliação de qual dos tratamentos mais se adequam às condições estabelecidas como favoráveis para a produção de massas alimentícias.

Os critérios tidos como adequados para a produção de massas maior índice de absorção de água a 28°C, para melhorar o rendimento após o cozimento, e menor índice de solubilidade em água a 80°C, objetivando a baixa perda de sólidos na água. Para realização dos testes foi utilizado o software computacional STATISTICA versão 7.0 (STATSOFT, 2007, Tulsa, EUA).

2.2.6 Análises da FA e tratamentos selecionados da FA_U e FA_{TTBU}

2.2.6.1 Propriedade de hidratação, propriedade de pasta e propriedade térmica

As análises de IAA e ISA foram realizadas segundo metodologia proposta por Anderson et al. (1969), descrita no item 2.2.4.1. As propriedades de pasta [viscosidade de pico (VP), viscosidade de quebra (VQ), viscosidade final (VF) e tendência a retrogradação (TR)] e propriedade térmica [entalpia de gelatinização (ΔH), temperatura inicial (T_0), temperatura de pico (T_p), temperatura final de gelatinização (T_c) e temperatura de transição vítrea (T_g)] foram determinadas de acordo com metodologia descrita nos itens 2.2.4.2 e 2.2.4.3, respectivamente.

2.2.6.2 Composição proximal

A análise da composição proximal foi realizada de acordo com os métodos propostos pela AOAC (2012). O teor de umidade foi determinado por secagem em estufa à 105°C, até peso constante. A determinação de cinzas foi realizada pelo método gravimétrico de incineração, em forno mufla a 550°C. O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl, considerando-se o fator de conversão para proteína de 6,25. O teor de lipídios foi determinado após a extração com éter de petróleo em extrator Soxhlet. As fibras totais foram determinadas por método gravimétrico-enzimático com utilização de enzimas (α -amilase, protease e amiloglicosidase). O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença, por meio da equação: Carboidratos = 100 – (% umidade + % cinzas + % proteínas + % lipídios). Todas as análises foram realizadas em triplicata com três repetições, os resultados das análises de foram expressos em g·100g⁻¹.

2.2.6.3 Atividade de água e potencial hidrogeniônico

Para a determinação da atividade de água (Aa), foi utilizado um higrômetro eletrônico digital Aqua-Lab (CX- 2, Washington, Estados Unidos), a temperatura constante de 25°C. A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada utilizando-se potenciômetro digital (Tecnal, TEC-51, Piracicaba, Brasil), previamente calibrado com soluções tampão de pH 4 e pH 10, com inserção do eletrodo em 5g de amostra diluída em 100ml de água, segundo metodologia proposta pela AOAC (2012). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.2.6.4 Parâmetros instrumentais de cor

Os parâmetros instrumentais de cor foram determinados em colorímetro (Konica Minolta, BC-10, Japão), em triplicata com três repetições. Foi realizada a calibração em superfície branca, para obter um padrão e então realizar as leituras. Os resultados serão expressos em L*, a* e b*. Os valores de a* e b* foram utilizados para cálculo do croma (C*) e do ângulo Hue (H°), através das Equações (2.4) e (2.5) respectivamente.

$$C = \sqrt{(a^*^2 + b^*^2)} \quad (\text{Equação 2.4})$$

$$H^\circ = \arctg \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Equação 2.5})$$

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.3.1 Rendimento, teor de amido e granulometria da farinha de araruta

A farinha de araruta apresentou rendimento, de 33,68%, valor esse inferior ao encontrado por Santos (2017) que avaliou o rendimento da farinha de araruta da variedade comum colhida em Seropédica – RJ e encontrou rendimento de 46,92%. Entretanto, é superior ao valor encontrado por Aprianita et al. (2013) de 32,00% para o rendimento da farinha da araruta cultivada na Indonésia. O valor encontrado para teor de amido da farinha de araruta foi de $53,61\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, inferior ao encontrado por Aprianita et al. (2013) que foi de $62,30\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. As divergências encontradas tanto para o rendimento da farinha, quanto para o teor de amido podem ser explicadas devido às diferenças de plantio e colheita da planta ou diferenças no método de processamento da farinha.

O resultado da análise granulométrica da farinha de araruta está apresentado na Tabela 2.3. Observa-se que 85,48% da FA ficou retida na peneira de 32 *mesh*, evidenciando uma distribuição de partículas relativamente homogênea. Segundo Carvalho et al. (2012) é desejável que as partículas sejam uniformes em relação a tamanho e densidade, pois, este parâmetro pode afetar expressivamente a textura e a uniformidade do produto final.

Tabela 2.3 Percentual de amostra retida nas peneiras durante a distribuição granulométrica da farinha de araruta crua (FA).

<i>Mesh</i>	Abertura (mm)	FA ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)
14	1,41	0,05
20	0,84	1,79
24	0,71	3,46
28	0,60	9,16
32	0,50	85,48
60	0,25	0,03
Fundo	0	0,05

2.3.1 Farinha de araruta modificada por tratamento com ultrassom

Os dados obtidos para propriedades de hidratação, propriedades de pasta e propriedade térmica da farinha de araruta modificada por tratamento com ultrassom (FA_U) estão apresentados no APÊNDICE A. Os modelos de regressão ajustados, com seus níveis de significância (p), coeficientes de determinação (R^2) e faltas de ajuste (FA_j) estão apresentados na Tabela 2.4. Os termos não significativos foram retirados, obtendo-se modelos ajustados mais adequados para descrever as respostas em função das variáveis independentes, assim, todos os

modelos tiveram ajuste. Todos os modelos de regressão ajustados foram significativos com p variando entre 0,003 e 0,048.

Tabela 2.4 Modelo de regressão ajustado, nível de significância (p) coeficiente de determinação (R^2) e falta de ajuste (FAj) para índice de absorção de água (IAA 28°C), índice de solubilidade em água (ISA) em diferentes temperaturas (28 e 80°C), viscosidade de pico (VP), viscosidade de quebra (VQ), viscosidade final (VF), tendência a retrogradação (TR) e entalpia de gelatinização (ΔH) das farinhas modificadas por ultrassom em função da intensidade de irradiação (X_1) e tempo de irradiação (X_2).

	Modelo	p	R^2	FAj
IAA 28°C	$y = 6,82 + 0,28X_1 - 1,10X_1^2 + 0,53X_2 - 0,99X_2^2$	0,029	0,96	0,19
ISA 28°C	$y = 23,07 - 3,95X_1^2 - 5,12X_2^2$	0,003	0,82	0,00
ISA 80°C	$y = 35,30 + 5,29X_1 - 5,97X_1^2 + 5,89X_2 - 5,64X_2^2 + 3,35X_1X_2$	0,006	0,99	0,04
VP	$y = 154,96 - 423,91X_1 + 420,78X_1^2 - 521,82X_2 + 380,02X_2^2$	0,014	0,92	0,09
VQ	$y = 4,38 - 159,23X_1 + 184,58X_1^2 - 294,95X_2 + 193,71X_2^2$	0,008	0,94	0,00
VF	$y = 230,97 - 386,12X_1 + 348,49X_1^2 - 360,10X_2 + 269,10X_2^2$	0,048	0,89	0,14
TR	$y = 80,33 - 121,44X_1 + 112,29X_1^2 - 133,23X_2 + 82,78X_2^2$	0,026	0,93	0,09
ΔH	$y = 0,663 - 3,29X_1 + 3,31X_1^2 - 3,82X_2 + 3,11X_2^2$	0,027	0,87	0,04

Valores em *itálico*: apesar de não apresentar efeito significativo a 5% de probabilidade, foram mantidos para melhor ajuste do modelo.

Partindo dos modelos ajustados para cada uma das respostas foram traçados gráficos que apresentaram a variação das respostas em função da intensidade de irradiação (%) e tempo de irradiação (min). Na Figura 2.1 é possível observar a superfície de resposta que representa o comportamento da absorção de água e da solubilidade em água da FA_U. Os pontos brancos apresentados na superfície tridimensional são as médias dos dados experimentais.

O processo de modificação da farinha de araruta com ultrassom proporcionou um aumento no IAA a 28°C quando comparada com a farinha de araruta crua ($3,23 \text{ g}_{\text{gel}} \cdot \text{g}_{\text{matéria seca}}^{-1}$). Os maiores valores de IAA a 28°C foram observados em condições intermediárias de intensidade e tempo, como pode ser observada na área de cor vermelho escuro no gráfico (Figura 2.1A). O maior valor de IAA a 28°C ($6,99 \text{ g}_{\text{gel}} \cdot \text{g}_{\text{matéria seca}}^{-1}$) foi obtido no tratamento com intensidade de 62% e tempo de 15 minutos. Os valores maiores de IAA da farinha modificada em relação à farinha de araruta crua são considerados desejáveis na elaboração de produtos panificados e de preparo rápido, como por exemplo, massas alimentícias, pois, segundo Clerici e El-Dash (2008) permite que se adicione mais água na produção da massa, melhorando as características de manuseio e evitando que o produto resseque durante o armazenamento.

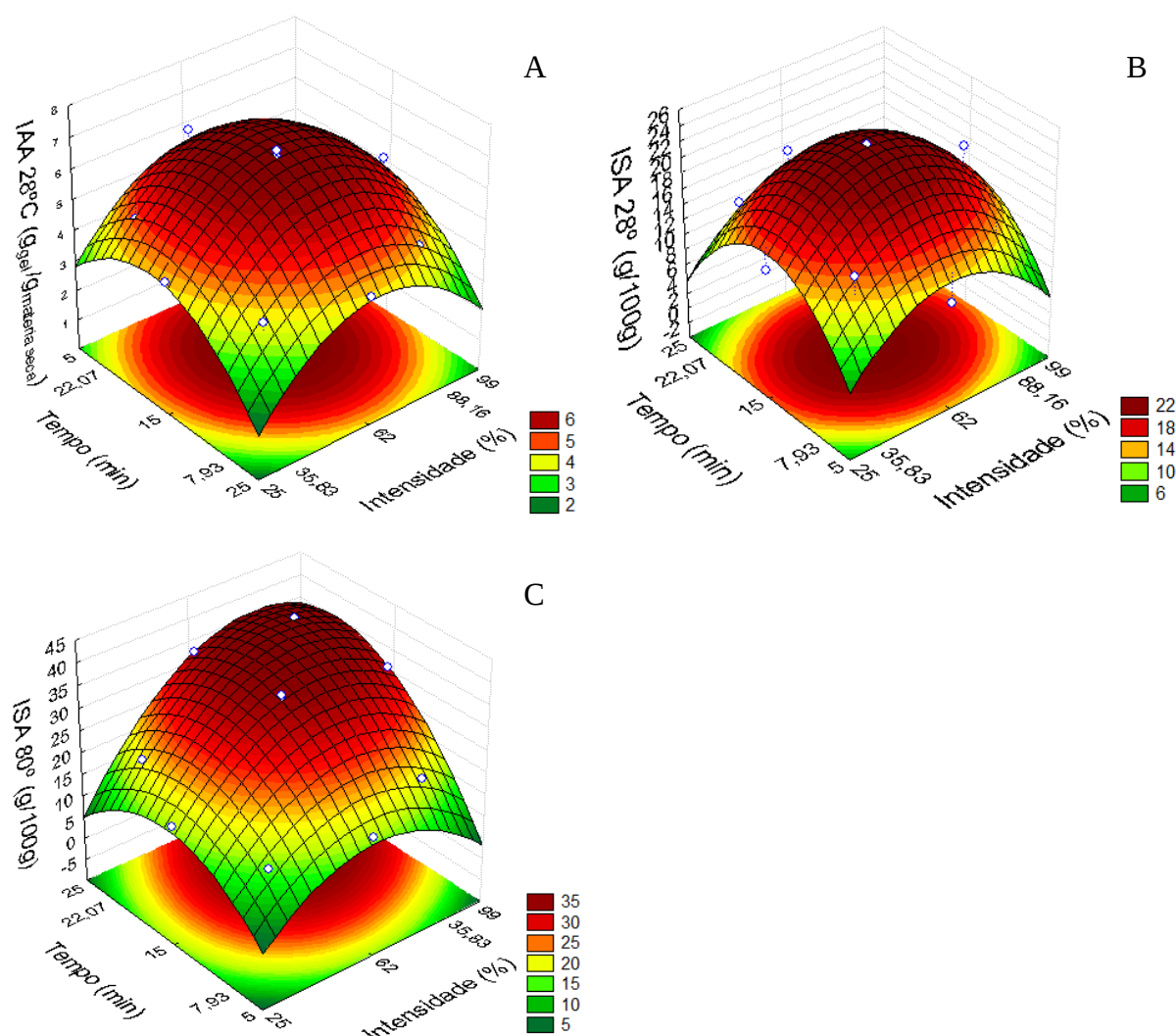


Figura 2.1 Propriedades de hidratação da farinha de araruta modificada por ultrassom variando intensidade (%) e tempo (min). A: Índice de absorção de água [IAA 28°C] ($\text{g}_{\text{gel}} \cdot \text{g}_{\text{matéria seca}}^{-1}$); B: Índice de Solubilidade em Água [ISA 28°C] ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$); e C: Índice de Solubilidade em Água [ISA 80°C] ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$).

O processo de modificação da farinha de araruta com ultrassom também proporcionou um aumento no ISA a 28°C quando comparada com a farinha de araruta crua ($12,51\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$). Maiores valores de ISA a 28°C podem ser observados na região de cor vermelho escuro no gráfico (Figura 2.1B), que apresenta ISA da farinha de araruta modificada por ultrassom superior a $22\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ com intensidade e tempo de 62% e 15 minutos, respectivamente. O aumento do ISA é proporcional ao aumento da temperatura (80°C), na Figura 2.1C é possível observar que na região de cor vermelho escuro no gráfico, entre os tratamentos que variavam intensidade de 62% e tempo de 15 minutos, o ISA é superior a $35\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$.

Os maiores índices de IAA e ISA, se deram provavelmente devido a pré-gelatinização do amido, que foi obtida através do processo físico de modificação. Para Clericici e El—Dash

(2008) a pré-gelatinização confere ao amido características de maior absorção e solubilidade em água e formação de gel em água fria. A aplicação de amidos pré-gelatinizados em massas alimentícias contribui para um melhor resultado final, com massa mais homogênea e melhor textura após o cozimento (SCHMIELE et al., 2013).

Na Figura 2.2 é possível observar a superfície de resposta que representa o comportamento da farinha de araruta modificada por ultrassom, em relação às propriedades de pasta (VP, VQ, TR e VF) e térmica (ΔH).

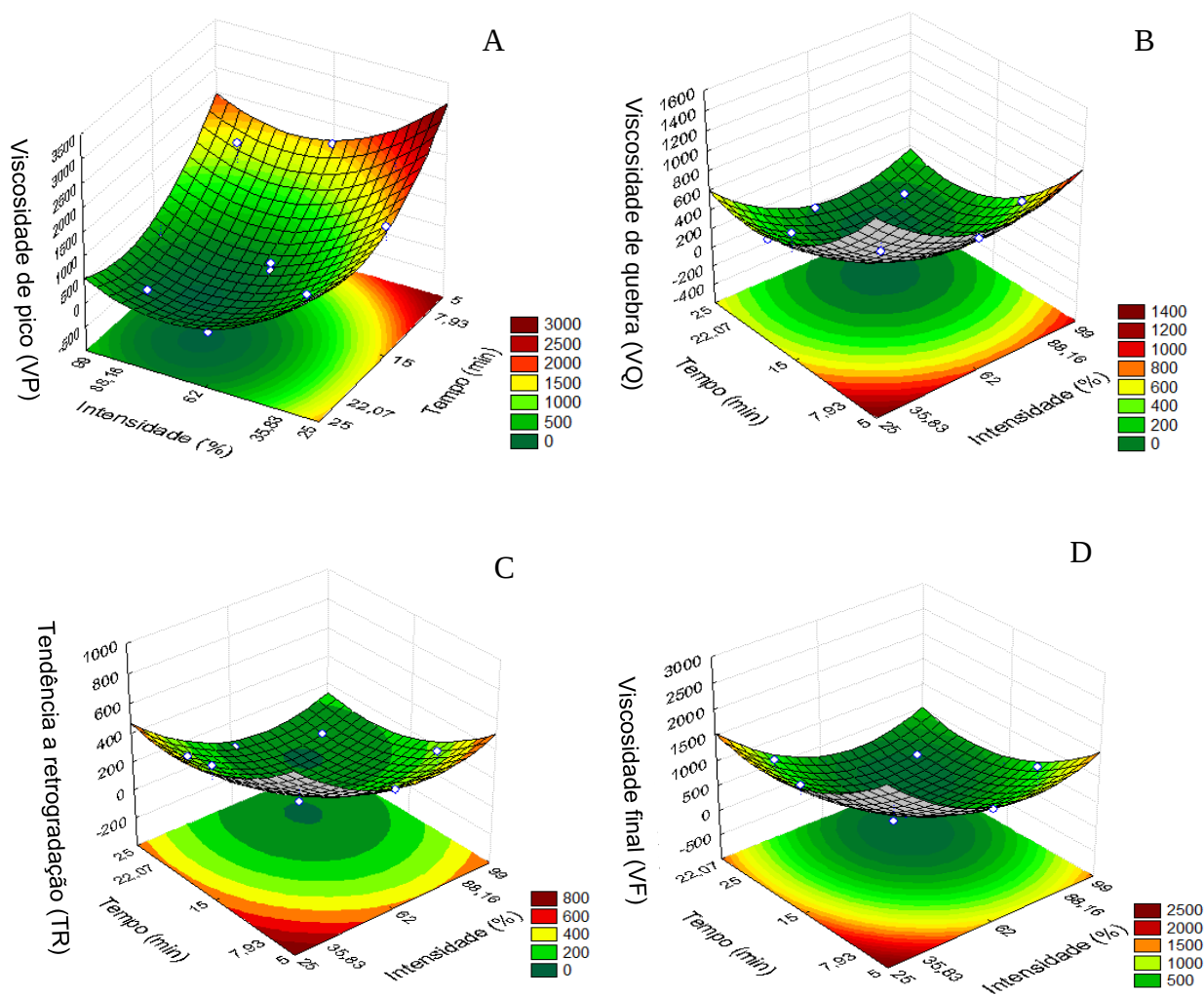


Figura 2.2 Propriedades de pasta e propriedade térmica da farinha de araruta modificada por ultrassom variando intensidade (%) e tempo (min). A: viscosidade de pico (VP); B: viscosidade de quebra (VQ); C: tendência de retrogradação (TR); D: viscosidade final (VF); e E: entalpia de gelatinização (ΔH).

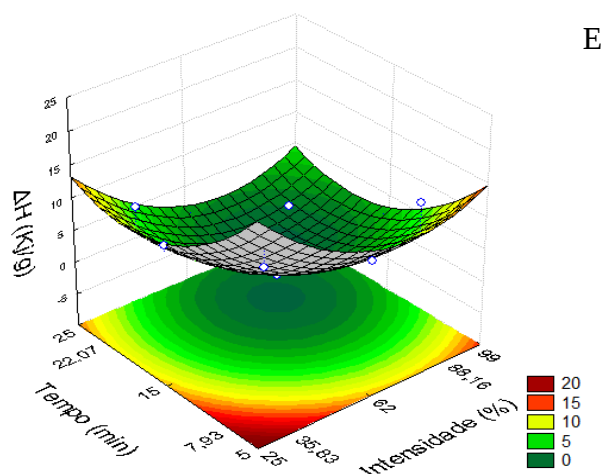


Figura 2.2 Propriedades de pasta e propriedade térmica da farinha de araruta modificada por ultrassom variando intensidade (%) e tempo (min). A: viscosidade de pico (VP); B: viscosidade de quebra (VQ); C: tendência de retrogradação (TR); D: viscosidade final (VF); e E: entalpia de gelatinização (ΔH). (Continuação)

Para as amostras de farinha de araruta modificada por ultrassom, os menores valores observados de viscosidade de pico (VP) foram em tratamentos que utilizaram tempo de exposição às ondas sonoras entre 15 e 22 minutos, representada na região verde do gráfico (Figura 2.2A). Para que massas alimentícias apresentem melhor qualidade de cozimento, o amido deve ter alto grau de gelatinização, o que implica segundo Caperuto, Amaya-Farfan e Camargo (2001) em uma baixa viscosidade de pico em relação a VP da farinha. Portanto, os tratamentos de ultrassom com tempo intermediário de exposição são mais favoráveis para a produção de massas instantâneas.

Os menores valores de viscosidade de quebra (VQ) para as amostras de FA_U estão representados no gráfico (Figura 2.2B) na área de cor verde escuro, quando os tratamentos com ultrassom variavam a intensidade entre 62 e 99% por 15 a 22 minutos. A VQ por avaliar a estabilidade do amido, quando submetido a agitação mecânica em altas temperaturas, é um parâmetro importante para elaboração de produtos pré-cozidos pois indica a capacidade do alimento em manter sua integridade ao ser cozido (TEBA; ASCHIERI; CARVALHO, 2009). Sendo assim, os menores valores de VQ encontrados nos tratamentos de modificação são favoráveis à produção de alimentos com farinhas pré-gelatinizadas.

Os menores valores de TR para as amostras de FA_U estão representados no gráfico (Figura 2.2C) na área de cor verde, quando as amostras foram submetidas a tratamento com intensidade entre 62 e 99% e tempo de 15 a 22 minutos. Segundo Limberger et al. (2008) quanto menor a TR menor a sinerese no produto depois de resfriado, sendo, essas farinhas recomendadas para a produção de alimentos prontos para o consumo, refrigerados ou

congelados, com a intenção de se diminuir a sinerese durante o armazenamento ou após o descongelamento do produto.

Para as amostras de farinha de araruta modificada por ultrassom, os maiores valores observados de VF estão na área de cor verde clara no gráfico (Figura 2.2D), com amostras submetidas a tratamento com intensidade entre 62 e 99% e tempo entre 15 e 22 minutos. A VF está relacionada com a retrogradação do amido e corresponde à viscosidade a ser desenvolvida no produto final, portanto, farinhas com baixo valor de VF, segundo Fernández Muñoz et al. (2011) proporcionam sopas com características satisfatórias de cremosidade, homogeneidade e textura, mesmo após o seu preparo, em temperaturas mais amenas.

Os menores valores de entalpia de gelatinização (ΔH) encontrados nos tratamentos da FA_U, estão representados na área verde escuro no gráfico (Figura 2.2E). Os menores valores de ΔH foram encontrados nos tratamentos T4, T6 e T8 que utilizaram intensidade de 88, 99 e 62%, respectivamente, e tempo de exposição de 22, 15 e 25 minutos, respectivamente. Demonstrando que a FA_U quando submetida a tratamentos com maior intensidade e tempo, apresentam um menor gasto energético no processo de gelatinização.

O teste de desejabilidade é utilizado para otimização das respostas de um planejamento fatorial, envolvendo a transformação das variáveis dependentes estimadas pelos modelos estatísticos, a escala de desejabilidade pode variar de 0 (resposta inaceitável) a 1 (resposta desejada) (HARRINGTON, 1965). A partir dos resultados obtidos das propriedades de hidratação da FA_U realizou-se o teste de desejabilidade (Figura 2.3).

As condições tidas como adequadas para a produção de massas alimentícias foram as que apresentaram maior índice de absorção de água a 28°C e menor índice de solubilidade em água a 80°C. Os melhores parâmetros para a modificação, expressos em valores reais, são intensidade de 43,5% e tempo de 15 minutos. O resultado da validação da modificação da farinha de araruta com ultrassom nos parâmetros adotados como mais desejáveis de acordo com os modelos pré-estabelecidos para as análises de propriedades de hidratação, de pasta e térmica esta apresentado no APÊNDICE B.

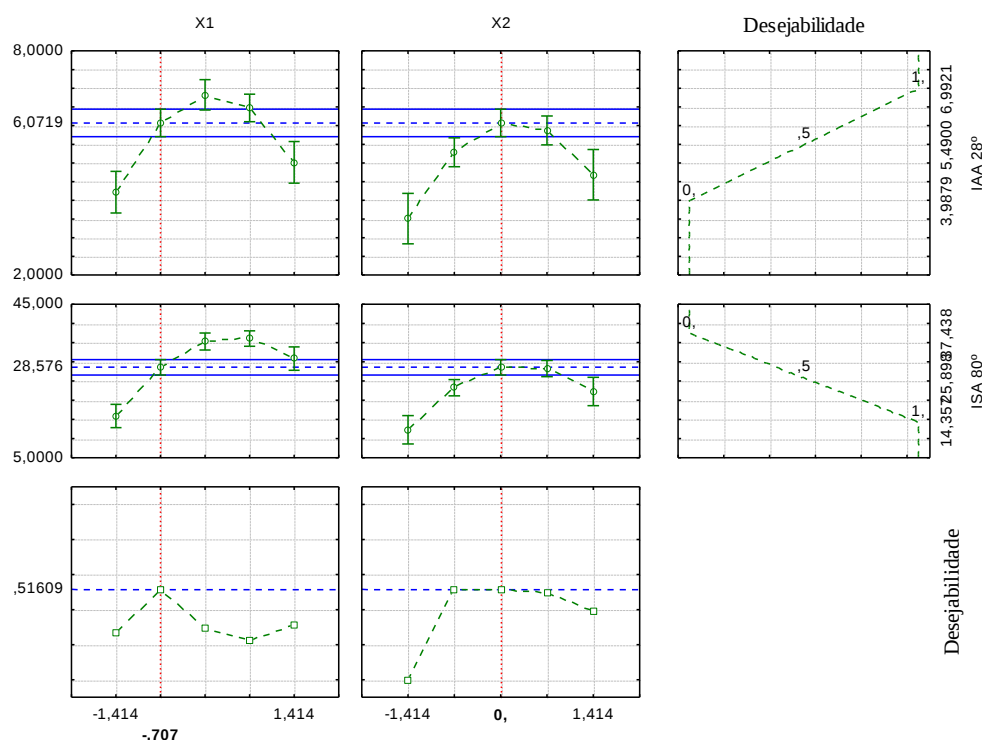


Figura 2.3 Teste de desejabilidade da farinha de araruta utilizando as características de índice de absorção de água a 28°C e índice de solubilidade em água a 80°C.

2.3.2 Farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade

Na Tabela 2.5 tem-se a média das propriedades de hidratação (IAA 28°C, ISA 28°C e ISA 80°C), propriedades de pasta (VP, VQ, VF e TR) e propriedade térmica (ΔH) da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (TTBU). A análise de variância dos fatores e regressão para estes fatores encontram-se no APÊNDICE C.

O Tratamento 1 (T1) foi o que apresentou valor significativamente maior IAA 28°C, entre todos os tratamentos, indicando uma maior absorção de água da farinha de araruta modificada com TTBU quando se utilizou menor temperatura (105°C) e menor tempo (15 min). Já em relação a solubilidade em água, o T2 (105°C e 30 minutos) foi o que apresentou maior diferença significativa em relação aos outros tratamentos, apresentando um maior ISA à temperatura de 28°C. No entanto, todos os tratamentos apresentaram valores de IAA e ISA maiores do que os apresentados pela farinha de araruta crua, esses maiores índices podem estar relacionados à pré-gelatinização do amido através do tratamento térmico de baixa umidade. E, portanto, apresentando características desejáveis de maior absorção e maior solubilidade e formação de gel em água fria com potencial aplicação em massas alimentícias, com o intuito de melhores resultados finais (CLERICI; EL-DASH, 2008; SCHMIELE et al., 2013).

Tabela 2.5 Média e desvio-padrão do índice de absorção de água (IAA 28°C), índice de solubilidade de água (ISA) em diferentes temperaturas (28 e 80°C), viscosidade de pico (VP), viscosidade de quebra (VQ), viscosidade final (VF), tendência a retrogradação (TR) e entalpia de gelatinização (ΔH) nos diferentes tratamentos de farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}) variando tempo e temperatura.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
IAA 28°C	5,02 ^a ± 0,15	3,52 ^c ± 0,10	3,81 ^c ± 0,13	4,43 ^b ± 0,06	3,55 ^c ± 0,05	3,94 ^c ± 0,19
ISA 28°C	13,68 ^{bc} ± 0,33	15,34 ^a ± 0,28	12,30 ^d ± 0,32	12,82 ^{cd} ± 0,33	12,71 ^{cd} ± 0,59	14,41 ^{ab} ± 0,55
ISA 80°C	16,51 ^b ± 0,70	18,02 ^b ± 0,65	16,84 ^b ± 0,07	17,32 ^b ± 0,64	26,31 ^a ± 0,92	26,27 ^a ± 1,19
VP	568,00 ^a ± 1,41	217,50 ^b ± 7,78	60,50 ^d ± 2,12	276,00 ^c ± 2,83	45,50 ^e ± 0,71	42,00 ^e ± 0,00
VQ	172,00 ^a ± 2,83	17,00 ^b ± 0,83	4,00 ^b ± 0,00	29,00 ^b ± 0,00	3,00 ^b ± 0,00	2,00 ^b ± 0,03
VF	495,00 ^a ± 11,0	286,00 ^b ± 5,66	85,50 ^c ± 3,79	337,00 ^b ± 1,41	64,00 ^c ± 1,41	59,50 ^c ± 2,12
TR	64,00 ^a ± 0,74	85,50 ^a ± 0,71	47,83 ^a ± 1,82	90,00 ^a ± 1,41	21,50 ^a ± 1,12	19,50 ^a ± 0,71
ΔH	6,32 ^c ± 0,29	9,31 ^a ± 0,43	9,78 ^a ± 0,45	7,75 ^b ± 0,32	7,64 ^b ± 0,36	10,31 ^a ± 0,24

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de viscosidade de pico (VP), viscosidade de quebra (VQ) e viscosidade final (VF) foram significativamente maiores no T1, quando se utilizou no tratamento da farinha de araruta com menor temperatura (105°C) e menor tempo de exposição (15 minutos). Em relação a viscosidade de pico, quando os tratamentos não são muito severos, como no caso do T1 (baixa temperatura e tempo), segundo Teba, Ascheri e Carvalho (2009), uma determinada porcentagem de grânulos de amido pode conservar parte da estrutura amilácea, e, portanto, apresentarem valores relativamente altos de viscosidade de pico, devido ao maior número de grânulos em condição de intumescimento, quando não passam por tratamentos muito severo. Em relação à viscosidade de quebra Gomez e Aguilera (1983), afirmam que a VQ depende da temperatura, sendo normalmente alto para tratamentos com baixas temperaturas, devido à quantidade de grânulos de amido ainda disponíveis para serem gelatinizados.

O T1 apresentou valor de ΔH significativamente menor do que os outros tratamentos, demonstrando que a farinha de araruta modificada com tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}) quando submetida a menor temperatura e tempo de exposição, 105°C e 15 min, apresenta um menor gasto energético no processo de gelatinização.

No caso de produção de massas alimentícias, cuja característica de qualidade é baixa perda de sólidos na água do cozimento e aumento de massa intermediário, de acordo com Clerici e El-Dash (2008) é indicado o uso de farinhas modificadas com baixo ISA e maior IAA. Portanto, seguindo os parâmetros de seleção da melhor modificação para aplicação da farinha em massas alimentícias, o tratamento mais favorável é o T1, no qual utilizou-se temperatura de 105°C por 15 minutos para realização da modificação da farinha de araruta.

2.3.3 Caracterização da FA e tratamentos selecionados da FA_U e FA_{TTBU}

Os valores encontrados para propriedades de hidratação (IAA e ISA), propriedades de pasta (VP, VQ, VF e TR) e propriedade térmica (ΔH) para as farinhas crua e modificadas de acordo com os tratamentos mais favoráveis, estão apresentados na Tabela 2.6. A análise de variância dos fatores e regressão para estes fatores encontram-se no APÊNDICE D.

Tabela 2.6 Média e desvio-padrão do índice de absorção de água (IAA); índice de solubilidade em água (ISA); viscosidade de pico (VP); viscosidade de quebra (VQ); viscosidade final (VF); tendência a retrogradação (TR); temperatura inicial de gelatinização (T_i); temperatura de gelatinização (T_g); temperatura final de gelatinização (T_f) e entalpia de gelatinização (ΔH_{gel}) da farinha de araruta crua (FA), farinha de araruta modificada com ultrassom (FA_U) e farinha de araruta modificada com tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Característica	FA	FA _U	FA _{TTBU}
IAA	2,52 ^c ± 0,14	5,50 ^a ± 0,11	5,02 ^b ± 0,15
ISA	11,72 ^c ± 0,62	15,24 ^a ± 0,39	13,68 ^b ± 0,33
VP	1100,50 ^a ± 13,50	1127,00 ^a ± 2,83	568,00 ^b ± 1,41
VQ	612,50 ^a ± 16,26	404,00 ^b ± 14,14	172,00 ^c ± 2,83
VF	673,0 ^b ± 2,83	1063,50 ^a ± 19,09	605,00 ^c ± 1,41
TR	185,00 ^b ± 0,00	340,50 ^a ± 7,78	134,50 ^c ± 6,36
T_i	65,61 ^b ± 1,33	65,74 ^b ± 1,17	73,39 ^a ± 0,05
T_g	78,92 ^b ± 0,02	78,08 ^c ± 0,00	82,76 ^a ± 0,19
T_f	89,64 ^a ± 1,46	86,72 ^b ± 0,61	89,11 ^{ab} ± 0,75
ΔH_{gel}	11,96 ^a ± 0,55	6,13 ^b ± 0,130	6,32 ^b ± 0,35

Médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O IAA da farinha de araruta crua apresentou valor significativamente menor do que as farinhas modificadas. A justificativa seria o fato do amido nativo apresentar estrutura cristalina que limita a absorção e solubilização dos grânulos em água, portanto, quando em contato com a água fria os grânulos de amido incham ligeiramente, de 10 a 20% (DENARDIN; SILVA, 2009; WHO/FAO, 1998). O valor do IAA está relacionado com a disponibilidade dos grupos hidrofílicos em se ligarem às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido, assim, altos valores de IAA são consequências de uma maior gelatinização, ou seja, um maior número de hidroxilas disponíveis para formar ligações de hidrogênio com a água (CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002; CLERICI; EL-DASH, 2008). A FA_U foi a que apresentou maior IAA em relação às outras farinhas analisadas, e segundo Clerici e El-Dash (2008) farinhas com maiores índices de absorção de água são consideradas mais desejáveis na elaboração de massas alimentícias, pois é possível adicionar um maior volume de água na produção, melhorando o manuseio da massa e evitando o ressecamento do produto durante o armazenamento.

A modificação por ultrassom aumentou o ISA da farinha de araruta significativamente em relação a FA e FA_{TTBU}. O aumento da ISA na FA_U, possivelmente, pode estar relacionado com o efeito do tratamento de ultrassom, pois segundo Singh et al. (2003) a sonicação provoca danos na estrutura semicristalina do amido, deixando os grupamentos hidroxilas livres para se ligarem às moléculas de água, por meio de ligação de hidrogênio. Visto que, o índice de solubilidade em água (ISA) é um parâmetro que mede a degradação do amido, o aumento desse índice indica uma elevação do número de moléculas fragmentadas solúveis em água (HERNÁNDEZ-DÍAZ et al., 2007; SINGH et al., 2003).

Com a elevação da temperatura os grânulos de amido presentes nas farinhas de araruta crua e modificadas, iniciaram o processo de inchamento aumentando sua viscosidade, até a temperatura de 95°C. A FA_{TTBU} apresentou viscosidade de pico (VP) significativamente mais baixa que a FA, a justificativa pode ser, segundo Teba, Ascheri e Carvalho (2009) devido ao fato de que em alguns casos o tratamento térmico destrua a estrutura cristalina do amido de tal maneira que, no ciclo de aquecimento, o viscoamilograma apresente ausência de pico e valores baixos de viscosidade. Apesar de não significativamente, a viscosidade de pico (VP) da FA_U foi maior do que a FA, provavelmente devido ao fato do tratamento por ultrassom ter conservado parte da estrutura amilácea de uma determinada porcentagem de grânulos de amido. Para Teba, Ascheri e Carvalho (2009) valores relativamente altos de viscosidade de pico, são devido ao maior número de grânulos de amido em condição de intumescimento.

A FA apresentou valor de VQ significativamente maior do que as FA_U e FA_{TTBU}, conferindo a farinha de araruta crua uma menor estabilidade quando comparada com as demais farinhas. A viscosidade de quebra (VQ) é importante para que se possa avaliar a estabilidade do amido quando submetido a altas temperaturas e agitação mecânica, esta variável relaciona-se diretamente com a capacidade de o produto manter sua integridade durante o cozimento (TEBA; ASCHERI; CARVALHO, 2009).

A FA_U apresentou valores de TR e VF significativamente maiores em relação a FA e FA_{TTBU}. A tendência a retrogradação (TR) implica diretamente no aumento da VF, uma vez que, está relacionada com o ciclo de resfriamento e a retrogradação do amido, quando ocorre a reorganização da cadeia de amido e o reagrupamento entre as frações de amilose e amilopectina e o aumento da viscosidade final (CARVALHO et al., 2010). Os maiores valores de VF encontrados para FA_U, segundo Augusto-Ruiz (2003) podem ser um fator positivo ocasionado pela modificação, pois farinhas com maior viscosidade podem ser utilizadas na preparação de produtos que requerem temperaturas mais baixas para ficarem prontos, como é o caso de alimentos instantâneos, como por exemplo, macarrões.

Aprianita et al. (2013) ao estudarem as propriedades térmicas da farinha de araruta encontraram valores maiores de T_i (69,6°C) e menores para T_g (74,8°C), T_f (80,9°C) e ΔH (2,9J/g) quando comparado com os valores obtidos da farinha de araruta crua deste estudo, no entanto, os mesmo autores afirmam que características genéticas, ambientais, período da colheita e variações sazonais podem causar diferenças nesses parâmetros. O principal efeito que as modificações promoveram foi a redução do gasto energético necessário para realização da gelatinização (ΔH_{gel}), uma vez que a FA_U e FA_{TTBU} apresentaram entalpia de gelatinização relativamente menor do que a FA. A temperatura de gelatinização foi menor na FA_U, sendo, portanto, nesse quesito mais vantajosa, uma vez que farinhas e amidos com menor temperatura de gelatinização podem proporcionar um cozimento mais fácil, de maneira que se reduz o tempo e o calor na etapa de cozimento (SNOW; O'DEA, 1981).

Os valores médios da composição proximal, atividade de água, potencial hidrogeniônico e parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* , b^* , C^* e H°) da farinha de araruta crua (FA), farinha de araruta modificada com ultrassom (FA_U) e farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}) estão representados na Tabela 2.7. A análise de variância dos fatores e regressão para estes fatores podem ser observados no APÊNDICE E.

Tabela 2.7 Média e desvio-padrão da composição proximal, atividade de água (Aa), potencial hidrogeniônico (pH) e parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* , b^* , C^* e H°) da farinha de araruta (FA), farinha de araruta modificada com ultrassom (FA_U) e farinha de araruta modificada com tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Característica	FA	FA _U	FA _{TTBU}
Umidade ¹	6,53 ^a ± 0,13	6,60 ^a ± 0,15	6,60 ^a ± 0,21
Cinzas ¹	4,87 ^a ± 0,12	4,86 ^a ± 0,09	4,89 ^a ± 0,15
Proteína ¹	6,14 ^a ± 0,16	6,19 ^a ± 0,06	6,16 ^a ± 0,04
Lipídio ¹	0,57 ^a ± 0,02	0,59 ^a ± 0,02	0,57 ^a ± 0,02
Carboidrato ¹	81,89 ^a ± 0,34	81,76 ^a ± 0,22	81,78 ^a ± 0,28
Fibra alimentar total ¹	3,67 ^a ± 0,01	3,71 ^a ± 0,01	3,70 ^a ± 0,04
Atividade de água (Aa)	0,345 ^a ± 0,045	0,374 ^a ± 0,017	0,386 ^a ± 0,007
Potencial hidrogeniônico (pH)	6,67 ^a ± 0,03	6,66 ^a ± 0,02	6,63 ^a ± 0,02
Cor	L^*	83,48 ^b ± 0,22	85,22 ^a ± 0,38
	a^*	1,47 ^c ± 0,10	1,90 ^b ± 0,09
	b^*	14,33 ^a ± 0,54	12,95 ^b ± 0,18
	Croma (C^*)	14,41 ^a ± 0,54	13,09 ^b ± 0,19
Ângulo Hue (H°)	84,37 ^a ± 0,42	81,66 ^b ± 0,29	80,60 ^c ± 0,36

Médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹ g·100g⁻¹ (base seca).

Não houve diferença significativa na composição proximal das farinhas de araruta crua e modificadas. Gonçalves (2013), também observou em seu estudo com amido de pinhão tratado com ultrassom que não houve diferença significativa entre o amido de pinhão cru e

modificado quanto a umidade, cinzas, proteína, lipídio e fibra alimentar. Silva et al. (2017) em seu estudo de farinha de grão de arroz modificada com tratamento térmico de baixa umidade (TTBU) variando umidade e tempo, revelaram que não houve diferença significativa na quantidade de proteína da farinha crua e modificada, independentemente da umidade e tempo utilizados no tratamento. No entanto, em seu trabalho, alguns tratamentos apresentaram uma pequena redução na quantidade de lipídios e minerais, que segundo os autores pode ter ocorrido devido a formação de um complexo com amilose, diminuindo a capacidade de extração de lipídios, diferentemente deste trabalho no qual não houve diferença significativa entre essas características.

Os teores de umidade das farinhas de araruta crua e modificadas variaram entre 6,53 e 6,60g·100g⁻¹, valores inferiores aos encontrados por outros autores em seus estudos de 9,4% e 16,87% de umidade da farinha de araruta crua (APRIANITA et al., 2013; SANTOS, 2017). No entanto, a umidade das farinhas de araruta crua e modificadas deste trabalho, estão de acordo com a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, que tem como requisito específico que as farinhas devem apresentar umidade máxima de 15g·100g⁻¹ (BRASIL, 2005) e essa característica tem relação direta com a produção da farinha, ou seja com o tempo e forma de secagem utilizado. O baixo teor de umidade contribui para melhor conservação do produto, uma vez que reduz a água disponível para a proliferação de microrganismos e reações químicas (ZANATTA; SCHLABITZ; ETHUR, 2010).

O teor de cinzas em alimentos refere-se ao resíduo mineral fixo (sódio, potássio, magnésio, cálcio, ferro, fósforo, cobre, cloreto, alumínio, zinco, manganês e outros compostos minerais) (ZAMBLAZI, 2010). Leonel, Cereda e Sarmiento (2002) em seus estudos referentes ao rizoma e amido de araruta da variedade comum, cultivada na região de Botocatu-SP, obtiveram valores de cinzas de 1,85g·100g⁻¹ no rizoma e de 0,18g·100g⁻¹ no amido de araruta. Nascimento (2015) avaliou as características da farinha de araruta produzida a partir da variedade comum cultivada na região de Seropédica-RJ, onde antes da etapa de secagem o rizoma foi triturado com água e passado em uma peneira de 20µm, e só então seco e moído. O valor de cinzas encontrado por Nascimento (2015) foi de 3,00g·100g⁻¹, inferior ao encontrado neste trabalho que apresentou teor de cinzas das farinhas de araruta crua e modificadas variando entre 4,86 a 4,87g·100g⁻¹. O conteúdo elevado de cinzas na farinha estudada pode ser devido à origem botânica, ou diferenças nas condições de cultivo e no método de processamento da farinha.

Nascimento (2015) encontrou teores de lipídio e proteína na farinha de araruta de 0,10 e 1,00g·100g⁻¹, respectivamente, correspondendo a valores abaixo dos encontrados neste

estudo, que variaram entre de $0,57$ a $0,59\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para lipídio e $6,14$ a $6,19\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para proteína, provavelmente devido à metodologia adotada pelo autor para elaboração da farinha. No entanto, os valores de proteína encontrados neste estudo estão abaixo daqueles encontrados por Aprianita et al. (2013) na farinha de araruta de $7,7\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Tais diferenças tem relação direta com origem botânica, condições de cultivo e forma de obtenção das farinhas.

As farinhas de araruta crua e modificadas apresentaram alto teor de carboidrato, entre $81,76$ a $81,89\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, sendo que cerca de 65,5% do teor de carboidrato é representado pelo amido. Leonel, Cereda e Sarmiento (2002) descrevem que o teor de fibra alimentar do rizoma de araruta é de $1,44\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, e do amido extraído da araruta é de $0,99\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Neste trabalho, as farinhas de araruta apresentaram teor de fibra de $3,67$ a $3,71\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, as diferenças provavelmente são devido ao fato da diferença de processamento para obtenção do produto analisado. Mattos e Martins (2000) classificaram o teor de fibras alimentar presente em 100g de alimentos como: muito alto ($>7\text{g}$), alto ($4,5$ a $6,9\text{g}$), moderado ($2,4$ a $4,4\text{g}$) e baixo ($<2,4\text{g}$), portanto, seguindo esta classificação a FA, FA_U e FA_{TTBU} apresentam um moderado teor de fibras, sendo uma alternativa interessante para a produção de alimentos visando uma melhor qualidade nutricional do alimento.

As farinhas apresentaram baixa atividade de água, variando entre $0,345$ e $0,386$. A baixa atividade de água reduz o crescimento microbiano e impede reações bioquímicas que dependem da atividade de água, consequentemente, contribuindo com a conservação do produto, prolongando a possibilidade de uso da farinha (ZANATTA; SCHLABITZ; ETHUR, 2010). De acordo com a faixa de pH em que a farinha se encontra, ela pode ser classificada como alimento de baixa acidez ($\text{pH} > 4,5$), ácido (pH entre $4,5$ e $4,0$) ou muito ácido ($\text{pH} < 4$) (AZEVEDO, et al., 2012). O pH das farinhas entre $6,63$ e $6,67$, podem ser considerados próximo a neutralidade, assim como os valores de pH para a farinha de araruta orgânica encontrados por Nascimento (2015) que variou de $6,17$ a $6,40$, de acordo com a cultivar. O pH próximo a neutralidade aliado ao baixo teor de umidade e atividade de água se tornam adequados para o armazenamento do produto, assim como para sua aplicação em produtos alimentícios de forma microbiologicamente segura.

A luminosidade (L^*) é um parâmetro que pode variar do zero (preto) ao 100 (branco), as farinhas apresentaram valor de luminosidade elevado, sugerindo que as amostras apresentaram tendência ao branco. A luminosidade L^* nas farinhas modificadas variou entre $85,22$ e $85,45$, indicando maior luminosidade quando comparadas com a farinha de araruta crua.

A cromaticidade a^* da FA_{TTBU} ($2,40$) e da FA_U ($1,90$) apresentaram valores superiores aos observados para a farinha crua ($1,47$) portanto, pode-se dizer que as farinhas modificadas

apresentaram uma maior tendência ao vermelho. Vale ressaltar que a cromaticidade a^* é um parâmetro importante para avaliar o escurecimento do produto, uma vez que a cor marrom decorrente da combinação do verde e vermelho, possivelmente são resultantes da degradação dos açúcares ocasionadas pela reação de caramelização e de Maillard (ANDRADE, 2014). A cromaticidade b^* das farinhas apresentaram-se positivas, com tendência a coloração amarela. O Croma (C^*) representa a saturação da cor, ou seja, descreve o brilho da cor, portanto, quanto mais alto valor do croma mais viva a cor é observada (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013). O valor de C^* encontrado para as farinhas são relativamente baixos, caracterizando farinhas com baixa tonalidade. Quanto à tonalidade cromática, determinada pelo Ângulo Hue (H°), cujo ângulo vai de vermelho (0°) até amarelo (90°), as farinhas de araruta crua e modificadas apresentaram um valor relativamente elevado, aproximando-se da tonalidade amarela. Segundo Padalino et al., 2013, as massas convencionais apresentam coloração amarela, portanto, é importante atentar a ingredientes que possam conferir essa cor às massas produzidas.

2.4 CONCLUSÃO

A farinha de araruta modificada com tratamento de ultrassom (FA_U) apresentou melhores resultados nos tratamentos que variaram a intensidade do equipamento entre 62 e 99% e tempo de exposição às ondas ultrassônicas de 15 a 25 minutos. Para a seleção da farinha destinada a produção de massas alimentícias, com maior índice de absorção de água (IAA) e menor índice de solubilidade em água (ISA) a 80°C , a modificação com intensidade de 43,5% e 15 minutos de exposição às ondas ultrassônicas foi a mais desejável.

A modificação com tratamento térmico de baixa umidade da farinha de araruta (FA_{TTBU}) apresentou resultados mais satisfatórios no tratamento que fez uso de menor temperatura (105°C) e menor tempo de exposição (15 minutos), sendo, portanto, o tratamento mais favorável para a produção de massas alimentícias, por apresentarem maior IAA e menor ISA a 80°C .

A FA_U modificada com os melhores parâmetros para elaboração de massas alimentícias, apresentou resultados mais satisfatórios quando comparada com a FA_{TTBU} .

2.5 REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the AACC**: method 61.02.01 (pasting properties), St. Paul, ed. 11, 2012.

ABRAHAM, T. E. Stabilization of paste viscosity of cassava starch by heat-moisture treatment. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 45, n. 4, p. 131–135, 1993.

ALCÁZAR-ALAY, S. C.; MEIRELES, M. A. A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 35, n. 2, p. 215-236, 2015.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIF-FN, L. Jr. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, Saint Paul, v. 14, n. 1, p. 4-11, 1969.

ANDRADE, R. M. P. **Avaliação sensorial e físico-química de produtos de panificação com farinha de feijão caupi (vigna unguiculata (l.) walp.) torrado**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Departamento De Ciências Domésticas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 19 ed. Gaithersburg, 2012. 3000p.

APRIANITA, A.; VASILJEVIC, T.; BANNIKOVA, A.; KASAPIS, S. Physicochemical properties of flours and starches derived from traditional Indonesian tubers and roots. **Journal of Food Science and Technology**, Amritsar, v. 51, n. 12, p. 3669–3679, 2013.

AUGUSTO-RUIZ, W.; BONATO, S. R.; SILVA ARRIECHE, L.; VAZ ALVES, F. Caracterização da farinha pré-gelatinizada de arroz integral produzida a partir de grãos quebrados. **Vetor**, Rio Grande, v. 13, n. 1, p. 25-46, 2003.

AZEVEDO, H, M, C.; PINTO, G. A.; BRITO, E. S.; AZEREDO, R, M, C. **Fundamento de estabilidade de alimentos**: alterações microbiológicas em alimentos durante a estocagem. 2ed. Brasília: Embrapa, 2012, 15p

BASTOS, G. M.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; DE ARAUJO PEREIRA, A. L.; DE MORAIS, C. C.; CAMPOS, M. R. H. Physical and sensory quality of gluten-free spaghetti processed from amaranth flour and potato pulp. **LWT - Food Science And Technology**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 128-136, 2016.

BATISTA, K. A. **Extrusão de farinha de feijão hard-to-cook: características bioquímicas e propriedades funcionais**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

BERNARDO, C. O.; ASCHERI, J. L.; CARVALHO, C. W. P. Efeito do ultrassom na extração e modificação de amidos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 4, p. 739-746, 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Brasília, DF, ANVISA, 2005.

CAPERUTO, L. C.; AMAYA-FARFAN, J.; CAMARGO, C. R. O. Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v. 81, n. 1, p. 95-101, 2001.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avanços na produção de pães sem glúten: Aspectos tecnológicos e nutricionais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 129-136, 2011

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. L. R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p.1006-1018, 2002.

CARVALHO, A. V.; BASSINELO, P. Z.; MATTIETO, 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 Food and Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 72-83, 2012

CHUNG, H.; LIU, Q.; HOOVER, R. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. **Carbohydrate Polymers**, Bromsgrove, v. 75, n. 3, p. 436-447, 2009.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras v. 32, n. 5, p. 1543-1550, 2008.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945 – 954, 2009.

FELTRAN, J. C.; PERESSIN, V. A. Araruta. In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G.; et al. (Eds). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. 452p.

FERNÁNDEZ-MUÑOZ, J. L.; ACOSTA-OSÓRIO, A.A.; ZELAYA-ANGEL, O.; RODRÍGUEZ-GARCIA, M.E. Effect of calcium content in the corn flour on RVA profiles. **Journal of Food Engineering**, London, v. 102, n. 1, p. 100-103, 2011.

GOMEZ, M. H.; AGUILERA, J. M. Changes in the starch fraction during extrusioncooking of corn. **Journal of Food Science**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 378-381, 1983.

GONÇALVES, P. M. **Obtenção de nanoamido de pinhão através de hidrólise ácida e ultrassom para incorporação da nisina**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Instituto de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HARRINGTON JUNIOR, E. C. The desirability function. **Industrial Quality Control**, New York, v. 21, n. 10, p. 494-498, 1965.

HERNÁNDEZ-DÍAZ, J. R.; QUINTERO-RAMOS, A.; BARNARD, J.; ALANDRÁNQUINTANA, R. R. Functional properties of extrudates prepared with blends of

wheat flour/pinto bean meal with added wheat bran. **Food Science Technology International**, Londres, v. 13, n. 4, p. 301-308, 2007.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: IAL, 2008. 1018p.

KUMALASARI, I. D.; HARMAYANI, E.; LESTARI, L. A.; RAHARJO, S.; ASMARA, W.; NISHI, K.; AND SUGAHARA, T. Evaluation of immunostimulatory effect of the arrowroot (*Maranta arundinacea*. L) in vitro and in vivo. **Cytotechnology**, Dordrecht, v. 64, n. 2, p. 131–137, 2012.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Processamento de araruta (*Maranta arundinacea*) para extração e caracterização da fração amilácea. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 5, n. 93, p. 151-155, 2002.

LIM, T. K. **Edible medicinal and non-medicinal plants**. Modified Stems, Roots, Bulbs. v. 11. Springerlink. 2016.

LIMBERGER, V. M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D. L. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 84-88, 2008.

LOPES, L. C. M. **Determinação das melhores condições de extrusão e caracterização de farinha de feijão para utilização como ingrediente de alimentos instantâneos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

MARTI, A.; CARAMANICO, R.; BOTTEGA, G.; PAGANI, M. A. Cooking behavior of rice pasta: effect of thermal treatments and extrusion conditions. **LWT – Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 54, n. 1, p. 229-235, 2013.

MATTOS, L. L., MARTINS, S. I. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 50-55, 2000.

NASCIMENTO, K. O. **Obtenção e caracterização de farinhas de rizomas e tubérculos de sistema orgânico de produção e suas potencialidades no desenvolvimento de alimentos para celíacos**. 2015. 162f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

ODEKU, O. A. Potentials of tropical starches as pharmaceutical excipients: A review. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 65, n. 1-2, p. 89–106, 2013.

PADALINO, L.; MASTROMATTEO, M.; DE VITA, P.; FICCO, D. B. M.; DEL NOBILE, M. A. Effects of hydrocolloids on chemical properties and cooking quality of gluten-free spaghetti. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 5, p. 972-983, 2013.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. Colour measure mentand analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v. 6, n. 1, p. 36-60, 2013.

PUNCHA-ARNON, S.; UTTAPAP, D. Rice starch vs. rice flour: Differences in their properties when modified by heat–moisture treatment. **Carbohydrate Polymers**, Bromsgrove, v. 91, n. 1, p. 85-91, 2013.

SANTOS, R. O. **Efeito da adição de farinha de araruta (maranta arundinacea l.), nas propriedades físico-químicas, reológicas e funcionais de sobremesa láctea sabor baunilha.** 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; ISHIDA, P. M. G.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Massa alimentícia sem glúten com elevado teor proteico obtida por processo convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 908-914, 2013.

SILVA, W. M. F.; BIDUSKI, B.; LIMA, K. O.; PINTO, V. Z.; HOFFMANN, J. F.; VANIER, N. L.; DIAS, A. R. G. Starch digestibility and molecular weight distribution of proteins in rice grains subjected to heat-moisture treatment. **Food Chemistry**, Londres, v. 219, n. 1, p. 260-267, 2017.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources: review. **Food Chemistry**, Londres, v. 81, n. 2, p.219-231, 2003.

SNOW, P.; O'DEA, K. Factor affecting the rate of hydrolysis of starch in food. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Rockville, v. 34, n. 12, p. 2721–2727, 1981.

TEBA, C. S.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades de pasta de massas alimentícias pré-cozidas de arroz e feijão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 411-426, 2009.

WANG, J.; WAN, W. Application of desirability function based on neural network for optimizing biohydrogen production process. **International Journal of Hydrogen Energy**, Coral Gables, v. 34, n. 3, p. 1253-1259, 2009.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físicoquímica, reológica, morfológica, e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 748-753, 2009.

WHO/FAO. **Carbohydrates in human nutrition**. Rome: FAO, 1998, (FAO food and nutrition paper no. 66).

YADAV, B. S.; GULERIA, P.; YADAV, R. B. Hydrothermal modification of Indian water chestnut starch: Influence of heat-moisture treatment and annealing on the physicochemical, gelatinization and pasting characteristics. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 1, p. 211-217, 2013.

ZAMBIAZI, R.C. **Análise Físico Química de Alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010.

ZANATTA, C. L.; SCHLABITZ, C.; ETHUR, E. M. Avaliação físico-química e microbiológica de farinhas obtidas a partir de vegetais não conformes à comercialização. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 459-468, 2010.

CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS A PARTIR DE FARINHA DE ARARUTA MODIFICADA E COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

RESUMO

Massas alimentícias apresentam baixo custo, facilidade de preparo, versatilidade e longa vida útil. No geral, as massas tradicionalmente de trigo apresentam elevada quantidade de amido e baixas quantidades de outros compostos nutricionais. Uma alternativa para a substituição da farinha de trigo e elaboração de massas isentas de glúten é a utilização da farinha de araruta crua e modificada. Partindo do ponto do enriquecimento da massa uma alternativa é a fortificação com coprodutos agroindustriais fontes de fibra alimentar e proteína, sendo farinha de casca de maracujá (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB), respectivamente. O objetivo deste trabalho é desenvolver novas formulações de massas alimentícias isentas de glúten com a adição de matérias-primas ricas em fibra alimentar e proteína. Através das análises tecnológicas das massas alimentícias foi possível analisar e escolher os melhores parâmetros para se obter uma massa com menor tempo ótimo de cozimento, perda de sólidos, intermediário aumento de massa, e menores valores de firmeza, ângulo Hue e cromaticidade C*. O teste de desejabilidade indicou que as melhores formulações são as que utilizam menor quantidade de farinha de araruta modificada (5%) e maior quantidade de FRB (24%). A composição proximal das massas foi satisfatória, podendo ser caracterizada como um alimento com alto teor de proteína e alto teor de fibra. As massas com maior desejabilidade apresentaram uma boa aceitação sensorial. Os resultados encontrados indicam a possibilidade de se desenvolver e aperfeiçoar massas alimentícias formuladas com farinha de araruta e coprodutos agroindustriais.

Palavras-chave: *Maranta arundinacea* L., coprodutos agroindustriais, farinha de casca de maracujá, farinha de rúmen bovino.

3.1 INTRODUÇÃO

As massas alimentícias têm um considerável consumo mundial, principalmente devido ao seu baixo custo, facilidade de preparação, versatilidade e longa vida útil (CAPPA; ALAMPRESE, 2017). Geralmente no preparo utilizam-se apenas dois ingredientes, que são farinha de trigo e/ou sêmola e água, apresentando, portanto, elevada quantidade de amido e baixas quantidades de fibras alimentares, proteínas, minerais, vitaminas e compostos fenólicos (BUSTOS; PEREZ, LEON, 2013; PHONGTHAI et al., 2017).

Uma alternativa para aumentar as propriedades nutricionais das massas alimentícias é a substituição da farinha de trigo por farinhas de outros grãos, tubérculos, leguminosas, rizomas, sementes e frutas. Como, por exemplo, a utilização da araruta (*Maranta arundinacea* L.), uma planta amilácea com atributos medicinais utilizada em alimentos e remédios, que tem seu consumo liberado para indivíduos intolerantes ao glúten, por não conter glúten (SHINTU; RADHAKRISHNAN; MOHANAN, 2015).

No entanto, as proteínas do glúten presentes no trigo é o principal responsável pela elasticidade da massa, sendo considerado o fator de maior significância por afeta diretamente as propriedades de cozimento da massa alimentícia (SOZER, 2009; PHONGTHAI et al., 2017). Contudo, existe a possibilidade da utilização de amidos modificados de diferentes formas para melhorar a qualidade da matéria-prima e torná-la apta para a fabricação de massas alimentícias, dentre as modificações possíveis estão o uso de ultrassom e tratamento térmico de baixa umidade.

O ultrassom pode promover mudanças no poder de inchamento, solubilidade ou propriedades de pasta (BERNARDO; ASCHERI; CARVALHO, 2016). Assim como, o tratamento térmico de baixa umidade pode promover mudanças na viscosidade, estabilidade de pasta, resistência ao calor, a ácidos e à deformação mecânica (CHUNG; LIU; HOOVER, 2009). Por consequência, amidos modificados por ultrassom e tratamento térmico de baixa umidade podem vir a ter características desejáveis para a produção de novos produtos alimentícios isentos de glúten.

Baseando-se na perspectiva de fortificação em relação a fibras alimentares e proteína das massas alimentícias e na potencial redução de descartes dos coprodutos da agroindústria, outras farinhas podem ser incorporadas às formulações. Um exemplo é a casca do maracujá amarelo, coproduto da indústria de alimentos com alto potencial tecnológico e funcional apresentando em sua composição alto teor de fibra alimentar (QUEIROZ et al., 2012). Entre os

coprodutos ricos em proteína têm-se o rúmen bovino, proveniente de abatedouros e frigoríficos que possui baixo custo pela sua pequena utilização na alimentação humana (SILVA, 2008).

A partir destas percepções objetiva-se neste trabalho a caracterização das farinhas de araruta e farinhas de coprodutos agroindustriais, bem como a possibilidade de desenvolver formulações de massas alimentícias isentas de glúten, de forma a garantir melhoria nas propriedades nutricionais através da atribuição de características funcionais nestes alimentos com a adição de matérias-primas ricas em fibra alimentar e proteína.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Preparo das farinhas

A araruta da variedade comum, utilizada no experimento, foi plantada no sistema orgânico e colhida no período de julho de 2017 na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, (latitude 16,965475 Sul, longitude 49,184229 Oeste e altitude 787 m), no município de Hidrolândia-GO. A casca de maracujá foi cedida pela indústria Fauzi Polpas (Fauzi Alimentos LTDA), localizada no município de Itapuranga-GO. O rúmen bovino foi doado como resíduo do abate de gado, já esvaziado, lavado e escaldado para remoção da mucosa negra, pela empresa Frivam Alimentos LTDA, localizada no município de Hidrolândia-GO. O preparo das farinhas foi realizado no laboratório de Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás.

3.2.1.1 Preparo da farinha de araruta (FA)

Os rizomas de araruta foram devidamente lavados e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 30 min, visando a remoção de sujidades e impurezas vindas do campo e o controle microbiológico. Posteriormente, a casca da araruta foi retirada manualmente, os rizomas foram cortados em fatias transversais de aproximadamente 5 cm de diâmetro e colocados em solução de metabissulfito de sódio para evitar o escurecimento enzimático. Em seguida secaram-se os rizomas na estufa com circulação de ar forçada (Tecnal, TE-394/3, Piracicaba, Brasil), sob temperatura de 40°C por 48h. Após, os rizomas de araruta secos foram moídos, em moinho de facas com peneira de 28 mesh (Tecnal, TE-651/2, Piracicaba, Brasil). Por fim, a farinha foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas sob temperatura de $-13\pm 1^{\circ}\text{C}$ até o processamento e realização de análises.

3.2.1.2 Preparo da farinha de araruta modificada por ultrassom (FA_U)

Em b quer de vidro de 500ml, foram pesadas 14,4g de farinha de araruta e 105,6g de água destilada, posteriormente a mistura foi homogeneizada com o auxílio de uma espátula e levada ao sonicador de ponteira ultrassônica (Eco-Sonics, Desruptor, Indaituba, Brasil). A amostra foi submetida ao tratamento com intensidade de 43,5% durante 15 minutos de exposição às ondas ultrassônicas, de acordo com estudos preliminares para a modificação de farinha de araruta pelo método. Após o tratamento com ultrassom, as amostras foram depositadas em placas de Petri e secas em estufa com circulação de ar forçada (Tecnal, TE-394/3, Piracicaba, Brasil), sob temperatura de 30 C por 12h. As amostras secas foram moídas, em moinho de facas com peneiras de 28 mesh (Tecnal, TE-651/2, Piracicaba, Brasil). Por fim, a farinha foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas sob temperatura de -13 1 C até a realização das análises.

3.2.1.3 Preparo da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (TTBU) (FA_{TTBU})

A farinha de araruta submetida ao tratamento térmico de baixa umidade (TTBU) foi realizado de acordo com metodologia proposta por Abraham (1993), com adaptações. Primeiramente o teor de umidade da farinha foi ajustado para 20% e a quantidade de água adicionada foi determinada pela Equação (3.1). A  gua foi adicionada com auxílio de pulverizador e em seguida, a amostra foi colocada em embalagem de polietileno de baixa densidade e armazenada à temperatura de refrigeração (4 C 1 C) para melhor homogeneização da umidade na amostra por 24h.

$$QA = \frac{(UF - UI)}{(100 - UF)} \times PA \quad (\text{Equação 3.1})$$

Onde:

QA: quantidade de água a ser adicionada (g)

UF: umidade final ou desejada

UI: umidade inicial da amostra

PA: peso da amostra (g)

Após 24h a amostra foi colocada em autoclave vertical (Phoenix Equipamentos Científicos mod-AV50, Araraquara, Brasil) e aquecida a 105°C durante 15 min, de acordo com estudos preliminares para a modificação de farinha de araruta pelo método. Após atingir temperatura ambiente, as amostras foram secas em estufa de circulação de ar à 40°C por 8h. As amostras secas foram moídas, em moinho de facas com peneiras de 28 mesh (Tecnal, TE-651/2, Piracicaba, Brasil). Finalmente, a farinha foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas sob temperatura de $-13\pm 1^{\circ}\text{C}$ até a realização das análises.

3.2.1.4 Farinha da casca de maracujá (FCM)

Primeiramente as cascas de maracujá amarelo foram devidamente lavadas e sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio a 200ppm por 30min, visando a remoção de sujidades e impurezas vindas do campo e controle microbiológico. Em seguida, as cascas compostas pelo flavedo e albedo, foram cortadas ao meio e em tiras de aproximadamente 2,5cm, e então submetidas ao processo de branqueamento onde foram colocadas em água fervente por 3 minutos e resfriadas em banho de gelo para eliminar parcialmente o amargor característico, o processo foi realizado quatro vezes. Em seguida as cascas foram secas em estufa com circulação de ar forçada (Tecnal, TE-394/3, Piracicaba, Brasil), sob temperatura de 60°C por 12h. Posteriormente, as amostras secas foram moídas, em moinho de facas com peneiras de 28 mesh (Tecnal, TE-651/2, Piracicaba, Brasil). A farinha de casca de maracujá foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas sob congelamento ($-13\pm 1^{\circ}\text{C}$) até realização das análises.

3.2.1.5 Farinha de rúmen bovino (FRB)

O rúmen bovino foi transportado em caixa térmica e mantido sob congelamento ($-13\pm 1^{\circ}\text{C}$) até o momento de processamento. Primeiramente o material foi cortado em tiras de aproximadamente 3,5cmx6,5cm, e então, colocados em panelas com água fervente por 30 minutos, em seguida foram retirados e resfriados em água por 40min, esse processo foi repetido por três vezes. Posteriormente o rúmen bovino foi seco em estufa com circulação de ar forçada (Tecnal, TE-394/3, Piracicaba, Brasil), sob temperatura de 65°C por 24h. Após, as amostras secas foram pré-trituradas em liquidificador industrial (Skymssen, LB-25MB, Brusque, Brasil) e depois moídas em moinho de facas com peneiras de 28 mesh (Tecnal, TE-651/2, Piracicaba, Brasil). A farinha de rúmen bovino foi embalada em sacos de polipropileno laminados e armazenadas sob congelamento ($-13\pm 1^{\circ}\text{C}$) até realização das análises.

3.2.2 Análises das farinhas utilizadas como matéria-prima para produção das massas alimentícias

3.2.2.1 Rendimento e granulometria

O rendimento da farinha de araruta (FA), farinha de casca de maracujá amarelo (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB) foi calculado de acordo com a relação entre a massa inicial da matéria-prima e a massa do produto final, realizado em triplicata.

O tamanho das partículas foi determinado em um agitador eletromagnético de peneiras (Bertel, VP-01, Caieiras, Brasil), segundo metodologia proposta pela AOAC (2012). No procedimento, amostras de 100g foram peneiradas durante 10min em um conjunto de peneiras (com diâmetro dos orifícios de 1,41, 0,84, 0,71, 0,60, 0,50 e 0,25 mm). Então, as quantidades retidas em cada peneira e na base foram pesadas e expressas em porcentagem. A análise foi realizada em triplicata.

3.2.2.2 Composição proximal

A análise da composição proximal foi realizada de acordo com os métodos propostos pela AOAC (2012). O teor de umidade foi determinado por secagem em estufa à 105°C, até peso constante. A determinação de cinzas foi realizada pelo método gravimétrico de incineração, em forno mufla a 550°C. O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl, considerando-se o fator de conversão para proteína de 6,25. O teor de lipídios foi determinado após a extração com éter de petróleo em extrator Soxhlet. As fibras totais foram determinadas por método gravimétrico-enzimático com utilização de enzimas (α -amilase, protease e amiloglicosidase). O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença, por meio da equação: $\text{Carboidratos} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídios})$. Todas as análises foram realizadas em triplicata com três repetições, os resultados das análises de foram expressos em base seca em $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$.

3.2.2.3 Atividade de água e potencial hidrogeniônico

Para a determinação da atividade de água (A_w), foi utilizado um higrômetro eletrônico digital AquaLab (Series 3 TE, Pullman, Estados Unidos), a temperatura constante de 25°C. A determinação do pH foi realizada utilizando-se potenciômetro digital (Tecnal, TEC-51, Piracicaba, Brasil), previamente calibrado com soluções tampão de pH 4 e pH 10, com inserção do eletrodo em 5 g de amostra diluída em 100 mL de água, segundo metodologia proposta pela AOAC (2012). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.2.2.4 Parâmetros instrumentais de cor

Os parâmetros instrumentais de cor foram determinados em colorímetro, com nove repetições (Konica Minolta, BC-10, Japão). Foi realizada a calibração em superfície branca, para obter um padrão e então realizar as leituras. Os resultados foram expressos em L^* , a^* e b^* , onde os valores de L^* (luminosidade ou brilho) podem variar do preto (0) ao branco (100), os de cromaticidade a^* do verde (-60) ao vermelho (+60) e os de cromaticidade b^* do azul (-60) ao amarelo (+60). Os valores de a^* e b^* foram utilizados para cálculo do croma (C^*) e do ângulo Hue (H°), através das Equações (3.2) e (3.3) respectivamente.

$$C = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (\text{Equação 3.2})$$

$$H^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (\text{Equação 3.3})$$

3.2.2.5 Índice de absorção de água (IAA), Índice de solubilidade em água (ISA) e Capacidade de absorção de óleo (CAO)

As determinações do Índice de absorção de água (IAA) e Índice de solubilidade de água (ISA) foram realizadas segundo a metodologia proposta por Anderson et al (1969), com adaptações. Pesou-se aproximadamente 2g de amostra em tubos de centrífuga, previamente tarados. Adicionou-se 30ml de água destilada aos tubos, os quais foram agitados em agitador mecânico tipo Vortex (Tecnal, AP-56, Piracicaba, Brasil) para homogeneização completa das amostras. Em seguida, as amostras foram colocadas em Banho Dubnoff Orbital (Tecnal, TE-0532, Piracicaba, Brasil) com temperatura de 28°C, por 30min. Posteriormente, após atingirem temperatura ambiente as amostras foram centrifugadas durante 10min a 3000rpm. Foram colocados em placa de Petri, previamente taradas, 10ml do líquido sobrenadantes e submetidas ao processo de secagem em estufa com circulação de ar durante 8h a 105°C. As placas foram pesadas e o ISA encontrado a partir da Equação (3.4).

$$ISA = \left[\left(\frac{MRE}{MA} \right) \times 3 \right] \times 100 \quad (\text{Equação 3.4})$$

Onde:

ISA: índice de solubilidade em água (gg^{-1})

MRE: massa do resíduo de evaporação (g).

MA: massa da amostra (g).

Após a retirada do líquido sobrenadante, pesou-se os tubos de centrífuga e calculou-se o IAA, de acordo com a Equação (3.5).

$$IAA = \frac{MRC}{MA} \quad (\text{Equação 3.5})$$

Onde:

IAA: índice de absorção de água ($g_{\text{precipitado}} \cdot g_{\text{materia seca}}^{-1}$)

MRC: massa do resíduo da centrifugação (g).

A Capacidade de absorção de óleo (CAO), foi determinada de acordo com metodologia descrita por Castilho, Fontanari e Batistuti (2010), com adaptações. Pesou-se aproximadamente 2g de amostra em tubos de centrifuga, previamente tarados. Adicionou-se 10ml de óleo de soja e homogeneizou por 2min com auxílio de um agitador mecânico tipo Vortex (Tecnal, AP-56, Piracicaba, Brasil). As amostras foram mantidas em repouso por 15 min a temperatura ambiente, e então centrifugadas a 8000rpm por 10min. Retirou-se o líquido sobrenadante e a CAO foi calculada de acordo com a Equação (3.6). O resultado foi expresso por ml de óleo absorvido por grama de farinha.

$$CAO = \frac{MGF}{MA} \quad (\text{Equação 3.6})$$

Onde:

MGF: massa do gel formado após a centrifugação

MA: massa da amostra

3.2.3 Delineamento de mistura das massas alimentícias

Foram elaborados dois tipos de massas alimentícias, utilizando farinha de araruta crua e modificada por dois métodos distintos, uma farinha fonte de fibra e outra farinha fonte de proteína. As massas foram elaboradas em composição ternária de farinhas, utilizando diferentes concentrações: a primeira (MA1) foi desenvolvida a partir da farinha de araruta (FA), farinha de araruta modificada por ultrassom (FA_U) e farinha de rúmen bovino (FRB); a segunda (MA2) foi produzida a partir da farinha de araruta (FA), farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}) e farinha de rúmen bovino. A quantidade da farinha de casca de maracujá (FCM) utilizada na formulação foi fixada em 0,09, estabelecida de acordo com testes preliminares. Para calcular a quantidade de cada farinha foi utilizado o delineamento de misturas segundo Barros Neto, Scarminio, Bruns (2010). As concentrações mínimas e máximas de cada componente foram estabelecidas em testes preliminares e estão apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Concentrações mínimas e máximas determinadas para farinha de araruta (FA), farinha de araruta modificada por ultrassom (FA_U), farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}) e farinha de rúmen bovino (FRB) nas formulações de massa alimentícia.

Componente		Mínimo (%m/m)	Máximo (%m/m)
¹ MA1	FA	50	80
	FA _U	5	20
	FRB	10	30
² MA2	FA	50	80
	FA _{TTBU}	5	20
	FRB	10	30

¹Massa alimentícia 1; ²Massa alimentícia 2.

A partir dos valores mínimos e máximos, estabelecidos foram determinadas as concentrações em pseudocomponentes conforme Equação (3.7). Os pseudocomponentes foram utilizados para visualização dos efeitos das variáveis independentes (quantidade de ingredientes) sobre as variáveis independentes (características tecnológicas das massas alimentícias) nos modelos e curvas de nível resposta de cada delineamento.

$$X_i = \frac{c_i - a_i}{1 - \sum_{i=1}^q a_i} \quad (\text{Equação 3.7})$$

Onde:

$$0 \leq a_i \leq C_i;$$

$$\sum_{i=1}^q a_i < 1;$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, q;$$

X_i = teor do componente, em termos de pseudocomponente;

C_i = proporção real do componente;

a_i = limite mínimo não-nulos da concentração do componente.

Assim os ingredientes em estudo puderam ser expressos em pseudocomponentes utilizando a Equação (3.7), para obter as Equações (3.8), (3.9), (3.10) e (3.11).

$$X_{FA} = \frac{C(FA) - 0,5}{1 - 0,65} \quad (\text{Equação 3.8})$$

$$X_{FA_U} = \frac{C(FA_U) - 0,05}{1 - 0,65} \quad (\text{Equação 3.9})$$

$$X_{FA_{TTBU}} = \frac{C(FA_{TTBU}) - 0,05}{1 - 0,65} \quad (\text{Equação 3.10})$$

$$X_{FRB} = \frac{C(FRB) - 0,10}{1 - 0,65} \quad (\text{Equação 3.11})$$

Onde:

X = teor do componente, em termos de pseudocomponente;

C = proporção real do componente.

Os valores das concentrações reais e pseudocomponentes estão apresentados nas Tabelas 3.2.

Tabela 3.2 Delineamento de misturas para estudo do efeito das variáveis independentes: farinha de araruta (FA), farinha de araruta modificada por ultrassom (FA_U) ou farinha de araruta modificada com tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}) e farinha de rúmen bovino (FRB) em proporções reais e em pseudocomponentes.

Tratamento	Concentração real			Pseudocomponentes		
	FA _U ou FA _{TTBU} (C1)	FA (C2)	FRB (C3)	FA _U ou FA _{TTBU} (X1)	FA (X2)	FRB (X3)
1	0,05	0,65	0,30	0	0,43	0,57
2	0,12	0,69	0,19	0,20	0,54	0,26
3	0,10	0,80	0,10	0,14	0,86	0
4	0,20	0,70	0,10	0,43	0,57	0
5	0,20	0,50	0,30	0,43	0	0,57
6	0,05	0,80	0,15	0	0,86	0,14
7	0,12	0,69	0,19	0,20	0,54	0,26
8	0,12	0,69	0,19	0,20	0,54	0,26

X1+X2+X3 = 1 ou 100%

Fonte: STATSOFT (2007)

3.2.4 Processamento das massas alimentícias experimentais

À mistura ternária das farinhas, foram acrescentados para cada formulação 9g de farinha de casca de maracujá, quantidade pré-estabelecida de acordo com resultados de testes preliminares com a intenção de fortificar a massa alimentícia a ponto de ser considerada “rica em fibra” ou “fonte de fibra” conforme legislação vigente. Foram adicionadas em cada formulação 25g de ovo em pó pasteurizado desidratado, e 93,75ml de água destilada em cada 100g de amostra seca de mistura. Todos os ingredientes foram processados em multiprocessador para alimentos (Philips Walita, Brasil) durante 5min até obter uma massa lisa, que foi envolvida por plástico filme e colocada para descansar por 10min. A moldagem das massas alimentícias foi feita em máquina de macarrão (Atlas Regina, Marcato, Itália) no formato *penne* com aproximadamente 1,5cm de comprimento.

As massas foram acondicionadas em bandejas e levadas para estufa de circulação de ar forçada (Tecnal, TE-394/3, Piracicaba, Brasil) sob temperatura de 45°C, por 2h sendo em seu interior colocada uma vasilha com água, para aumentar a umidade relativa do ar no interior da estufa na primeira hora de secagem, a fim de melhorar a qualidade do macarrão. Após secagem, as massas alimentícias foram acondicionadas em sacos de polietileno de alta densidade, e armazenados a temperatura refrigerada (10 ±1°C) até a realização das análises.

3.2.5 Análises tecnológicas das massas alimentícias

As análises tecnológicas de tempo ótimo de cozimento, percentual de aumento de massa, perda de sólidos em água e textura das massas alimentícias foram realizadas no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.2.5.1 Tempo ótimo de cozimento

O tempo ótimo de cozimento (TOC) foi realizado de acordo com o método 16-50 (AACC, 2000), com o cozimento de 10g de amostra em 140ml de água destilada em ebulição. O TOC foi determinado em minutos pela compressão do produto cozido entre duas lâminas de vidro, até o desaparecimento do eixo central, conforme apresentado na Figura 3.1. Foram retiradas amostras a partir de 4min e depois a cada 2min até a finalização do cozimento.

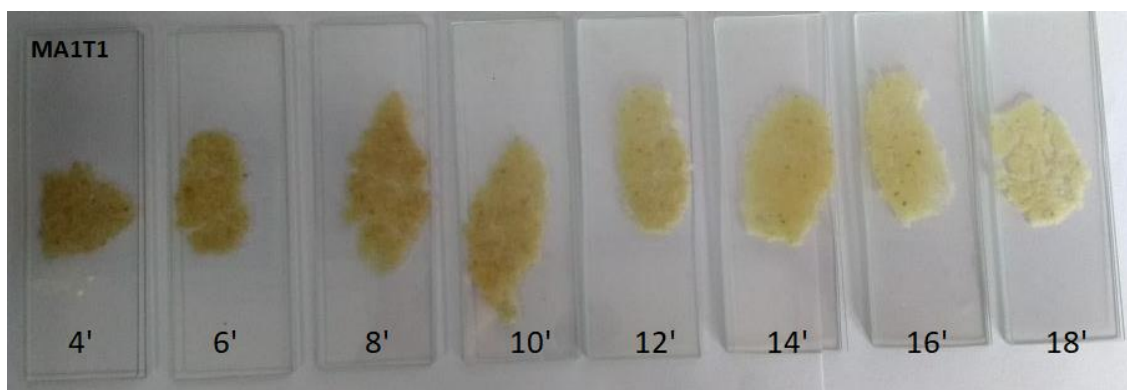


Figura 3.1 Metodologia de compressão entre placas até desaparecimento do eixo central.

3.2.5.2 Percentual de aumento de massa

O aumento de massa foi determinado conforme método 66-50 (AACC, 2000), no qual 10g de amostra foram cozidas em 140ml de água destilada durante o tempo ótimo de cozimento, pré-determinado, de cada formulação experimental. A água de cozimento foi drenada, a amostra mantida até atingir temperatura ambiente e então pesada em balança analítica. O aumento de massa foi determinado pela relação entre a massa da amostra crua e a massa após a cocção, expressa na Equação (3.12).

$$\text{Aumento de massa (\%)} = \frac{(m_f - m_i)}{m_i} \times 100 \quad (\text{Equação 3.12})$$

Onde:

m_f = massa da amostra cozida (g);

m_i = massa da amostra crua (g).

3.2.5.3 Perda de sólidos em água

A perda de sólidos em água foi determinada pela evaporação de 25ml da água de cozimento em estufa (Tecnal, TE-394/3, Piracicaba, Brasil) a 105°C até manutenção de peso constante, conforme metodologia estabelecida pelo método 66-50 da AACC (2000). Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.2.5.4 Textura da massa cozida

O teste de firmeza foi realizado de acordo com o método 16-50 da AACC (2000). As massas tipo *penne* foram cozidas em água destilada na proporção de 300ml de água para 25g de massa, durante o TOC previamente estabelecido para cada experimento. A água foi drenada e o macarrão foi lavando em água corrente até que estivesse frio, e então, foram realizadas leituras referentes à força máxima necessária para cortar as massas, indicando a firmeza. As amostras foram dispostas no texturômetro (TA.HD.plus, Stable Micro Systems, Inglaterra), acoplado de lâmina de corte aparato de Warner-Blatzer. As condições de operação do texturômetro para a medida da força em compressão foram: velocidade de teste de 0,25mm.s⁻¹, distância de 10mm, a força do trigger estabelecida de 0,196N e os resultados obtidos em Newton (N). As análises foram realizadas em triplicata com duas repetições.

3.2.6 Desejabilidade das massas alimentícias

Com os modelos matemáticos obtidos para as características tecnologias das massas alimentícias (tempo de cozimento, aumento de massa, perda de sólidos na água, textura, croma e ângulo Hue), gerados no planejamento experimental e com o auxílio da função “response desirability profiling”, do programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 2007), realizou-se o cálculo para escolha da melhor formulação de macarrão, com base nas variáveis independentes utilizadas (FA, FA_U ou FA_{TTBU} e FRB), obtendo-se como mais desejável a formulação com menor tempo de cozimento, menor perda de sólidos na água, aumento de massa intermediário, estrutura firme e íntegra após o cozimento, maior croma e maior ângulo Hue.

3.2.7 Análises das massas alimentícias com maior desejabilidade

As análises de composição proximal, atividade de água, potencial hidrogeniônico e parâmetros instrumentais de cor foram realizadas para as massas alimentícias com maior desejabilidade de acordo com as metodologias adotadas para as farinhas utilizadas no preparo da massa.

O valor energético total das massas alimentícias de maior desejabilidade foi estimado seguindo os valores de conversão de Atwater, multiplicando-se o conteúdo de carboidratos disponíveis e proteínas por quatro e o de lipídeos por nove, os produtos somados constituíram o valor energético total (MERRIL; WATT, 1973).

3.2.8 Análise microbiológica das massas alimentícias com maior desejabilidade

As análises microbiológicas seguiram as diretrizes da Resolução – RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001). Foi realizada a contagem de *B. cereus*/g, Coliformes a 45 °C/g, *Estafilococos* coagulase positiva/g e a pesquisa de presença ou ausência de *Salmonella* sp/25g conforme item 10b para as massas alimentícias da RDC 12.

3.2.9 Análise sensorial das massas alimentícias com maior desejabilidade

Para avaliar os parâmetros de sabor, textura, aroma, aparência e avaliação global das massas alimentícias foi realizado o teste de aceitação (APÊNDICE K), utilizando a escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = não gostei nem desgostei e 1 = desgostei extremamente). A intenção de compra foi avaliada, utilizando a escala de 5 pontos (5 = certamente compraria, 3 = talvez comprasse/talvez não comprasse, 1 = certamente não compraria), entre consumidores habituais de massas alimentícias (STONE; SIDEL, 1993).

Os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial, da Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Goiás com 50 provadores. Foram recrutados consumidores adultos de ambos os sexos, conforme interesse e disponibilidade em participar da pesquisa, sendo excluídos do teste analfabetos, gestantes, fumantes e portadores de patologias que interferem na absorção intestinal e na sensibilidade gustativa, olfativa, ou que apresentaram redução da capacidade visual. Foi exigido de cada provador a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE L), conforme o Comitê de Ética em Pesquisa UFG sob parecer aprovado (nº 2.177.048). Além do preenchimento do Questionário de Recrutamento de Provadores (APÊNDICE M) para participação na pesquisa. As amostras foram servidas em cabines individuais, sob iluminação vermelha, a temperatura de 50 a 60°C, em porções de 25g e acompanhadas de molho à base de tomate.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.3.1 Análises das farinhas utilizadas como matéria-prima para produção das massas alimentícias

A farinha de araruta apresentou rendimento, de 33,68%, representando um valor inferior ao encontrado por Santos (2017) que avaliou o rendimento da farinha de araruta da variedade comum colhida em Seropédico – RJ e encontrou rendimento de 46,92%. Entretanto é superior ao valor encontrado por Aprianita et al. (2013) de 32,00% para o rendimento da farinha da araruta cultivada na Indonésia. As divergências encontradas podem ser explicadas devido às diferenças de plantio e colheita da planta ou diferenças no método de processamento da farinha. A farinha de casca de maracujá produzida apresentou rendimento médio de 15,75%, valor próximo ao encontrado em outros estudos de 16,66% e 17,74% (DEUS, 2014; PITA, 2012). Vale ressaltar que na produção de farinhas as perdas que comprometem o rendimento dependem do processo de preparação e método de secagem. O rendimento da farinha de rúmen bovino foi de 24,12%, no entanto, não foram encontrados na literatura valores para comparação.

O resultado da análise granulométrica das farinhas de araruta crua e modificadas, farinha de casca de maracujá e farinha de rúmen bovino estão representados na Tabela 3.3

Tabela 3.3 Percentual de amostra retida nas peneiras durante a distribuição granulométrica da farinha de araruta crua (FA), farinha de araruta com tratamento de ultrassom (FA_U), farinha de araruta com tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}), farinha de casca de maracujá (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB).

<i>Mesh</i>	<i>Abertura (mm)</i>	FA¹	FA_U¹	FA_{TTBU}¹	FCM¹	FRB¹
14	1,41	0,05	0,00	0,00	0,00	6,35
24	0,71	3,46	2,50	3,15	0,05	20,00
28	0,60	9,16	7,45	7,78	2,46	23,76
32	0,50	85,48	89,56	89,02	72,91	49,89
60	0,25	0,03	0,49	0,05	23,23	0,00
Fundo	0	0,05	0,00	0,00	1,35	0,00

¹porcentagem (%)

Observa-se que 85,48%, 89,56%, 89,02% e 72,91% da FA, FA_U, FA_{TTBU} e FCM, respectivamente, ficaram retidas na peneira de 32 *mesh*, evidenciando uma distribuição de partículas relativamente homogênea. Uma menor quantidade de partículas da FRB ficou retida na peneira de 32 *mesh* sendo que uma maior quantidade ficou retida nas peneiras de maior abertura, a justificativa principal foi o alto teor de lipídio presente na amostra que dificultou a

passagem da farinha pelas aberturas. No entanto, no preparo de todas as farinhas no momento de trituração foi utilizada uma peneira de 28 *mesh*. Segundo Carvalho et al. (2012) é desejável que as partículas sejam uniformes em relação a tamanho e densidade, pois, este parâmetro pode afetar expressivamente a textura e a uniformidade do produto final.

Os valores médios da composição proximal, atividade de água (Aa), potencial hidrogeniônico (pH) e parâmetros instrumentais de cor (L*, a*, b*, C* e H°) das farinhas utilizadas na produção das massas alimentícias estão representados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 Média e desvio-padrão da composição proximal, atividade de água (Aa), potencial hidrogeniônico (pH) e parâmetros instrumentais de cor (L*, a*, b*, C* e H°) da farinha de araruta (FA), farinha de araruta modificada com ultrassom (FA_U), farinha de araruta modificada com tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}), farinha de casca de maracujá (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB).

Característica	FA	FA _U	FA _{TTBU}	FCM	FRB
Umidade	6,53 ± 0,13	6,60 ± 0,15	6,60 ± 0,21	6,55 ± 0,06	6,78 ± 0,08
Cinzas ¹	4,87 ± 0,12	4,86 ± 0,09	4,89 ± 0,15	5,81 ± 0,07	0,94 ± 0,02
Lipídio ¹	0,57 ± 0,02	0,59 ± 0,02	0,57 ± 0,02	0,45 ± 0,02	16,12 ± 0,15
Proteína ¹	6,14 ± 0,16	6,19 ± 0,06	6,16 ± 0,04	7,33 ± 0,15	80,44 ± 1,07
Carboidrato ¹	81,89 ± 0,34	81,76 ± 0,22	81,78 ± 0,28	78,86 ± 0,24	0
Fibra total ¹	3,67 ± 0,01	3,71 ± 0,01	3,70 ± 0,04	65,48 ± 0,03	-
Aa	0,345 ± 0,045	0,374 ± 0,017	0,386 ± 0,007	0,290 ± 0,003	0,375 ± 0,001
pH	6,67 ± 0,03	6,66 ± 0,02	6,63 ± 0,02	4,13 ± 0,03	7,93 ± 0,15
Cor	L*	83,48 ± 0,22	85,22 ± 0,38	85,45 ± 0,33	76,90 ± 0,45
	a*	1,47 ± 0,10	1,90 ± 0,09	2,40 ± 0,06	3,93 ± 0,19
	b*	14,33 ± 0,54	12,95 ± 0,18	14,50 ± 0,21	19,92 ± 0,57
	C*	14,41 ± 0,54	13,09 ± 0,19	14,70 ± 0,20	20,30 ± 0,58
	H°	84,37 ± 0,42	81,66 ± 0,29	80,60 ± 0,36	77,33 ± 3,51

¹g·100g⁻¹ (base seca).

O teor de umidade das farinhas FA, FA_U, FA_{TTBU}, FCM e FRB foram de 6,53g·100g⁻¹, 6,60g·100g⁻¹, 6,60g·100g⁻¹, 6,55g·100g⁻¹ e 6,77g·100g⁻¹, estando de acordo com a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, que tem como requisito específico que as farinhas devem apresentar umidade máxima de 15g·100g⁻¹ (BRASIL, 2005). O baixo teor de umidade contribui para melhor conservação do produto, uma vez que reduz a água disponível para a proliferação de microrganismos e reações químicas (ZANATTA; SCHLABITZ; ETHUR, 2010).

O teor de cinzas em alimentos refere-se ao resíduo mineral fixo (sódio, potássio, magnésio, cálcio, ferro, fósforo, cobre, cloreto, alumínio, zinco, manganês e outros compostos minerais) (ZAMBIAZI, 2010). Nascimento (2015) avaliou as características da farinha de araruta produzida a partir da variedade comum cultivada na região de Seropédica-RJ, onde antes da etapa de secagem o rizoma foi triturado com água e passado em uma peneira de 20µm, e só

então seco e moído. O valor de cinzas encontrado por Nascimento (2015) foi de $3,00\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, inferior ao encontrado neste trabalho que apresentou teor de cinzas das farinhas de araruta crua e modificadas variando entre 4,86 a $4,87\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. O conteúdo elevado de cinzas na FA pode ser devido à origem botânica ou diferenças no método de processamento da farinha.

Pita (2012) avaliou a farinha de casca de maracujá amarelo, do fruto proveniente da região Sudoeste da Bahia, com processamento da farinha sob condições de secagem de 60°C durante 48h e encontrou teor de cinzas de $7,54\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ superior ao encontrado neste estudo. Valor mais próximo para teor de cinzas foi encontrado por Cazarin et al. (2014), que utilizaram amostra de maracujá amarelo de cultivo orgânico da região de São Paulo, produzindo a farinha sob condições de secagem com temperatura de 50°C até peso constante, e encontraram $6,88\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de cinzas. O menor conteúdo de cinzas encontrados na FCM pode estar relacionada às condições de plantio e colheita do fruto, método de processamento da farinha e segundo Reolon et al. (2009), o avanço da maturação do fruto pode influenciar os teores de cinzas, de forma que o avanço apresenta decréscimos significativos no teor deste componente.

Silva, Cruz e Arêas (2010) estudaram a influência da extrusão termoplástica na qualidade nutritiva do rumem bovino, a título de comparação avaliaram o rumem bovino seco a temperatura de 65°C , apresentou quantidade de cinzas de $1,8\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ superior ao encontrado neste estudo de $0,95\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. A diferença no teor de cinzas pode estar relacionada ao processamento da farinha e às características específicas da alimentação dos animais.

Nascimento (2015) encontrou teores de lipídio e proteína na farinha de araruta de 0,10 e $1,00\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente, correspondendo a valores abaixo dos encontrados neste estudo para as farinhas de araruta crua e modificadas, que variaram entre de 0,57 a $0,59\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para lipídio e 6,14 a $6,19\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para proteína, provavelmente devido à metodologia adotada pelo autor para elaboração da farinha. No entanto, os valores de proteína encontrados neste estudo estão abaixo daqueles encontrados por Aprianita et al. (2013) na farinha de araruta, cultivada na Indonésia, de $7,7\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, possivelmente devido à diferença das condições de plantio. O teor de lipídio encontrado na FCM, neste estudo, foi superior ao encontrado por Cazarin et al. (2014) de $0,31\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. A FCM apresentou quase o dobro de proteína encontrada em outro estudo $3,94\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (CAZARIN et al., 2014). A diferença nos valores de lipídio e proteína da FCM podem estar relacionados ao plantio e ao processamento da farinha. A farinha de rúmen bovino apresentou maiores valores de lipídio e menores valores de proteína quando comparados com outro estudo realizado, que apresentou $13,10\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de lipídio e $90,8\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de proteína (SILVA; CRUZ; ARÊAS, 2010). As diferenças entre os valores nos estudos podem estar relacionadas com o processamento da farinha, bem como às características dos bovinos.

As farinhas de araruta crua e modificadas apresentaram alto teor de carboidratos, entre 81,76 a 81,89g·100g⁻¹, sendo que, para Aprianita et al. (2013) cerca de 65,5% do teor de carboidrato é representado pelo amido. Leonel, Cereda e Sarmiento (2002), descrevem que o teor de fibras alimentares do rizoma de araruta é de 1,44g·100g⁻¹, e do amido extraído da araruta é de 0,99g·100g⁻¹. Neste trabalho, as farinhas de araruta apresentaram teor de fibra alimentares de 3,67 a 3,71g·100g⁻¹, principalmente devido ao fato da diferença de processamento para obtenção do produto analisado. A farinha de casca de maracujá, é conhecida por conter altos teores de fibra alimentar, neste estudo apresentou 64,48g·100g⁻¹, valor próximo ao encontrado por outros autores de 64,9g·100g⁻¹ e 65,22g·100g⁻¹ (CAZARIN et al., 2014; DEUS, 2014). Mattos e Martins (2000) classificaram o teor de fibras presente em 100g de alimentos como: muito alto (>7g), alto (4,5 a 6,9g), moderado (2,4 a 4,4g) e baixo (<2,4g), portanto, seguindo esta classificação a FCM apresentam um alto teor de fibras, sendo uma alternativa interessante para a produção de alimentos visando uma melhor qualidade nutricional do produto.

As farinhas apresentaram baixa atividade de água (Tabela 3.4). A baixa atividade de água reduz o crescimento microbiano e impede reações bioquímicas que dependem da atividade de água, consequentemente, contribuindo com a conservação do produto, prolongando a possibilidade de uso da farinha (ZANATTA; SCHLABITZ; ETHUR, 2010). De acordo com a faixa de pH em que a farinha se encontra, ela pode ser classificada como alimento de baixa acidez (pH >4,5), ácido (pH entre 4,5 e 4,0) ou muito ácido (pH < 4) (AZEVEDO, et al., 2012). O pH da FA, FA_U, FA_{TTBU} e FRB apresentam-se próximos a neutralidade, e aliado ao baixo teor de umidade e atividade de água tornam-se adequados para o armazenamento das farinhas, assim como para sua aplicação em produtos alimentícios de forma microbiologicamente segura. O valor de pH abaixo de 4,5, delimita o desenvolvimento de microrganismos, portanto considera-se a FCM ácida e, portanto, de difícil proliferação microbiana (AQUINO et al., 2010).

A luminosidade (L*) é um parâmetro que pode variar do zero (preto) ao 100 (branco). As farinhas de araruta apresentaram os maiores valores de luminosidade, sendo que a FA_U e FA_{TTBU} variaram entre 85,22 e 85,45, indicando maior luminosidade quando comparadas com a FA (83,43), seguido da FCM (76,61) da FRB (67,94), esses valores sugerem que as amostras apresentam tendência ao branco. O parâmetro a* varia de verde (-60) a vermelho (+60), portanto, pode-se dizer que as farinhas apresentaram uma maior tendência ao vermelho.

A cromaticidade b* das farinhas apresentaram-se positivas, com tendência a coloração amarela. O Croma (C*) representa a saturação da cor, ou seja, descreve o brilho da cor, portanto, quanto mais alto valor do croma mais viva a cor é observada (PATHARE; OPARA; AL-SAID,

2013). No entanto, o valor de C^* encontrado para as farinhas são valores relativamente baixos, caracterizando farinhas com baixa tonalidade. Quanto à tonalidade cromática, determinada pelo Ângulo Hue (H°), cujo ângulo vai de vermelho (0°) até amarelo (90°), as farinhas apresentaram valores elevados, se aproximando a tonalidade amarela. Segundo Padalino et al., 2013, as massas convencionais apresentam coloração amarela, portanto, é importante atentar a ingredientes que possam conferir essa cor às massas produzidas.

O índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) e capacidade de absorção de óleo (CAO), estão relacionados às propriedades tecnológicas das farinhas, sendo que os dois primeiros medem as principais propriedades de hidratação. Os valores médios encontrados para farinha de araruta crua e modificadas, farinha de casca de maracujá e farinha de rúmen bovino estão apresentados na Tabela 3.5. A análise de variância dos fatores e regressão para estes fatores podem ser observados no APÊNDICE F.

Tabela 3.5 Média e desvio-padrão do índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) farinha de araruta (FA), farinha de araruta modificada com ultrassom (FA_U) e farinha de araruta modificada com tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}), farinha de casca de maracujá (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB).

Característica	FA	FA_U	FA_{TTBU}	FCM	FRB
IAA ¹	$2,52^c \pm 0,14$	$5,50^b \pm 0,11$	$5,02^b \pm 0,15$	$15,10^a \pm 0,52$	$5,21^b \pm 0,03$
ISA ²	$11,72^d \pm 0,62$	$15,24^b \pm 0,39$	$13,68^c \pm 0,33$	$25,40^a \pm 0,30$	$6,96^e \pm 0,02$
CAO ³	$1,98^d \pm 0,04$	$2,69^b \pm 0,04$	$2,22^c \pm 0,06$	$3,27^a \pm 0,06$	$1,84^e \pm 0,04$

Médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
¹ $g \cdot 100g^{-1} g$; ² $g_{gel} \cdot g_{matéria\ seca}^{-1}$; ³ $ml_{óleo} \cdot g_{matéria\ seca}^{-1}$.

A determinação do IAA está relacionada com a disponibilidade dos grupos hidrofílicos em se ligarem às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido (CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002). O IAA da FA foi de $2,52g \cdot 100g^{-1}$, inferior ao encontrado nas farinhas modificadas, na FA_U de $5,50g \cdot 100g^{-1}$ e FA_{TTBU} $5,02g \cdot 100g^{-1}$. Assim como o ISA foi menor na farinha de araruta que não passou pelo processo de modificação (FA $11,72 g_{gel} \cdot g_{matéria\ seca}^{-1}$, FA_U $15,24 g_{gel} \cdot g_{matéria\ seca}^{-1}$, e FA_{TTBU} $13,68 g_{gel} \cdot g_{matéria\ seca}^{-1}$). Para Clerici; El-Dash (2008), isto se dá devido a pré-gelatinização do amido, que foi obtido através do processo físico de modificação, que conferiu ao amido características de maior absorção e solubilidade em água e formação de gel em água fria. Essas alterações das farinhas modificadas podem ser consideradas como vantagem para produção de massas sem glúten pois, segundo Schmiele et al. (2013), a aplicação de amidos pré-gelatinizados em massas alimentícias contribui para um melhor resultado final, com massa mais homogêneas e melhor textura após o cozimento.

O IAA da FCM apresentou valores próximos aos encontrados por outros autores que variaram entre $12,29\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ e $16,20\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (MATSUURA, 2005; NEVES; SANTANA; VALENÇA, 2008). O alto índice de absorção de água da FCM encontra-se dentro do previsto, pois, segundo López et al. (1996) as fibras apresentam como principal característica físico-química a capacidade de hidratação, podendo ser devido a presença de pectinas e outros hidrocolóides. O valor de ISA encontrado neste estudo para a FCM é próximo ao encontrado por Matsuura (2005) ao avaliar a casca de maracujá da região de São Paulo na produção de barras de cereais, de $25,90\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. O IAO da FCM apresentou valor próximo ao encontrado por Neves, Santana e Valença (2008) de $3,10\text{ml}_{\text{óleo}}\cdot \text{g}_{\text{matéria seca}}^{-1}$, no estudo em que avaliaram a capacidade higroscópica de farinhas de diferentes frutas dentre elas a casca de maracujá.

A FCM é a farinha que apresentou maior capacidade de absorção de óleo, seguida da FRB, segundo estudos, altos índices de CAO podem estar atribuídos a maior presença de proteínas hidrofóbicas, pois estas apresentam maior capacidade de ligação com componentes lipídicos (ALTINDAG et al., 2014; OLADELE; AINA, 2007). Segundo Kaur et al. (2007), matérias-primas com índices elevados de absorção de óleo são viáveis para a indústria de alimentos por essa característica refletir na capacidade emulsionante do produto final. Além de ser um parâmetro importante de qualidade, uma vez que esta característica melhora a sensação sensorial na boca e auxilia na manutenção do sabor do alimento (BALJEET; RITIKA; ROSHAN, 2010; SANTANA; OLIVEIRA FILHO; EGEA, 2017).

3.3.2 Análises tecnológicas e desejabilidade das massas alimentícias

Os modelos de regressão ajustados, o nível de significância (p), o coeficiente de determinação (R^2) e a falta de ajuste (FAj) para tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza e parâmetros de cor croma (C^*) e ângulo Hue (H°) da massa alimentícia 1 e 2 (MA1 e MA2) podem ser visualizados na Tabela 3.6 e 3.7, respectivamente. Os valores médios e os desvios-padrão dos parâmetros avaliados para cada tratamento estão representados no APÊNDICE G.

Para a MA1 todos os modelos analisados foram significativos ($p < 0,05$), apresentando 92,4 a 99,9% das respostas explicadas pelos modelos ajustados (R^2) e falta de ajuste (FAj) não significativa, exceto para o TOC, na qual a FAj foi significativa. Entretanto, considera-se que se o quadrado médio para o erro experimental mostrar valores baixos, o teste de significância para falta de ajuste deve ser considerado irrelevante (WASZCZYNSKYJ et al., 1981). Portanto, todos os modelos podem ser utilizados para fins preditivos.

Tabela 3.6 Modelo de regressão ajustado, nível de significância (p) coeficiente de determinação (R^2) e falta de ajuste (FAj) para tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, croma (C^*) e ângulo Hue (H°) da MA1 (Massa Alimentícia 1) formulada a partir da mistura de farinha de araruta modificada por ultrassom (FA_U), farinha de araruta crua (FA) e farinha de rúmen bovino (FRB).

	Modelo	p	R^2	FAj
TOC	$y = -4,33X_1 + 10,34X_2 + 31,89X_3 + 43,21X_1X_2 - 18,00X_2X_3$	0,006	0,982	0,301
AM	$y = -60,90X_1 + 131,97X_2 + 179,10X_3 + 392,88X_1X_2 + 283,84X_1X_3 - 53,47X_2X_3$	0,004	0,998	0,000
PS	$y = -12,04X_1 + 6,71X_2 + 15,03X_3 + 43,95X_1X_2 + 14,32X_1X_3 - 15,70X_2X_3$	0,001	0,999	0,000
Firmeza	$y = -2,16X_1 + 1,57X_2 + 0,95X_3 + 7,89X_1X_2 + 10,89X_1X_3 + 3,36X_2X_3$	0,024	0,990	0,000
C^*	$y = 20,07X_1 + 20,47X_2 + 17,41X_3 + 8,12X_1X_3 + 7,45X_2X_3$	0,050	0,924	0,003
H°	$y = -8,19X_1 + 69,73X_2 + 90,44X_3 + 134,46X_1X_2 + 79,94X_1X_3 - 29,31X_2X_3$	0,019	0,992	0,000

Valores em itálico: apesar de não apresentar efeito significativo a 5% de probabilidade, foram mantidos para melhor ajuste do modelo.

X_1 : Farinha de araruta modificada por ultrassom (FA_U);

X_2 : Farinha de araruta crua (FA);

X_3 : Farinha de rúmen bovino (FRB).

Para a MA2 todos os modelos ajustados para as respostas TOC, AM, PS, firmeza, C^* e H° foram significativos ao nível de 5% de significância (p entre 0,001 e 0,037), com 96,7 a 99,7% das respostas explicadas pelos modelos ajustados (R^2) e falta de ajuste (FAj) não significativa. Todos os modelos podem ser utilizados para fins preditivos.

Tabela 3.7 Modelo de regressão ajustado, nível de significância (p) coeficiente de determinação (R^2) e falta de ajuste (FAj) para tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, croma (C^*) e ângulo Hue (H°) da MA2 (Massa Alimentícia 2) formulada a partir da mistura de farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}), farinha de araruta crua (FA) e farinha de rúmen bovino (FRB).

	Modelo	p	R^2	FAj
TOC	$y = -23,94X_1 + 11,88X_2 + 17,53X_3 + 61,98X_1X_2 + 42,04X_1X_3 - 19,46X_2X_3$	0,037	0,985	0,000
AM	$y = 87,74X_1 + 138,31X_2 + 165,32X_3 + 103,74X_1X_2 + 52,91X_1X_3 - 69,51X_2X_3$	0,010	0,996	0,000
PS	$y = -12,59X_1 + 5,07X_2 + 14,61X_3 + 40,70X_1X_2 + 15,52X_1X_3 - 17,18X_2X_3$	0,006	0,997	0,000
Firmeza	$y = 1,11X_1 + 2,32X_2 - 0,01X_3 + 7,96X_1X_3 + 3,15X_2X_3$	0,001	0,994	0,000
C^*	$y = 19,69X_1 + 20,60X_2 + 23,65X_3 - 2,73X_2X_3$	0,001	0,979	0,009
H°	$y = 85,78X_1 + 86,71X_2 + 86,10X_3 - 3,10X_2X_3$	0,002	0,967	0,008

Valores em itálico: apesar de não apresentar efeito significativo a 5% de probabilidade, foram mantidos para melhor ajuste do modelo.

X_1 : Farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU});

X_2 : Farinha de araruta crua (FA);

X_3 : Farinha de rúmen bovino (FRB).

O tempo ótimo de cozimento (TOC) é uma análise importante para se avaliar a qualidade da massa, uma vez que diversas reação acontecem durante esse processo devido ao efeito do aquecimento e absorção de água, como, por exemplo, a umidificação das proteínas, gelatinização do amido e aumento no peso e volume (LARROSA et al., 2016). O TOC das amostras experimentais de MA1 variaram de 11 a 18 minutos e para a MA2 houve uma menor variação de 10 a 15 minutos. Na Figura 3.2A, observa-se que o menor TOC da MA1 encontra-se na região experimental circulada pela linha pontilhada entres os pontos A (0; 0,64; 0,36), B (0,13; 0,68; 0,19), C (0,18; 0,82; 0), 3 (0,14; 0,86; 0) e 6 (0; 0,86; 0,14), ou seja, com valores variando entre FA [50 a 56g·100g⁻¹], FA_U [27 a 35g·100g⁻¹] e FRB [10 a 23g·100g⁻¹]. Valores maiores de TOC foram encontrados na região entre os pontos D (0,34; 0,09; 0,57), E (0,19; 0,31; 0,50), F (0; 0,44; 0,56) e 2 (0; 0,43; 0,57) e caracterizada por variação de valores entre FA [53 a 65g·100g⁻¹], FA_U [5 a 17g·100g⁻¹] e FRB [28 a 30g·100g⁻¹].

Para a MA2, é possível observar na Figura 3.3A que o menor TOC encontra-se na área circulada, entre os pontos 4 (0,43; 0; 0,57), B (0,39; 0,23; 0,38) e C (0,43; 0,42; 0,15), com valores variando de FA [50 a 65g·100g⁻¹], FA_{TTBU} [19 A 20g·100g⁻¹] e FRB [15 a 30g·100g⁻¹]. Os maiores valores estão entre os pontos D (0,08; 0,35; 0,57), E (0,14; 0,56; 0,30), F (0,05; 0,86; 0,09), 2 (0; 0,43; 0,57) e 3 (0; 0,86; 0,14), ou seja, variação de FA [62 a 80g·100g⁻¹], FA_{TTBU} [5 a 10g·100g⁻¹] e FRB [13 a 30g·100g⁻¹]. Tanto para a MA1 quanto para a MA2 quanto maior a quantidade de farinha de araruta modificada (FA_U ou FA_{TTBU}) menor o TOC, provavelmente por se tratar de uma farinha com amido pré-gelatinizado. E, para a MA1 quanto menor a quantidade de FRB menor o TOC, possivelmente devido a proteína presente na farinha absorver mais água durante o cozimento, reduzindo assim a disponibilidade de água para a gelatinização do amido, levando a um maior tempo de cozimento. No entanto, a quantidade de FRB não expressou nenhuma alteração no tempo de cozimento na MA2.

Segundo Hummel (1966), massas alimentícias de boa qualidade devem apresentar aumento de massa (AM) de 100%, o que corresponde a um aumento de duas vezes em relação a massa original. Para a MA1, como é possível observar na Figura 3.2B, há uma tendência de AM mais intensa (>156%) quanto maior a quantidade de FA_U, e menor quantidade de FA, que pode ser encontrado na região entre os pontos D (0,39; 0,04; 0,57), E (0,33; 0,036; 0,30), F (0,37; 0,63; 0), 4 (0,43; 0; 0,57) e 5 (0,43; 0,57; 0), ou seja, FA [50 a 72g·100g⁻¹], FA_U [17 a 20g·100g⁻¹] e FRB [10 a 30g·100g⁻¹]. Porém, como é desejável aumento de massa de 100%, os valores de AM (<132%) encontram-se na região do gráfico entre os pontos A (0; 0,56; 0,44), B (0,04; 0,74; 0,22), C (0,05; 0,86; 0,09) e 3 (0; 0,86; 0,14), ou seja, em valores de FA [70 a 80g·100g⁻¹], FA_U [5 a 7g·100g⁻¹] e FRB [13 a 25g·100g⁻¹]. Em relação a MA2, notam-se valores

menores ($<133\%$) na região experimental circutada pela linha pontilhada (Figura 3.3B) entres os pontos A (0; 0,52; 0,48), B (0,03; 0,67; 0,30) e 3 (0; 0,86; 0,14), ou seja, em valores com variação de FA [68 a $80\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$], FA_{TTBU} [5 a $6\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$] e FRB [15 a $27\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$]. Enquanto, valores maiores ($> 143\%$) estão entre os pontos D (0,43; 0,08; 0,49), E (0,29; 0,27; 0,44), F (0,11; 0,33; 0,56) e 4 (0,43; 0; 0,57), ou seja, variação de FA [50 a $62\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$], FA_{TTBU} [9 a $20\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$] e FRB [25 a $30\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$]. Portanto, é possível relacionar o aumento de massa nos dois casos (MA1 e MA2) com maiores concentrações de farinha de araruta modificada (FA_{U} e FA_{TTBU}) e menores concentrações de farinha de araruta crua, uma provável justificativa seria o fato das farinhas modificadas apresentarem maior IAA e segundo Silva et al. (2008), este índice apresenta grande importância, pois reflete a capacidade de aumento de peso de massas alimentícias e consequentemente seu rendimento.

A perda de sólidos (PS) representa a quantidade de sólidos solúveis perdidos na água durante o processo de cozimento no tempo ótimo, sendo considerada uma característica importante para se avaliar a qualidade de massas alimentícias (KHAN et al., 2013). Hummel (1966) classifica uma PS de 6% como muito bom; até 8% regular e acima de 10% ruim, Donnely (1979) leva em consideração que 8% de perda de sólidos seja o valor máximo aceitável. A PS da MA1 apresentou variação de 5 a 9%, apresentando resultados acima do valor máximo aceitável, já a MA2 apresentou resultados variando de 4 a 8% a perda de sólidos, estando dentro dos valores considerados como bom ou regular. Entretanto, geralmente, produtos que apresentem em sua composição quantidades relativamente altas de fibra e proteína, que é o caso das massas alimentícias desenvolvidas, possuem maior perda de sólidos na água de cocção (TOMICKI, 2015). A PS pode ser influenciada pela quantidade de proteína e pela interação do amido na rede da proteína, que poderia impedir a lixiviação do amido e consequentemente diminuir a perda de sólidos na água (MALCOLMSON; MATSUO; BALSHAW, 1993). Segundo, Foschia et al. (2013) a hidratação competitiva da fibra ocasiona uma distribuição não uniforme de água no interior da matriz de massas alimentícias, proporcionando menor inchaço do amido, e consequente PS aumentada, devido a ruptura da rede amido-proteína.

Na MA1 os menores valores de PS encontram-se na região do gráfico (Figura 3.2C) entre os pontos A (0; 0,5; 0,5), B (0,07; 0,65; 0,28), C (0,04; 0,86; 0,10) e 3 (0; 0,86; 0,14), sendo as concentrações de FA [68 a $80\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$], FA_{U} [5 a $8\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$] e FRB [14 a $28\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$]. Os maiores valores podem ser observados na região compreendida pelos pontos D (0,26; 0,15; 0,59), E (0,21; 0,26, 0,53) e F (0,11; 0,32; 0,57), representando FA [55 a $62\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$], FA_{U} [9 a $14\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$] e FRB [29 a $31\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$]. Os menores valores de PS na MA2, podem ser

observados na área do gráfico (Figura 3.3C) compreendida entre os pontos A (0; 0,64; 0,36), B (0,01; 0,75; 0,24) e 3 (0; 0,86; 0,14), ou seja, com as farinhas variando em FA [77 a 80g·100g⁻¹], FA_{TTBU} [5 a 5,4g·100g⁻¹] e FRB [15 a 23g·100g⁻¹]. Os maiores valores, estão na região do gráfico entre os pontos D (0,33; 0,10; 0,57), E (0,24; 0,25; 0,51), F (0,11; 0,33; 0,56), ou seja, FA [54 a 62g·100g⁻¹], FA_{TTBU} [9 a 17g·100g⁻¹] e FRB [9 a 17g·100g⁻¹]. Na MA1, maiores concentrações de FRB apresentaram valores de PS mais baixos, fato que poderia ser justificado pela interação amido-proteína, impedindo a lixiviação do amido e consequentemente diminuindo a PS.

A firmeza é definida como o trabalho em gramas-centímetros necessários para partir um pedaço de massa (AACC, 2000). Na MA1, os menores valores de firmeza dos experimentos estão na área do gráfico (Figura 3.2D) compreendida pelos pontos A (0; 0,79; 0,21), B (0,04; 0,83; 0,13), C (0,07; 0,86; 0,07) e 3 (0; 0,85; 0,15), sendo, em valores reais FA [78 a 80g·100g⁻¹], FA_U [5 a 8g·100g⁻¹] e FRB [12 a 17g·100g⁻¹]. Os maiores valores estão compreendidos entre os pontos D (0,28; 0,14; 0,58), E (0,26; 0,54; 0,20) e F (0,20; 0,23; 0,57), representando em valores reais as quantidades de FA [55 a 69g·100g⁻¹], FA_U [12 a 15g·100g⁻¹] e FRB [17 a 30g·100g⁻¹]. Para a MA2, os menores valores para firmeza encontram-se na região do gráfico (Figura 3.3D) entre os pontos A (0,43; 0,49; 0,08), B (0,34; 0,62; 0,04), C (0,27; 0,73; 0) e 5 (0,43; 0,57; 0), ou seja, com variações de FA [67 a 72g·100g⁻¹], FA_{TTBU} [14 a 20g·100g⁻¹] e FRB [10 a 13g·100g⁻¹]. Os maiores valores, estão compreendidos entre os pontos D (0,43; 0,23; 0,34), E (0,39; 0,15; 0,46) e 4 (0,43; 0; 0,57), portanto, variação de FA [50 a 58g·100g⁻¹], FA_{TTBU} [18 a 20g·100g⁻¹] e FRB [22 a 30g·100g⁻¹]. Logo, para se obter maiores parâmetros de firmeza para as massas alimentícias desenvolvidas, tanto para MA1 quanto para MA2 a quantidade de FRB devem ser maiores. Uma explicação seria devido a estruturação das proteínas, pois, apesar de que durante o processo de aquecimento no cozimento das massas as proteínas sofram desnaturação, a organização estrutural primária é mantida, fazendo com que a proteína se enovele ao redor dos grânulos de amido, formando uma rede importante à estruturação da massa, influenciando diretamente na textura do produto final (MARTI; PAGANI, 2013).

Quanto aos aspectos de cor, o Croma (C*) representa a saturação da cor, onde valores próximos a zero significam cores mais acinzentadas e valores mais próximas a sessenta cores mais intensas e vívidas (BEM et al., 2012). Na MA1 os menores valores para o Croma (Figura 3.2E) foram encontrados na região delimitada pelos pontos A (0,43; 0,54; 0,03), B (0,31; 0,67; 0,02), C (0,20; 0,80; 0) e 5 (0,43; 0,57; 0), as concentrações das farinhas para esta região variaram entre FA [69 a 78g·100g⁻¹], FA_U [12 a 20g·100g⁻¹] e FRB [10 a 11g·100g⁻¹]. Os

maiores valores para C^* foram encontrados na região do gráfico (Figura 3.2E) entre os pontos D (0,43; 0,13; 0,44), E (0,22; 0,33; 0,45), F (0; 0,54; 0,46), 2 (0; 0,43; 0,57) e 4 (0,43; 0; 0,57), as concentrações das farinhas para esta área variaram entre FA [50 a 69g·100g⁻¹], FA_U [5 a 20g·100g⁻¹] e FRB [25 a 30g·100g⁻¹]. Na MA2, os menores valores para C^* estão na área delimitada no gráfico (Figura 3.3E) pelos pontos A (0,43; 0,46; 0,11), B (0,31; 0,63; 0,06); C (0,21; 0,79; 0) e 5 (0,43; 0,57; 0), com variação das farinhas de FA [66 a 78g·100g⁻¹], FA_{TTBU} [12 a 20g·100g⁻¹] e FRB [10 a 14g·100g⁻¹]. Os maiores valores para C^* , estão entre os pontos D (0,43; 0,03; 0,54), E (0,32; 0,13; 0,55), F (0,19; 0,24; 0,57) e 4 (0,43; 0; 0,57), ou seja, as concentrações das farinhas para esta área variaram entre FA [50 a 58g·100g⁻¹], FA_{TTBU} [12 a 20g·100g⁻¹] e FRB [29 a 30g·100g⁻¹]. Em ambas as massas alimentícias os maiores valores de C^* foram influenciados pela concentração da FRB, que se justifica pelo fato desta farinha apresentar cor mais intensa que as demais, portanto elevando a tonalidade da cor para uma identificação mais intensa.

O ângulo Hue (H°) é o que determina a tonalidade cromática, variando de vermelho (0°) até amarelo (90°). Para a MA1 as maiores variações para H° (Figura 3.2F) foram encontradas na região delimitada pelos pontos D (0,27; 0,16; 0,57), E (0,18; 0,32; 0,50) e F (0,04; 0,38; 0,58), com variações das farinhas de FA [50 a 67 g·100g⁻¹], FA_U [19 a 20g·100g⁻¹] e FRB [13 a 30g·100g⁻¹]. Os menores valores atribuídos para H° foram encontrados na região delimitada pelos pontos 4 (0,43; 0; 0,57), B (0,41; 0,27; 0,32) e C (0,43; 0,49; 0,08), com variações entre FA [54 a 64g·100g⁻¹], FA_U [6 a 14g·100g⁻¹] e FRB [28 a 30g·100g⁻¹]. Para a MA2 os maiores valores de H° (Figura 3.3F) encontram-se na região delimitada pelos pontos D (0,33; 0,67; 0), E (0,20; 0,76; 0,04), F (0,07; 0,86; 0,07) e 6 (0,15; 0,85; 0), ou seja, a variação das farinhas de FA [73 a 80g·100g⁻¹], FA_{TTBU} [7 a 17g·100g⁻¹] e FRB [10 a 12g·100g⁻¹]. Os menores valores estão entre os pontos A (0,12; 0,32; 0,56), B (0,08; 0,44; 0,48), C (0; 0,58; 0,42) e 2 (0; 0,43; 0,57), portanto, a variação das farinhas de FA [61 a 70g·100g⁻¹], FA_{TTBU} [5 a 9g·100g⁻¹] e FRB [25 a 30g·100g⁻¹]. Tanto na MA1 quanto na MA2, as maiores tonalidades foram determinadas pela maior quantidade de farinha de araruta modificada e menor quantidade de FRB, que se justifica pelo fato das farinhas modificadas apresentarem maior valor de H° do que a farinha de rúmen bovino.

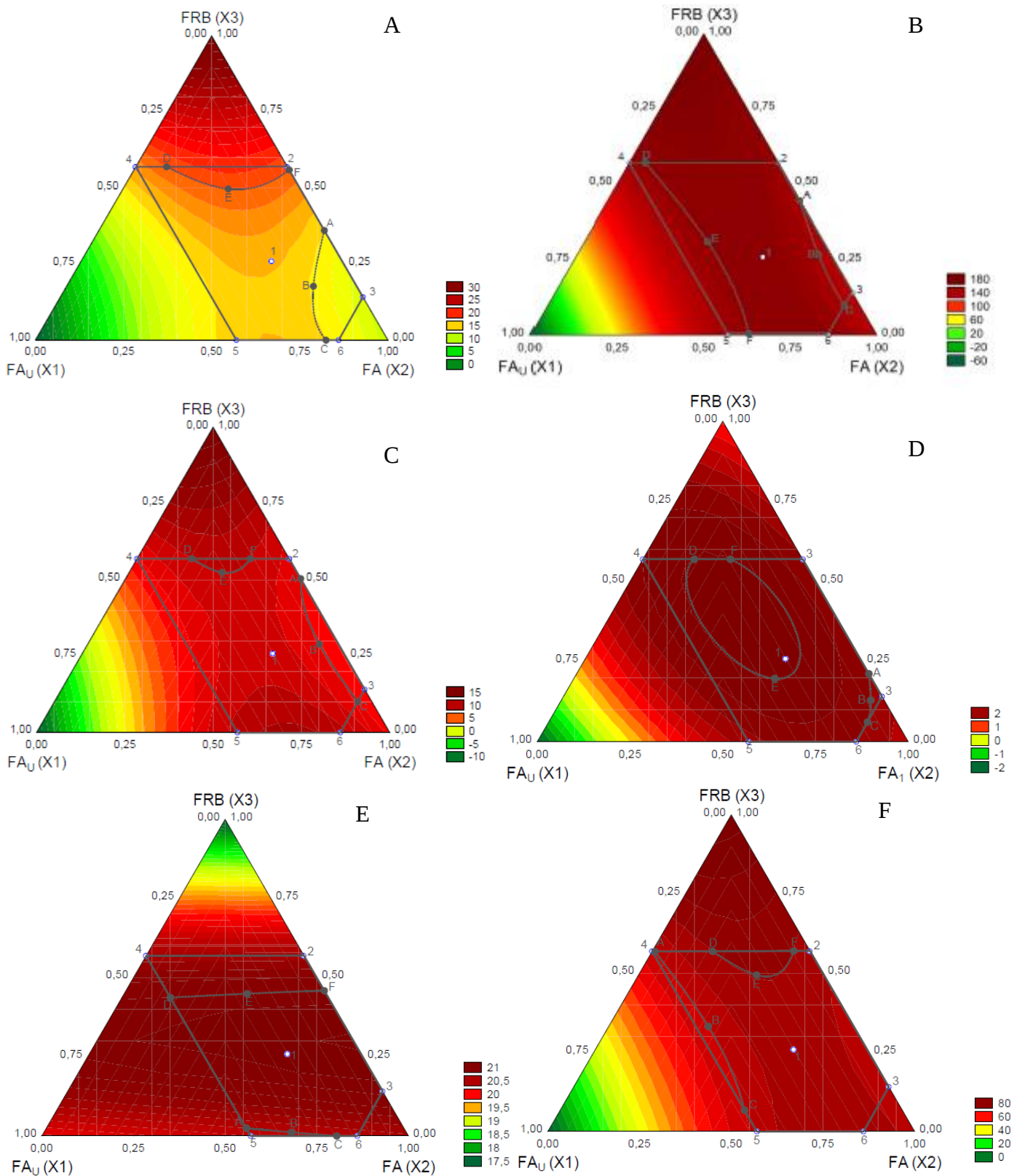


Figura 3.2 Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes) para A: tempo ótimo de cozimento (TOC); B: aumento de massa (AM); C: perda de sólidos (PS); D: firmeza; E: croma (C*); e F: ângulo Hue (H°) em função dos teores de FA_U: farinha de araruta modificada por ultrassom (X1); FA: farinha de araruta (X2); e FRB: farinha de rúmen bovino (X3).

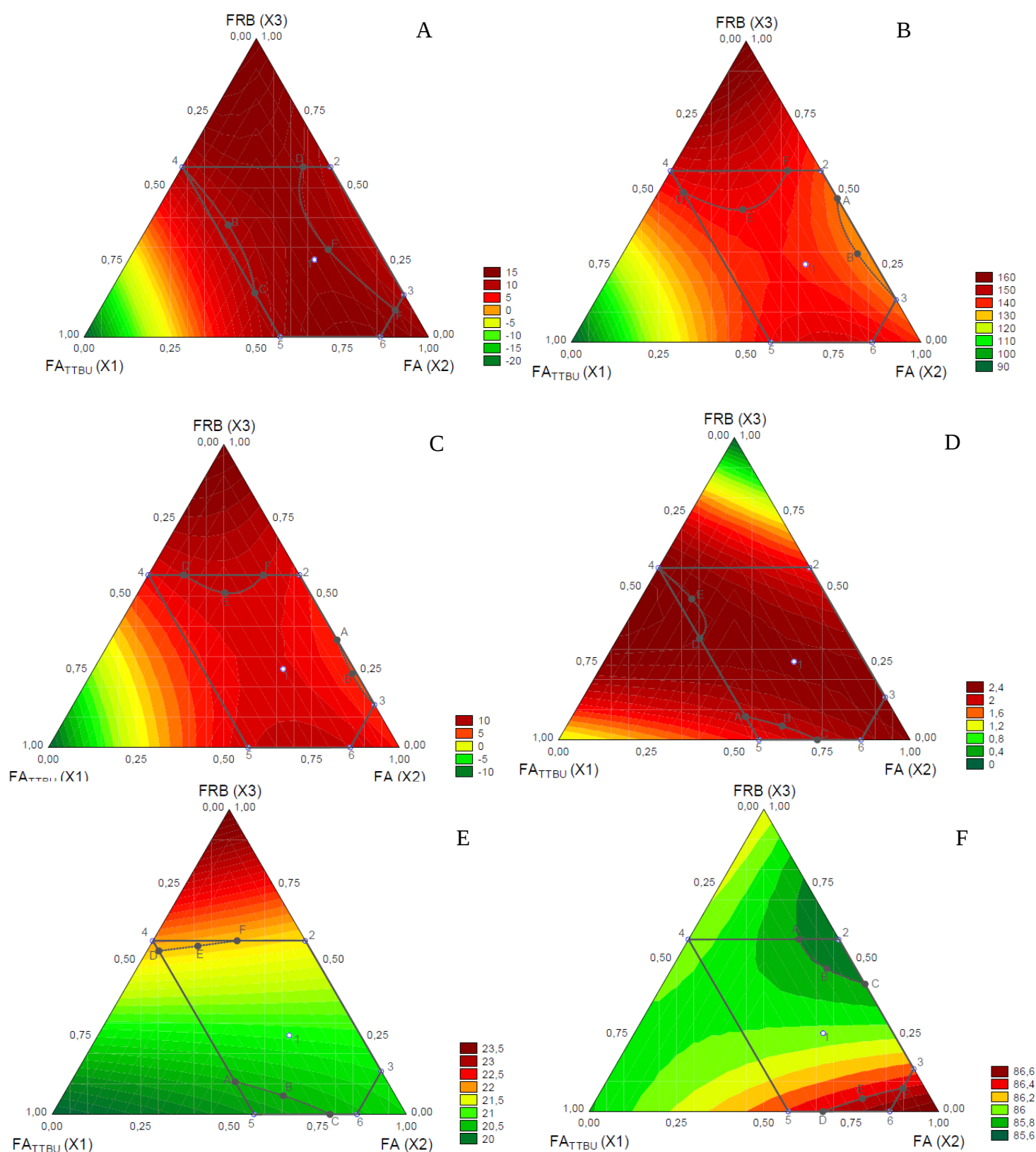


Figura 3.3 Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes) para A: tempo ótimo de cozimento (TOC); B: aumento de massa (AM); C: perda de sólidos (PS); D: firmeza; E: croma (C*); e F: ângulo Hue (H°) em função dos teores

de FA_{TTBU}: farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (X1); FA: farinha de araruta (X2); e FRB: farinha de rúmen bovino (X3).

O teste de desejabilidade é utilizado para otimização das respostas de um planejamento fatorial, envolvendo a transformação das variáveis dependentes estimadas pelos modelos estatísticos, a escala de desejabilidade pode variar de 0 (resposta inaceitável) a 1 (resposta desejada) (HARRINGTON, 1965). Após as análises tecnológicas das massas alimentícias, realizou-se o teste de desejabilidade, obtendo-se como mais desejável a formulação com menor TOC, PS, valor intermediário de AM e maiores valores de firmeza e parâmetros de cor C* e H°. Para a MA1 (Figura 3.4), o resultado do teste de desejabilidade indicou uma formulação com concentrações reais de 5g·100g⁻¹ de FA_U, 71g·100g⁻¹ de FA e 24g·100g⁻¹ de FRB.

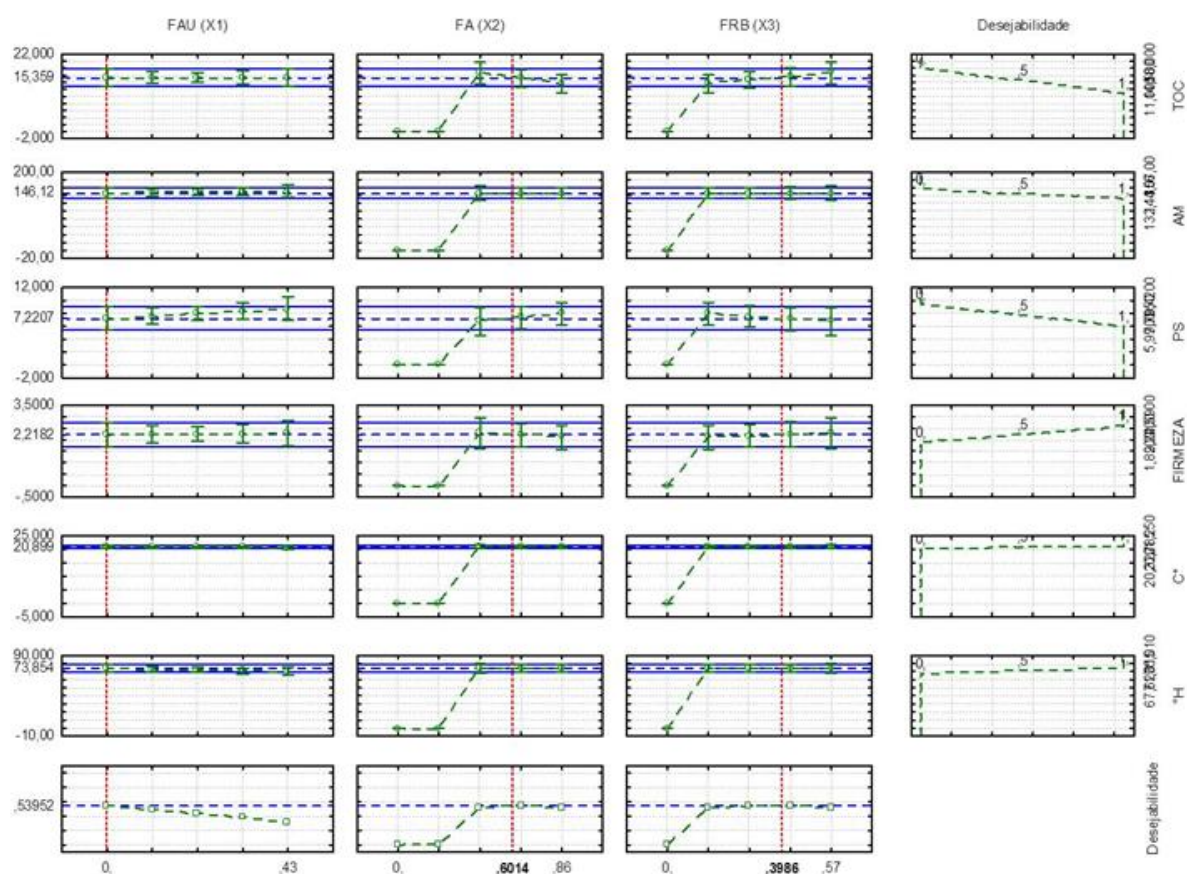


Figura 3.4 Teste de desejabilidade da MA1 (Massa Alimentícia 1) utilizando os parâmetros de tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, cor (C*) e ângulo Hue (H°).

Para a MA2 (Figura 3.5), a formulação indicada como a mais desejável foi 5g·100g⁻¹ de FA_{TTBU}, 71g·100g⁻¹ de FA e 24g·100g⁻¹ de FRB.

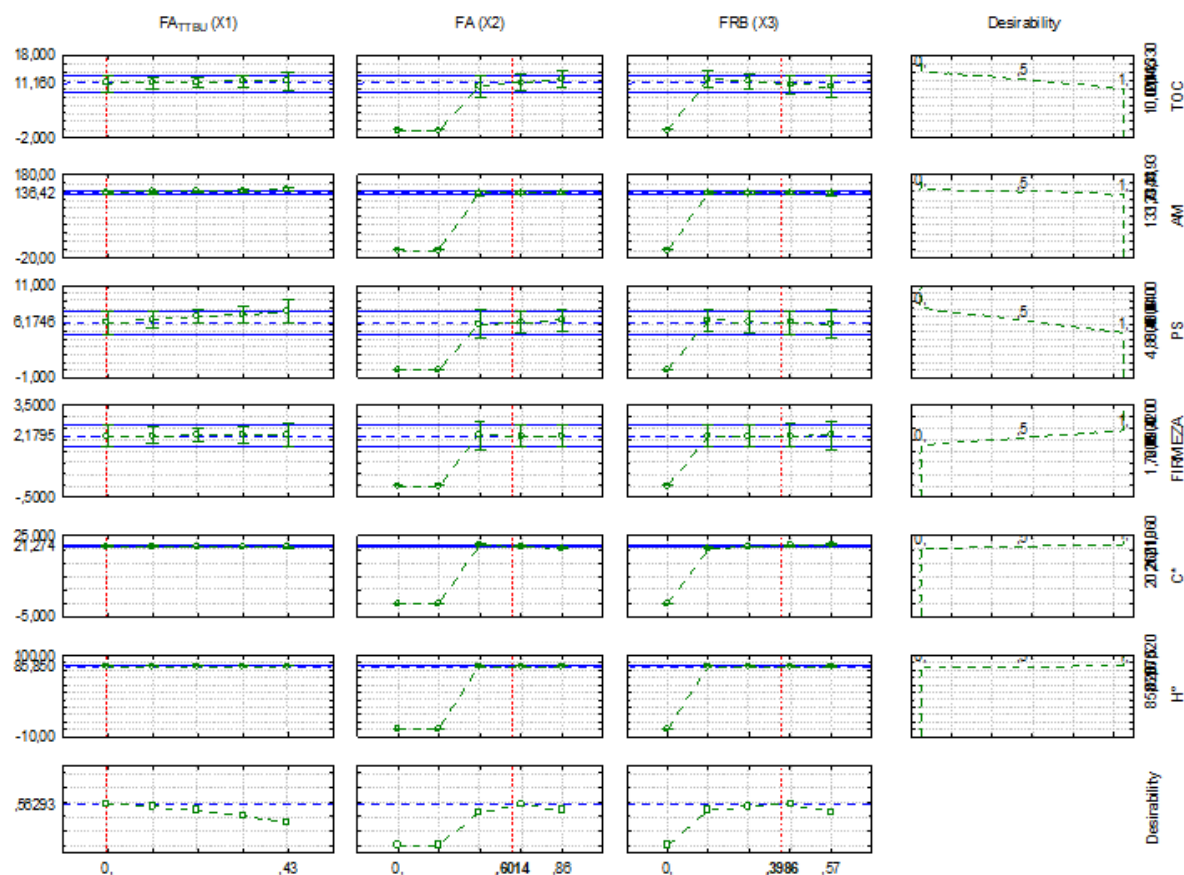


Figura 3.5 Teste de desejabilidade da MA2 (Massa Alimentícia 2) utilizando os parâmetros de tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, cor (C*) e ângulo Hue (H°).

Os resultados da validação dos modelos de tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, cor (C*) e ângulo Hue (H°) das massas alimentícias 1 e 2 selecionada estão apresentadas no APÊNDICE H.

O consumidor espera que as massas alimentícias desenvolvidas a partir de ingredientes que substituam o glúten, possuam características próximas aquelas encontradas em massas comerciais, ou seja, valores de tempo de cozimento, aumento de massa e perda de sólidos próximos aos encontrados nas massas convencionais, bem como apresentem firmeza ideal ao mastigar e cor parecida. A partir da análise tecnológica das massas de maior desejabilidade (MAS1 – massa alimentícia 1 selecionada; MAS2 – massa alimentícia 2 selecionada), foi possível comparar com as mesmas características de uma amostra de macarrão de trigo *penne* integral comercial (MC) de boa qualidade (Tabela 3.8). A análise de variância dos fatores e regressão para estes fatores estão apresentados no APÊNDICE I.

Tabela 3.8 Média e desvio-padrão das propriedades tecnológicas das massas de maior desejabilidade (MAS1 e MAS2) e de MC.

Propriedade tecnológica	MAS1 ¹	MAS2 ²	MC ³
TOC (min)	14,33 ^a ± 0,58	9,00 ^c ± 0,00	11,00 ^b ± 0,00
AM (%)	134,08 ^b ± 0,41	132,59 ^b ± 0,41	106,32 ^a ± 1,53
PS (%)	6,00 ^a ± 0,17	4,58 ^b ± 0,09	2,85 ^c ± 0,01
Firmeza (N)	2,11 ^b ± 0,13	2,10 ^b ± 0,10	3,54 ^a ± 0,05
C*	20,62 ^b ± 0,49	20,88 ^b ± 0,10	25,63 ^a ± 1,55
H°	69,57 ^c ± 0,88	84,83 ^a ± 0,13	78,98 ^b ± 0,56

Médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹MAS1 (FA_U + FA + FRB + FCM)

²MAS2 (FA_{TTBU} + FA + FRB + FCM)

³MC (macarrão de trigo *penne* integral comercial)

O valor de TOC da MAS1 é significativamente maior do que o valor de TOC da massa comercial, uma justificativa seria o fato da proteína presente na FRB e a alta concentração de fibra da FCM, absorverem mais água durante o cozimento e, portanto, reduzirem a disponibilidade de água para a gelatinização do amido, ocasionando um maior TOC. No entanto, o tempo ótimo de cozimento da MAS2 é significativamente menor. As massas selecionadas apresentam porcentagem de AM significativamente maior do que a MC. Segundo Santana et al. 2017, a farinha de trigo branca e a integral apresentam IAA de 1,15 e 1,45, respectivamente, portanto, valores abaixo dos IAA das farinhas utilizadas na elaboração das massas alimentícias que variam de 2,52 para a FA até 15,10 para a FCM, que apresenta o maior índice devido ao seu alto conteúdo de fibras. De acordo com Aravind et al. (2012) as fibras apresentam altas propriedades de absorção de água e competem com o amido pela hidratação durante o cozimento, portanto, a absorção de água pelos grânulos torna-se menor aumentando o AM devido a retenção da água pelas fibras e proteínas e consequentemente aumentando a perda de sólidos. No entanto, todas as massas alimentícias analisadas estão de acordo com os critérios de qualidade descritos por Hummel (1966), ou seja, AM de 100%, o que corresponde a um aumento de duas vezes em relação a massa original.

As massas experimentais apresentaram PS significativamente maior em comparação com a MC, possivelmente devido ao teor glúten presente na amostra comercial. Mazjoobi et al. (2012) avaliou o efeito do glúten em pó na qualidade do espaguete fresco e observou que o aumento dos teores de glúten nas amostras reduziu significativamente a perda de sólidos. Podendo assim, justificar o fato da PS ser menor na MC do que nas massas experimentais isentas de glúten. Ainda assim, as três massas estão de acordo com os critérios de qualidade

descritos por Hummel (1966) de PS menor que 6%. Em relação à firmeza, as massas alimentícias do experimento apresentaram menores valores em comparação com a MC.

O Croma (C^*) representa a saturação da cor, onde valores próximos a zero significam cores mais acinzentadas e valores mais próximas a sessenta cores mais intensas e vívidas (BEM et al., 2012). As massas alimentícias MAS1 e MAS2 apresentaram maior tendência a coloração acinzentada em comparação com a MC, provavelmente devido a coloração das matérias primas serem diferentes, as massas experimentais formuladas com farinha de araruta crua e modificada, farinha de rúmen bovino e farinha de casca de maracujá, se diferem farinha de trigo integral. O ângulo Hue (H°) é o que determina a tonalidade cromática, variando de vermelho (0°) até amarelo (90°). A MAS2 é a que mais se aproxima da tonalidade amarela, seguida da MC é então da MAS1.

3.2.3 Análises das massas alimentícias com maior desejabilidade

Os valores médios da composição proximal, valor energético total (VET), atividade de água (Aa) e potencial hidrogeniônico (pH) das massas alimentícias com maior desejabilidade estão representados na Tabela 3.9. A análise de variância dos fatores e regressão para estes fatores estão apresentados no APÊNDICE J. Não houve diferença significativa entre os valores apresentados.

Tabela 3.9 Média e desvio-padrão da composição proximal, valor energético total (VET), atividade de água (Aa) e potencial hidrogeniônico (pH) das massas alimentícias com maior desejabilidade.

Característica	MAS1 ¹	MAS2 ²
Umidade	20,10 ^a ± 0,14	20,30 ^a ± 0,16
Cinzas ³	4,22 ^a ± 0,12	4,16 ^a ± 0,09
Lipídio ³	7,62 ^a ± 0,036	7,82 ^a ± 0,19
Proteína ³	28,81 ^a ± 0,46	28,99 ^a ± 0,17
Carboidrato ³	39,25 ^a ± 0,91	38,74 ^a ± 0,20
Fibra alimentar total ³	9,24 ^a ± 0,03	9,16 ^a ± 0,02
VET ⁴	343,52	341,30
Aa	0,658 ^a ± 0,001	0,661 ^a ± 0,005
pH	6,22 ^a ± 0,02	6,21 ^a ± 0,03

Médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹MAS1 (FA_U + FA + FRB + FCM)

²MAS2 (FA_{TTBU} + FA + FRB + FCM)

³g·100g⁻¹ (base seca).

⁴kcal

A RDC nº93 da Agência Nacional da Vigilância Sanitária, dispõe sobre o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de massas alimentícias, na qual define massa alimentícia fresca como “produto que pode ou não ser submetido a um processo de secagem parcial, de forma que o produto final apresente umidade máxima de $35\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ” (BRASIL, 2000). Portanto, segundo definição da ANVISA, as massas alimentícias com maior desejabilidade estão de acordo com os parâmetros, uma vez que a MAS1 e a MAS2, apresentaram umidade de $20,10\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ e $20,30\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de umidade. O teor de cinzas das massas alimentícias, apresentaram valor elevado, podendo ser justificado pelo fato de que as farinhas de araruta e a farinha de casca de maracujá apresentaram valores entre 4,86 e $5,81\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de cinzas, provavelmente devido ao processo de produção das mesmas.

As formulações apresentaram elevado teor lipídico, três vezes mais do que a quantidade apresentada pela massa comercial ($2,5\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$). O alto teor de lipídio da MAS1 e MAS2 pode ser explicado devido à FRB que apresentou 16,12g de lipídeo em 100g de farinha e pela adição de ovo a massa que possui segundo Ormenese et al. (2004), em média $11,15\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de lipídeo. Este aspecto deve ser considerado no momento de escolha da embalagem e condições de armazenamento do produto, para que se possa evitar a oxidação lipídica, com o intuito de conservar as massas alimentícias.

As massas alimentícias experimentais apresentam em sua formulação de 28,81 e $28,99\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de proteína, segundo informação nutricional de um macarrão de trigo *penne* integral comercial em sua composição tem $11,87\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de proteína, portanto o teor de proteína das massas experimentais é duas vezes maior quando comparado a uma massa tradicional de farinha de trigo. Este valor elevado de proteína dá-se principalmente devido a utilização da farinha de rúmen bovino, que apresenta um elevado teor de proteína. Um produto sólido pronto para o consumo, para ser considerado fonte de proteína, deve ter no mínimo $6\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de proteína, e, para ser considerado como de alto teor de proteína deve apresentar $12\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (BRASIL, 2012). Portanto as massas desenvolvidas podem ser consideradas produtos com alto teor de proteína. Além disso, a Ingestão Dietética Recomendada (RDA) representa o valor de ingestão alimentar diária suficiente para atender os requerimentos da maioria (97 a 98%) dos indivíduos saudáveis de um determinado grupo de mesmo sexo e estágio de vida (PADOVANI et al., 2006). Para adultos a RDA de proteína é de 0,8g/kg/dia, uma média de 56g/dia para o sexo masculino e 46g/dia para o sexo feminino, portanto, o consumo de 100g de MAS1 representa 51,45% e 62,63% das recomendações para homens e mulheres, respectivamente. Já o consumo de 100g de MAS2 representa 51,77% e 63,02% das recomendações para o sexo masculino e feminino, respectivamente.

Na massa comercial o teor de carboidrato é de $66,25\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, quase o dobro do que as massas alimentícias experimentais apresentaram. Esse alto teor de carboidrato da MC justifica-se pelo uso apenas da farinha de trigo integral em sua composição, diferente da MAS1 e MAS2 que foram elaboradas com farinhas com propriedade nutricionais mais interessantes, como por exemplo elevado teor de proteína e de fibras. Um produto pronto para o consumo, para ser considerado fonte de fibra deve ter no mínimo $3\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de fibra, e para ser considerado como de alto teor de fibra deve apresentar no mínimo $6\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (BRASIL, 2012). MAS1 e MAS2 apresentaram teor de fibra total de 9,24 e $9,16\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Portanto, pode ser considerado como um alimento com alto teor de fibra alimentar. Em comparação com a quantidade de fibras da massa comercial ($6,5\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$), as massas experimentais apresentaram maior valor de fibras alimentares totais. A RDA de fibras alimentares totais para homens com idade entre 19-50 anos é de 38g/dia, já para mulheres com a mesma faixa etária a recomendação é de 25g/dia, portanto, o consumo de 100g da MAS1 e MAS2 garantem 24,31 e 24,10%, respectivamente, para mulheres e 36,96 e 36,64%, respectivamente para homens das recomendações. A matéria prima para produção das massas alimentícias que mais contribuiu para o elevado teor de fibras do produto foi a FCM, que além de agregar qualidade nutricional ao alimento ainda foi responsável por características funcionais como aumento na capacidade de absorção de água e de óleo, e melhoria na formação de géis, modificando as propriedades de textura, e também melhorando os processos de emulsificação (ELLEUCH et al., 2011).

O valor energético das massas experimentais é próximo ao encontrado para a massa comercial de 337,50kcal. No entanto, as massas experimentais apresentam melhor balanço nutricional, em relação aos macros nutrientes, uma vez que a composição do valor energético da MC é influenciada principalmente por carboidratos. A MAS1 e MAS2 apresentaram valor calórico de 340,82kcal/100g e 341,24kcal/100g, correspondendo a 17% das necessidades diárias da população em geral para uma dieta de 2.000kcal.

As massas apresentaram atividade de água de 0,66, valor considerado indesejável em alimentos, pois para Ferreira Neto, Figueirêdo e Queiroz (2005), valores de atividade de água acima de 0,6 há maior facilidade de crescimento de microrganismos. De acordo com a faixa de pH em que o produto se encontra, ele pode ser classificado como alimento de baixa acidez ($\text{pH} > 4,5$), ácido (pH entre 4,5 e 4,0) ou muito ácido ($\text{pH} < 4$) (AZEVEDO, et al., 2012). O pH das massas alimentícias entre 6,21 e 6,22, podem ser considerados de baixa acidez, e, portanto, mais propícios à multiplicação microbiana e à deterioração. Essas limitações podem ser contornadas com o estudo da vida útil das massas desenvolvidas.

Do ponto de vista microbiológico, as massas alimentícias estão de acordo com os parâmetros da RDC 12/2001, que estabelece os limites máximos permitidos para o grupo de alimentos caracterizado como “farinhas, massas alimentícias, produtos para e de panificação, (industrializados e embalados) e similares” (BRASIL, 2001). O resultado da análise microbiológica, apresentado na Tabela 3.10, indica que o controle higienicossanitário empregado em todo o processo de fabricação das massas alimentícias, desde a obtenção das farinhas até o processamento da massa foi realizado de acordo com as boas práticas evitando a contaminação.

Tabela 3.10 Análise microbiológica das massas alimentícias com maior desejabilidade.

Análises realizadas	Limites permitidos RDC 12/2001	Resultados encontrados	
		MAS1 ¹	MAS2 ²
Detecção de <i>Salmonella</i> spp	Ausência de <i>Salmonella</i> spp/ 25g	Ausência de <i>Salmonella</i> spp/ 25g	Ausência de <i>Salmonella</i> spp/ 25g
Contagem de Coliformes Termotolerantes	Máximo 10 ²	< 1,0 x 10 ¹ UFC/g est.	< 1,0 x 10 ¹ UFC/g est.
Contagem de Staphylococcus Coagulase Positiva	Máximo 5 x 10 ³	< 1,0 x 10 ² UFC/g	< 1,0 x 10 ² UFC/g
Contagem Presuntiva de <i>Bacillus cereus</i>	Máximo 5 x 10 ³	3,5 x 10 ² UFC/g	5 x 10 ² UFC/g

¹MAS1 (FA_U + FA + FRB + FCM)

²MAS2 (FA_{TTBU} + FA + FRB + FCM)

Dos 50 provadores aptos a participarem da pesquisa 86% são do sexo feminino e 14% do sexo masculino; 80% tinham entre 15 e 25 anos, 16% 25 a 35 anos e 4% 35 a 50 anos; 96% declararam ter ensino superior incompleto e apenas 2% ensino superior completo. A maioria (62%) nunca participou de uma pesquisa de análise sensorial. Dos provadores 100% declararam consumir massas alimentícias, 4% diariamente, 56% semanalmente, 18% três vezes por semana e 22% outras frequências de consumo.

Na Figura 3.6A é possível observar os dados da aceitação sensorial das massas alimentícias selecionadas no teste de desejabilidade (MAS1 e MAS2) em concentrações reais para os parâmetros de sabor, textura, aroma, aparência e avaliação global. Segundo Gurgel et al. (2011), o ponto de corte estabelecido para aceitação sensorial é o ponto 6 que corresponde a “gostei ligeiramente” na escala hedônica de 9 pontos. Levando em conta a avaliação global do produto, pode-se dizer que foi bem aceito uma vez que o score médio desse parâmetro foi de 6,78 e 6,24 para MAS1 e MAS2, respectivamente. Em relação aos demais parâmetros de avaliação, apenas o quesito sabor das duas massas e textura da MAS2 ficaram abaixo de 6,

revelando uma indecisão dos provadores em relação as massas alimentícias. Os resultados positivos da aceitação sensorial podem estar relacionados com o fato de massas alimentícias apresentarem, segundo Cappa e Alamprese (2017), em geral uma boa aceitabilidade, por ter um considerável consumo mundial, principalmente devido ao seu baixo custo, facilidade de preparação, versatilidade e longa vida útil.

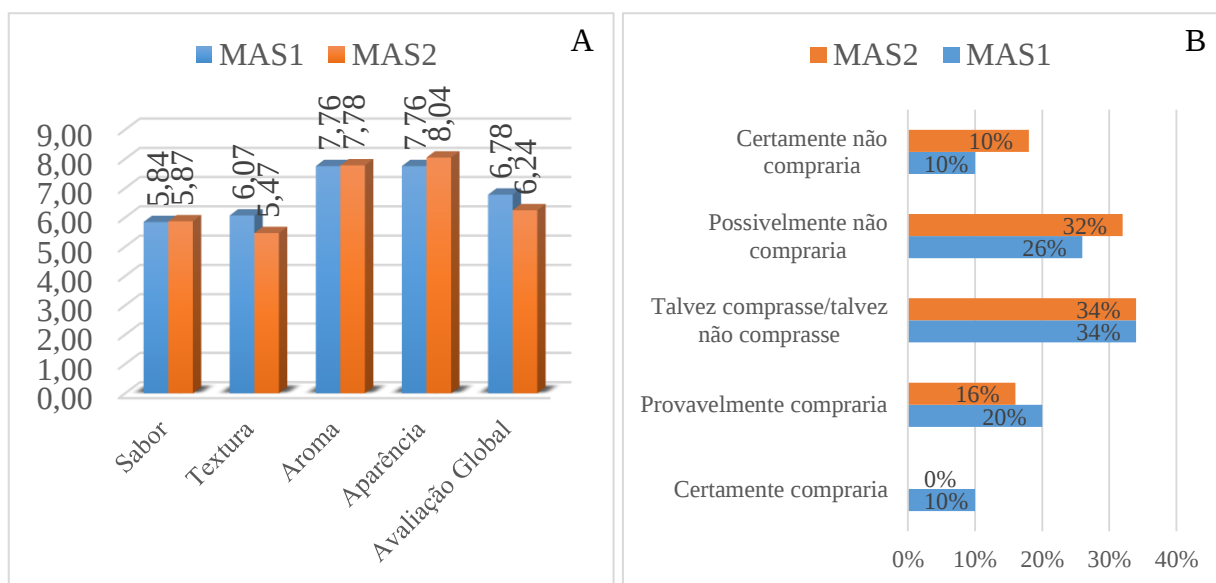


Figura 3.6 A: Aceitação sensorial da massa alimentícia 1 selecionada (MAS1) e massa alimentícia 2 selecionada (MAS2) em concentrações reais para os parâmetros de sabor, textura, aroma, aparência e avaliação global; B: Intenção de compra da massa alimentícia 1 selecionada (MAS1) e massa alimentícia 2 selecionada (MAS2).

Os fatores “provavelmente compraria” e “certamente compraria” podem ser considerados como pontos positivos e os fatores “talvez comprasse/talvez não comprasse”, “possivelmente não compraria” e “certamente não compraria” como negativos. Portanto, a análise de intenção de compra apresentou aceitação negativa, uma vez que 84% dos provadores avaliaram a intenção de compra da MAS1 negativamente, e 70% avaliaram a intenção de compra da MAS2 negativamente (Figura 3.6B). É provável que a baixa intenção de compra esteja relacionada principalmente com o sabor das massas alimentícias, visto que é o quesito com menor nota na aceitação sensorial, este fato pode ser devido ao uso da farinha de rúmen bovino que apresenta sabor marcante.

3.4 CONCLUSÃO

As farinhas de casca de maracujá e rúmen bovino utilizadas como matéria prima para a produção das massas alimentícias apresentaram resultados de sua composição química satisfatórios, uma vez que tem alto teor de fibras e proteínas, respectivamente.

A qualidade tecnológica das massas alimentícias foi influenciada pela quantidade de farinha de araruta modificada, bem como pela quantidade de farinha de rúmen bovino adicionadas a mistura. As massas alimentícias selecionadas apresentaram valores satisfatórios para teor de fibras e proteínas, superiores a composição da massa tradicional de trigo integral. As massas alimentícias estão de acordo com as exigências microbiológicas e apresentaram bons resultados no teste de aceitação sensorial.

Portanto, é viável tecnologicamente e nutricionalmente produzir massas alimentícias utilizando farinha de araruta crua e modificadas com adição de coprodutos agroindustriais com o intuito principal de enriquecimento do alimento.

3.5 REFERÊNCIAS

- AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the AACC**, St. Paul, 2000.
- ABRAHAM, T. E. Stabilization of paste viscosity of cassava starch by heat-moisture treatment. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 45, n. 4, p. 131–135, 1993.
- ALTINDAG, G.; CERTEL, M.; EREM, F.; KONAK, U. I. Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase. **Food Science and Technology International**, Tóquio, v. 23, n. 2, p. 213-220, 2014.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIF-FN, L. Jr. Gelatinization of corn grift by roll and extrusion cook. **Cereal Science Today**, Saint Paul, v. 14, n. 1, p. 4-11, 1969.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 19 ed. Gaithersburg, 2012. 3000p.
- APRIANITA, A.; VASILJEVIC, T.; BANNIKOVA, A.; KASAPIS, S. Physicochemical properties of flours and starches derived from traditional Indonesian tubers and roots. **Journal of Food Science and Technology**, Amritsar, v. 51, n. 12, p. 3669–3679, 2013.
- AQUINO, A. C. M. S.; MÓES, R. S.; LEÃO, K. M. M.; FIGUEIREDO, A. V. D.; CASTRO, A. A. Avaliação físico-química e aceitação sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com farinha de resíduos de acerola. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 379-86, 2010.
- ARAVIND, N.; SISSONS, M.; EGAN, N.; FELLOWS, C. Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory and structural properties of durum wheat spaghetti. **Food Chemistry**, Londres, v. 130, n. 3, p. 299–309, 2012.

AZEVEDO, H. M. C.; PINTO, G. A.; BRITO, E. S.; AZEREDO, R. M. C. **Fundamento de estabilidade de alimentos**: alterações microbiológicas em alimentos durante a estocagem. 2ed. Brasília: Embrapa, 2012, 15p

BALJEET, S. Y.; RITIKA, B. Y.; ROSHAN, L. Y. Studies on functional properties and incorporation of buckwheat flour for biscuit making. **International Food Research Journal**, Selangor, v. 17, n. 1, p. 1067-1076, 2010.

BARROS NETO, B. N.; SCARMINIO, B.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Porto Alegre: Editora Bookman, 4 ed., p. 289-290, 2010.

BEM, M. S.; POLES, L. F.; SARMENTO, S. B. S.; ANJOS, C. B. P. Physicochemical and sensory properties of pasta prepared with legume flours hydrothermally treated. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 1, p. 101-110, 2012.

BERNARDO, C. O.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Efeito do ultrassom na extração e modificação de amidos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.4, p.739-746, 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº93, de 31 de outubro de 2000**. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia Brasília. Brasília, DF, ANVISA, 2000.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001**. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos e seus Anexos I e II. Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Brasília, DF, ANVISA, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº54, de 12 de novembro de 2012**. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Brasília, DF, ANVISA, 2012

BUSTOS, M. C.; PEREZ, G. T.; LEON, A. E. Combination of resistant starches types II and IV with minimal amount of oat bran yields good quality, low glycemic index pasta. **International Journal of Food Science and Technology**, Christchurch, v.48, n. 2, p.309–315, 2013.

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. L. R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

CAPPA, C.; ALAMPRESE, C. Brewer's spent grain valorization in fiber-enriched fresh egg pasta production: Modelling and optimization study. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v.82, n.1, p.464-470, 2017.

CARVALHO, A. V.; BASSINELLO, P. Z.; MATTIETO, 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 Food and Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 72-83, 2012

CASTILHO, F.; FONTANARI, G. G.; BATISTUTI, J. P. Avaliação de algumas propriedades funcionais das farinhas de tremço doce (*Lupinus albus*) e feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) *Millsp*) e sua utilização na produção de fiambre. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 68-75, 2010.

CAZARIN, C. B. B. et al. Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1699-1704, 2014.

CHUNG, H.; LIU, Q.; HOOVER, R. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. **Carbohydrate Polymers**, Bromsgrove, v. 75, n. 3, p. 436-447, 2009.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras v. 32, n. 5, p. 1543-1550, 2008.

DEUS, G. I. I.; SILVA, M. S. I. I.; SOUZA, A. R. M. I. I.; SANTIAGO, R. A. C. I. I.; LU, D. L. I. I. I. Efeitos da temperatura de secagem nos teores de compostos cianogênicos totais da casca de maracujá. **Alimentação Humana**, Porto, v.20, n.2, p.68-74, 2014.

DONNELLY, B. J. Pasta products: raw material, technology, evaluation. **Macaroni Journal**, Minneapolis, v.61, n.1, p.6-18, 1979.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry**, Londres, v. 124, n. 2, p. 411-421, 2011.

FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 795-802, 2005.

FOSCHIA, M.; PERESSINI, D.; SENSIDONI, A.; BRENNAN, C. S. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 58, n. 1, p. 216-227, 2013.

GURGEL, C. S. S.; MACIEL, J. F.; FARIAS, L. R. G.; COSTA, M. J. C.; MOREIRA, R. T. Consumer acceptance and purchase intention of bread enriched with milk serum and calcium carbonate. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 3, p. 283-289, 2011.

HARRINGTON JUNIOR, E. C. **The desirability function**. Industrial Quality Control, New York, v. 21, n. 10, p. 494-498, 1965.

HUMMEL, C. **Macaroni products**: manufacture, processing and packing. London: Food Trade Press, Ltd., 1966, 287p.

KAUR, M.; SINGH, N.; SANDHU, K. S. Preparation and characterization of protein isolates from different lentil (*Lens culinaris*) cultivars. **Journal of Food Science and Technology**, Malden, v. 44, n. 1, p. 327-329, 2007.

KHAN, I.; YOUSIF, A.; JOHNSON, S. K.; GAMLATH, S. Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. **Food Research International**, Campinas, v. 54, n. 1, p. 578-586, 2013.

LARROSA, V.; LORENZO, G.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. **LWT – Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 96-103, 2016.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Processamento de araruta (*Maranta arundinacea*) para extração e caracterização da fração amilácea. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 5, n. 93, p. 151-155, 2002.

LÓPEZ, G.; ROS, G.; RINCON, F.; PERIAGO, M. J.; MARTÍNEZ, M. C.; ORTUÑO, J. Relationship between physical and hydration properties of soluble and insoluble fiber of artichoke. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 44, n. 9, p. 2773-2778, 1996.

MALCOLMSON, L. J.; MATSUO, R. R.; BALSHAW, R. Textural Optimization of Spaghetti Using Response Surface Methodology: Effects of Drying Temperature and Durum Protein Level. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 4, p. 417-423, 1993.

MARTI, A.; PAGANI, M. A. What can play the role of gluten in gluten free pasta? Trends in **Food Science & Technology**, v.31, n.1, p.63-71, 2013.

MATSUURA, F.C.A.U. **Estudo do albedo de maracujá e seu aproveitamento em barra de cereais**. 138p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MATTOS, L. L., MARTINS, S. I. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 50-55, 2000.

MAZJOABI, M.; OSTOVAN, R.; FARAHNAKY, A. Effect of gluten powder on the quality of fresh spaghetti made with farina. **International Journal of Food Engineering**, London, v. 8, n. 7, p. 1-14, 2012.

MERRIL, A. L. WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington: United States Department of Agriculture, 1973. 105 p.

NASCIMENTO, K. O. **Obtenção e caracterização de farinhas de rizomas e tubérculos de sistema orgânico de produção e suas potencialidades no desenvolvimento de alimentos para celíacos**. 2015. 162f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro.

NEVES, G. A. R.; SANTANA, M. F. S.; VALENÇA, R. S. F. Capacidade higroscópica de farinhas de diferentes frutas. In: VI Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário

de Iniciação Científica da EMBRAPA, 2008, Amazônia Oriental. **Anais...** Amazônia Oriental: EMBRAPA, 2008.

OLADELE, A. K.; AINA, J. O. Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*). **African Journal of Cereal Science**, Lagos, v. 6, n. 21, p. 2473-2476, 2007.

ORMENESE, R. C. C.; MISUMI, L.; ZAMBRANO, F.; FARIA E. V. Influência do uso de ovo líquido pasteurizado e ovo desidratado nas características da massa alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 2, n. 24, p. 255-260, 2004

PADALINO, L.; MASTROMATTEO, M.; DE VITA, P.; FICCO, D. B. M.; DEL NOBILE, M. A. Effects of hydrocolloids on chemical properties and cooking quality of gluten-free spaghetti. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 5, p. 972-983, 2013.

PADOVANI, R. M.; AMAYA-FARFÁN, J.; COLUGNATI, F. A. B.; DOMENE, S. M. A. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 6, p. 741-760, 2006

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. Colour measure mentand analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v. 6, n. 1, p. 36-60, 2013.

PHONGTHAI, S.; D'AMICO, S.; SCHOENLECHNER, R.; HOMTHAWORNCHOO, W.; RAWDKUEN, S. Effects of protein enrichment on the properties of rice flour based gluten-free pasta. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v.80, n. 1, p.378-385, 2017.

PITA, J. S. L. **Caracterização físico-química e nutricional da polpa e farinha da casca de maracujazeiros do mato e amarelo**. 2012. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

QUEIROZ, M. S. R.; JANEIRO, M. A. L.; CUNHA, J. S.; MEDEIROS, A. U. O.; SABAA-SRUR, M. F. F. M.; DINIZ, A. N. D. Effect of the yellow passion fruit peel flour (*Passiflora edulis f. flavicarpa deg.*) in insulin sensitivity in type 2 diabetes mellitus patients. **Nutrition Journal**, Londres, v.11, n.1, p.89-95, 2012.

REOLON, C. A.; BRAGA, G. C.; SABIBE, A. B. Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo em diferentes estádios de maturação. **BOLETIM CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 305-312, 2009.

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

SANTOS, R. O. **Efeito da adição de farinha de araruta (maranta arundinacea l.), nas propriedades físico-químicas, reológicas e funcionais de sobremesa láctea sabor baunilha**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; ISHIDA, P. M. G.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Massa alimentícia sem glúten com elevado teor proteico obtida por processo convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 908-914, 2013.

SILVA, A. **Estudo da Extrusão Termoplástica nas Características Físico-Químicas e Nutricionais do Rúmen Bovino e sua Aplicação na Alimentação Humana**. 2008. 177f. Tese (Doutorado) Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

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**, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 239-254, 2008

SILVA, A. C. C.; CRUZ, R. J.; ARÊAS, J. A. G. Influence of thermoplastic extrusion on the nutritive value of bovine rumen protein. **Meat Science**, Savoy, v. 84, n. 3, p. 409-412, 2010.

SHINTU, P. V.; RADHAKRISHNAN, V. V.; MOHANAN, K. V. Pharmacognostic standardisation of *Maranta arundinacea* L. - An important ethnomedicine. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, New Delhi, v.4, n.3, p.242-246, 2015.

SOZER, N. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v.23, n. 3, p.849-855, 2009.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3. ed. London: Elsevier, 2004.

TOMICKI, L.; RIGO, A. A.; DURIGON, A.; GUTKOSKI, L. C.; ZENI, J.; VALDUGA, E.; S. Elaboração e avaliação da qualidade de macarrão isento de glúten. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 7, p. 1311-1318, 2015.

ZAMBIAZI, R.C. **Análise Físico Química de Alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010.

WASZCZYNSKYJ, N.; RAO, C. S.; SILVA, R. S. F. Extraction of proteins from wheatbran: application of carbohydrates. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 58, n. 4, p. 264-266, 1981.

ZANATTA, C. L.; SCHLABITZ, C.; ETHUR, E. M. Avaliação físico-química e microbiológica de farinhas obtidas a partir de vegetais não conformes à comercialização. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 459-468, 2010.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os processos físicos de modificação (ultrassom e tratamento térmico de baixa umidade) afeta as propriedades de hidratação, térmicas e de pasta da farinha de araruta.
- A farinha de araruta, farinha de casca de maracujá e farinha de rúmen bovino reúnem características físicas, químicas e microbiológicas vantajosas, apresentando alto potencial como ingrediente alimentar.
- É viável a produção de massas alimentícias a partir de farinha de araruta crua e modificada, farinha de casca de maracujá e farinha de rúmen bovino, com características parecidas às das massas alimentícias comerciais.

APÊNDICE A

Tabela A. Média e desvio-padrão do índice de absorção de água (IAA); índice de solubilidade de água (ISA) em diferentes temperaturas (28 e 80°C); viscosidade à frio (VFr); viscosidade de pico (VP); viscosidade de quebra (VQ); viscosidade final (VF); tendência a retrogradação (TR); e entalpia de gelatinização (ΔH) nos diferentes tratamentos de farinha de araruta modificada por ultrassom variando intensidade (%) e tempo (min).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
IAA 28°C	3,99±0,12	4,17±0,18	4,60±0,20	5,42±0,25	4,36±0,18	5,25±0,23	4,21±0,14	5,87±0,12	6,78±0,28	6,69±0,29	6,99±0,17
ISA 28°C	15,59±0,48	10,59±0,13	14,86±0,24	14,72±0,66	13,07±0,52	17,39±0,77	10,08±0,47	15,72±0,67	23,06±1,00	23,08±1,13	23,08±0,49
ISA 80°C	14,36±0,62	18,59±0,80	19,80±0,79	37,44±0,82	17,27±0,23	31,73±1,43	17,07±0,53	33,25±1,59	35,11±0,91	35,07±1,12	35,73±1,04
VP	1651,50±16,26	1479,00±14,14	983,50±17,68	75,00±1,41	1721,50±3,54	88,00±1,41	1566,50±21,92	80,00±2,83	93,50±0,71	268,00±5,66	103,50±0,71
VQ	790,00±4,24	657,00±16,97	140,0±1,41	4,00±0,00	713,50±3,54	3,00±0,00	750,00±1,41	3,00±0,00	3,50±0,71	5,50±0,71	4,00±0,00
VF	1311,50±35,65	1206,00±12,73	1116,00±24,04	110,50±0,71	1539,50±2,12	141,00±1,41	1243,50±30,41	119,50±2,12	155,00±1,41	372,00±8,49	166,00±2,83
TR	450,00±22,63	384,00±15,56	272,50±7,78	39,50±0,71	531,50±2,12	56,00±0,00	427,00±9,90	42,50±0,71	65,00±1,41	109,50±3,54	66,50±2,12
ΔH	12,50±0,61	12,20±0,28	9,50±0,22	0,00±0,00	11,70±0,30	0,00±0,00	10,90±0,49	0,00±0,00	1,40±0,05	4,25±0,17	0,59±0,02

APÊNDICE B

Tabela B. Validação modelos do índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) em diferentes temperaturas (28 e 80°C), pico de viscosidade à frio (PVF); pico de viscosidade à quente (PVQ); quebra de viscosidade (QV); viscosidade final (VF); tendência a retrogradação (TR); e entalpia de gelatinização (ΔH) nos diferentes tratamentos de farinha de araruta modificada por ultrassom variando intensidade (%) e tempo (min).

Característica	Valores mensurados	Valores esperados	%
IAA 28°C	5,48	6,07	90,33
ISA 28°C	15,02	21,10	71,20
ISA 80°C	28,52	28,58	99,78
VP	663,50	664,99	99,78
VQ	197,50	209,22	94,40
VF	608,00	678,15	89,66
TR	208,50	222,32	93,78
ΔH	6,13	4,64	75,69

APÊNDICE C

Tabela C1. Análise de variância dos fatores e regressão para o índice de absorção de água ($g_{gel} \cdot g_{matéria\ seca}^{-1}$) a 28°C da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	294,6544	1	294,6544	12873,37	0,000000
Temperatura (°C)	0,0911	1	0,0911	3,98	0,069260
Tempo (min)	4,4969	2	2,2484	98,23	0,000000
Temperatura (°C) x tempo (min)	0,4424	2	0,2212	9,66	0,003160
Erro	0,2747	12	0,0229		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela C2. Análise de variância dos fatores e regressão para o índice de solubilidade em água ($g \cdot 100g^{-1}$) a 28°C da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	3301,426	1	3301,426	18862,45	0,000000
Temperatura (°C)	0,944	1	0,944	5,39	0,038585
Tempo (min)	2,129	2	1,065	6,08	0,014994
Temperatura (°C) x tempo (min)	17,261	2	8,630	49,31	0,000002
Erro	2,100	12	0,175		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela C3. Análise de variância dos fatores e regressão para o índice de solubilidade em água ($g \cdot 100g^{-1}$) a 80°C da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	7266,530	1	7266,530	12645,45	0,000000
Temperatura (°C)	190,514	1	190,514	331,54	0,000000
Tempo (min)	91,964	2	45,982	80,02	0,000000
Temperatura (°C) x tempo (min)	73,620	2	36,810	64,06	0,000000
Erro	6,896	12	0,575		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela C4. Análise de variância dos fatores e regressão para a viscosidade de pico (VP) da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	731445,1	1	731445,1	116256,2	0,00
Temperatura (°C)	116403,1	1	116403,1	18501,2	0,00
Tempo (min)	456571,8	2	228285,9	36283,8	0,00
Temperatura (°C) x tempo (min)	56382,3	2	28191,1	4480,7	0,00
Erro	75,5	12	6,3		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela C5. Análise de variância dos fatores e regressão para a viscosidade de quebra (VQ) da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	18432,00	1	18432,00	80,48908	0,000001
Temperatura (°C)	7688,00	1	7688,00	33,57205	0,000086
Tempo (min)	23556,00	2	11778,00	51,43231	0,000001
Temperatura (°C) x tempo (min)	10108,00	2	5054,00	22,06987	0,000095
Erro	2748,00	12	229,00		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela C6. Análise de variância dos fatores e regressão para a viscosidade final (VF) da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	880464,5	1	880464,5	427,6348	0,000000
Temperatura (°C)	82418,0	1	82418,0	40,0298	0,000038
Tempo (min)	373159,0	2	186579,5	90,6202	0,000000
Temperatura (°C) x tempo (min)	29968,0	2	14984,0	7,2776	0,008515
Erro	24707,0	12	2058,9		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela C7. Análise de variância dos fatores e regressão para a tendência a retrogradação (TR) da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	53901,39	1	53901,39	48,29273	0,000015
Temperatura (°C)	2200,06	1	2200,06	1,97113	0,185676
Tempo (min)	5646,78	2	2823,39	2,52960	0,121153
Temperatura (°C) x tempo (min)	6162,11	2	3081,06	2,76046	0,103216
Erro	13393,67	12	1116,14		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela C8. Análise de variância dos fatores e regressão para o ΔH da farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	1305,946	1	1305,946	8014,024	0,000000
Temperatura (°C)	0,041	1	0,041	0,253	0,623859
Tempo (min)	27,128	2	13,564	83,238	0,000000
Temperatura (°C) x tempo (min)	7,592	2	3,796	23,293	0,000074
Erro	1,955	12	0,163		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

APÊNDICE D

Tabela D1. Análise de variância dos fatores e regressão para a índice de absorção de água (IAA) das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	170,3838	1	170,3838	9247,705	0,000000
IAA (g·100g ⁻¹)	15,3677	2	7,6838	417,045	0,000000
Erro	0,1105	6	0,0184		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela D2. Análise de variância dos fatores e regressão para a índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	1651,586	1	1651,586	7700,327	0,000000
ISA (g _{gel} /g _{matéria seca})	18,643	2	9,322	43,461	0,000269
Erro	1,287	6	0,214		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela D3. Análise de variância dos fatores e regressão para a viscosidade de pico (VP) das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	5260321	1	5260321	1990,33	0,000001
Viscosidade de pico (cP)	378422	2	189211	715,81	0,000096
Erro	793	3	264		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela D4. Análise de variância dos fatores e regressão para a viscosidade de quebra (VQ) das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	941688,2	1	941688,2	5978,972	0,000005
Viscosidade de quebra (cP)	194224,3	2	97112,2	616,585	0,000120
Erro	472,5	3	157,5		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela D5. Análise de variância dos fatores e regressão para a viscosidade final (VF) das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	3655082	1	3655082	29279,69	0,000000
Viscosidade final (cP)	244891	2	122446	980,87	0,000060
Erro	375	3	125		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela D6. Análise de variância dos fatores e regressão para tendência de retrogradação (TR) das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	290400,0	1	290400,0	8625,743	0,000003
Tendência de retrogradação (cP)	46111,0	2	23055,5	684,817	0,000102
Erro	101,0	3	33,7		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela D7. Análise de variância dos fatores e regressão para temperatura inicial de gelatinização (T_i) das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	41918,47	1	41918,47	36425,85	0,000000
T _i	118,91	2	59,46	51,67	0,000165
Erro	6,90	6	1,15		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela D8. Análise de variância dos fatores e regressão para temperatura de gelatinização (T_g) das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	57848,86	1	57848,86	4711874	0,000000
T _g	37,35	2	18,68	1531	0,000000
Erro	0,07	6	0,01		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela D9. Análise de variância dos fatores e regressão para temperatura final de gelatinização (T_f) das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	70472,55	1	70472,55	69289,24	0,000000
T _f	14,50	2	7,25	7,13	0,026001
Erro	6,10	6	1,02		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela D10. Análise de variância dos fatores e regressão para entalpia de gelatinização (ΔH_{gel}) das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	596,0271	1	596,0271	4276,397	0,000000
ΔH_{gel}	65,9113	2	32,9557	236,451	0,000002
Erro	0,8363	6	0,1394		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

APÊNDICE E

Tabela E1. Análise de variância dos fatores e regressão para a umidade das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	1167,2530	1	1167,2530	42945,05	0,000000
Umidade (g·100g ⁻¹)	0,0300	2	0,0150	0,56	0,580876
Erro	0,6520	24	0,0270		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E2. Análise de variância dos fatores e regressão para a cinzas das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	641,4574	1	641,4574	42967,15	0,000000
Cinzas (g·100g ⁻¹)	0,0023	2	0,0012	0,08	0,925361
Erro	0,3583	24	0,0149		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E3. Análise de variância dos fatores e regressão para a proteína das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	1025,512	1	1025,512	106266,7	0,000000
Proteína (g·100g ⁻¹)	0,012	2	0,006	0,6	0,557875
Erro	0,232	24	0,01		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E4. Análise de variância dos fatores e regressão para a lipídio das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	8,952193	1	8,952193	28530,36	0,000000
Lipídio (g·100g ⁻¹)	0,001289	2	0,000645	2,05	0,150084
Erro	0,007531	24	0,000314		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E5. Análise de variância dos fatores e regressão para a carboidrato das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	180716,4	1	180716,4	2201376	0,000000
Carboidrato (g·100g ⁻¹)	0,1	2	0	1	0,586426
Erro	2	24	0,1		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E6. Análise de variância dos fatores e regressão para a fibra alimentar total das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	81,77042	1	81,77042	148673,5	0,000000
Fibra alimentar total (g·100g ⁻¹)	0,00163	2	0,00082	1,5	0,356249
Erro	0,00165	3	0,00055		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E7. Análise de variância dos fatores e regressão para a atividade de água das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	1,222499	1	1,222499	1584,46	0,000000
Aa	0,002655	2	0,001327	1,72	0,256688
Erro	0,004629	6	0,000772		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E8. Análise de variância dos fatores e regressão para o potencial hidrogeniônico das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	398,4016	1	398,4016	874540,1	0,000000
Ph	0,0021	2	0,001	2,3	0,184652
Erro	0,0027	6	0,0005		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E9. Análise de variância dos fatores e regressão para a luminosidade das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	129184,4	1	129184,4	1299061	0,000000
L*	13,9	2	6,9	70	0,000000
Erro	1,5	15	0,1		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E10. Análise de variância dos fatores e regressão para a cromaticidade a* das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	66,50889	1	66,50889	8802,647	0,000000
a*	2,61778	2	1,30889	173,235	0,000000
Erro	0,11333	15	0,00756		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E11. Análise de variância dos fatores e regressão para a cromaticidade b^* das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	3491,694	1	3491,694	28963,36	0,000000
b^*	8,688	2	4,344	36,03	0,000002
Erro	1,808	15	0,121		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E12. Análise de variância dos fatores e regressão para a cromaticidade C^* das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	3560,791	1	3560,791	29456,87	0,000000
C^*	8,826	2	4,413	36,51	0,000002
Erro	1,813	15	0,121		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela E13. Análise de variância dos fatores e regressão para ângulo Hue das farinhas de araruta crua (FA) e modificadas por ultrassom (FA_U) e tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	121651,1	1	121651,1	939785,6	0,000000
H°	45,5	2	22,7	175,7	0,000000
Erro	1,9	15	0,1		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

APÊNDICE F

Tabela F1. Análise de variância dos fatores e regressão índice de absorção de água (IAA) das farinhas de araruta crua (FA), farinha de araruta modificadas por ultrassom (FA_U), farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}), farinha de casca de maracujá (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	667,4736	1	667,4736	10608,36	0,000000
IAA ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$)	283,5698	4	70,8925	1126,72	0,000000
Erro	0,6292	10	0,0629		

Tabela F2. Análise de variância dos fatores e regressão índice solubilidade em água (ISA) das farinhas de araruta crua (FA), farinha de araruta modificadas por ultrassom (FA_U), farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}), farinha de casca de maracujá (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	3197,68	1	3197,68	40614	0,000000
ISA ($\text{g}_{\text{gel}} \cdot \text{g}_{\text{matéria seca}}^{-1}$)	553,599	4	139,4	1757,83	0,000000
Erro	0,787	10	0,079		

Tabela F3. Análise de variância dos fatores e regressão capacidade de absorção de óleo (CAO) das farinhas de araruta crua (FA), farinha de araruta modificadas por ultrassom (FA_U), farinha de araruta modificada por tratamento térmico de baixa umidade (FA_{TTBU}), farinha de casca de maracujá (FCM) e farinha de rúmen bovino (FRB).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	86,29539	1	86,29539	33438,49	0,000000
CAO ($\text{ml}_{\text{óleo}} \cdot \text{g}_{\text{matéria seca}}^{-1}$)	4,08432	4	1,02108	395,66	0,000000
Erro	2581	10	0,00258		

APÊNDICE G

Tabela G. Média e desvio-padrão do tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, croma (C*) e ângulo Hue (H°) das formulações experimentais de massas alimentícias.

Tratamento	TOC (min)	AM (%)	PS (%)	Firmeza (N)	C*	H°
MASSA ALIMENTÍCIA 1						
MA1T1	15,7±0,577	155,07±1,007	8,44±0,048	2,58±0,114	20,98±0,137	74,64±0,080
MA1T2	18,0±0,000	145,73±0,462	7,61±0,102	2,04±0,200	20,55±0,236	74,35±0,215
MA1T3	13,7±0,577	152,27±0,462	9,38±0,057	2,00±0,418	20,39±0,457	75,01±0,391
MA1T4	14,3±0,577	145,33±1,155	9,42±0,084	1,90±0,454	20,32±0,681	69,18±0,351
MA1T5	16,3±0,577	145,47±1,286	6,90±0,058	2,28±0,022	20,55±0,938	67,62±2,218
MA1T6	11,0±0,577	132,13±0,611	5,99±0,092	1,89±0,102	20,98±1,088	69,10±0,242
MA1T7	15,3±0,577	154,93±0,833	8,38±0,130	2,59±0,263	21,25±0,384	73,96±0,527
MA1T8	15,0±0,577	156,00±0,800	8,42±0,094	2,49±0,349	20,94±0,398	73,68±0,425
MASSA ALIMENTÍCIA 2						
MA2T1	12,33±0,577	139,60±0,693	7,20±0,124	2,31±0,075	20,67±0,292	85,86±0,932
MA2T2	10,33±0,577	136,67±1,155	6,57±0,071	1,76±0,040	21,68±0,498	85,62±0,936
MA2T3	14,33±0,577	143,73±0,462	8,04±0,104	2,15±0,075	20,40±0,218	86,52±0,370
MA2T4	11,67±0,577	142,00±0,800	7,81±0,114	1,80±0,072	20,26±0,369	86,37±0,543
MA2T5	10,00±0,000	144,93±0,833	6,72±0,129	2,42±0,113	21,96±0,553	85,97±0,803
MA2T6	10,33±0,577	133,73±2,053	4,88±0,117	2,37±0,107	20,78±0,162	86,32±0,215
MA2T7	12,00±0,000	138,93±1,007	7,20±0,065	2,30±0,111	20,79±0,126	85,87±0,517
MA2T8	12,67±0,577	139,73±0,462	7,05±0,028	2,37±0,086	20,93±0,958	85,96±1,362

*MA1 - Massa alimentícia 1: FA+FA_U+FRB+FCM

**MA2 - Massa alimentícia 2: FA+FA_{TTBU}+FRB+FCM

APÊNDICE H

Tabela H1. Validação dos modelos de tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, croma (C*) e ângulo Hue (H°) da massa alimentícia 1 selecionada (MAS1).

Característica	Valores mensurados	Valores esperados	%
TOC (min)	14,33 ± 0,58	14,61	98,11
AM (%)	134,08 ± 0,41	137,94	97,20
PS (%)	6,00 ± 0,17	6,26	95,84
Firmeza (N)	2,11 ± 0,13	2,13	98,87
C*	20,62 ± 0,49	21,04	97,99
H°	69,56 ± 0,88	70,96	98,03

Tabela H2. Validação dos modelos de tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), firmeza, croma (C*) e ângulo Hue (H°) da massa alimentícia 2 selecionada (MAS2).

Característica	Valores mensurados	Valores esperados	%
TOC (min)	9,00 ± 0,00	9,46	95,14
AM (%)	132,59 ± 0,41	132,41	100,14
PS (%)	4,58 ± 0,09	4,75	96,49
Firmeza (N)	2,10 ± 0,10	2,15	97,69
C*	20,88 ± 0,10	21,16	98,66
H°	84,83 ± 0,13	85,72	98,97

APÊNDICE I

Tabela I1. Análise de variância dos fatores e regressão do tempo ótimo de cozimento (TOC) das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2) e massa alimentícia comercial (MC).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	1178,778	1	1178,778	10609,00	0,000000
TOC (min)	43,556	2	21,778	196,00	0,000003
Erro	0,667	6	0,111		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela I2. Análise de variância dos fatores e regressão do aumento de massa (AM) das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2) e massa alimentícia comercial (MC).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	139124,0	1	139124,0	155334,0	0,000000
AM (%)	1462,6	2	731,3	816,5	0,000000
Erro	5,4	6	0,9		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela I3. Análise de variância dos fatores e regressão da perda de sólidos (PS) das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2) e massa alimentícia comercial (MC).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	182,7003	1	182,7003	15410,52	0,000000
PS (%)	15,6443	2	7,8221	659,79	0,000000
Erro	0,0711	6	0,0119		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela I4. Análise de variância dos fatores e regressão da firmeza das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2) e massa alimentícia comercial (MC).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	60,06767	1	60,06767	5992,119	0,000000
Firmeza (N)	4,15205	2	2,07602	207,096	0,000003
Erro	0,06015	6	0,01002		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela I5. Análise de variância dos fatores e regressão da cromaticidade C* das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2) e massa alimentícia comercial (MC).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	4505,542	1	4505,542	5074,824	0,000000
C*	47,795	2	23,898	26,917	0,001008
Erro	5,327	6	0,888		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela I6. Análise de variância dos fatores e regressão do ângulo Hue (H°) das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2) e massa alimentícia comercial (MC).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	54464,67	1	54464,67	149209,2	0,000000
H°	356,11	2	178,05	487,8	0,000000
Erro	2,19	6	0,37		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

APÊNDICE J

Tabela J1. Análise de variância dos fatores e regressão para a umidade das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	3264,522	1	3264,522	145069,7	0
Umidade	0,077	1	0,077	3,4	0,113028
Erro	0,135	6	0,023		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela J2. Análise de variância dos fatores e regressão para cinzas das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	140,5075	1	140,5075	12576,8	0
Cinzas	0,0085	1	0,0085	0,76	0,416212
Erro	0,067	6	0,0112		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela J3. Análise de variância dos fatores e regressão para lipídios das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	476,7872	1	476,7872	5848,81	0
Lipídios	0,0768	1	0,0768	0,943	0,369127
Erro	0,4891	6	0,0815		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela J4. Análise de variância dos fatores e regressão para proteína das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	6679,754	1	6679,754	55528,35	0
Proteína	0,064	1	0,064	0,53	0,49415
Erro	0,722	6	0,12		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela J5. Análise de variância dos fatores e regressão para carboidrato das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	12163,42	1	12163,42	28069,75	0
Carboidrato	0,51	1	0,51	1,18	0,318744
Erro	2,6	6	0,43		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela J6. Análise de variância dos fatores e regressão para o valor energético total das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	6679,754	1	6679,754	55528,35	0
Valor energético total	0,064	1	0,064	0,53	0,49415
Erro	0,722	6	0,12		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela J7. Análise de variância dos fatores e regressão para a atividade de água das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	2,610961	1	2,610961	198300,8	0
Atividade de água	0,000017	1	0,000017	1,3	0,323494
Erro	0,000053	4	0,000013		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

Tabela J8. Análise de variância dos fatores e regressão para o potencial hidrogeniônico das massas alimentícias selecionadas (MAS1 e MAS2).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	p
Interseção	231,6331	1	231,6331	408764,2	0
Potencial hidrogeniônico	0,0001	1	0,0001	0,1	0,748868
Erro	0,0023	4	0,0006		

SQ: soma dos quadrados; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F: teste F; p: valor de p.

APÊNDICE K**TESTE DE ACEITAÇÃO**

Nome: _____ **Data:** _____**Idade:** _____**Sexo:** Masculino ()Feminino ()

1. Prove a amostra e avalie de um modo geral, o quanto você gostou ou desgostou, utilizando a escala abaixo:

Amostra nº. _____

9 - Gostei muitíssimo

Sabor _____

8 - Gostei muito

Textura _____

7 - Gostei moderadamente

Aroma _____

6 - Gostei ligeiramente

Aparência _____

5 - Nem gostei/nem desgostei

Avaliação Global _____

4 - Desgostei ligeiramente

3 - Desgostei moderadamente

2 - Desgostei muito

1 - Desgostei muitíssimo

2. Se você encontrasse essa amostra à venda, você:

() Certamente compraria

() Provavelmente compraria

() Talvez comprasse/Talvez não comprasse

() Possivelmente não compraria

() Certamente não compraria

APÊNDICE L**QUESTIONÁRIO PARA RECRUTAMENTO DE PROVADORES**

Desejamos provadores para avaliar a aceitação de massa alimentícia, que está sendo desenvolvido no Laboratório de Análise Sensorial da EA/UFG. Ser um provador não exigirá de você nenhuma habilidade excepcional e não envolverá nenhuma tarefa difícil, além disso, você não é obrigado a ingerir a amostra. Por favor, preencha este formulário. Se tiver qualquer dúvida ou necessitar de informações adicionais, por favor, entre em contato (Marília, marilia.candidof@gmail.com ou Prof. Márcio, macaliari@ig.com.br).

Dados Pessoais

Nome _____

E-mail _____

1- Faixa etária

- ☐ 15-25
☐ 25-35
☐ 35-50
☐ acima de 50 anos

2- Sexo

- ☐ masculino
☐ feminino

3- Ocupação

- ☐ aluno
☐ funcionário
☐ professor
☐ outro _____

4- Escolaridade

- ☐ 1º grau
☐ 2º grau
☐ 3º grau
☐ outro _____

5- Experiência como provador: Já participou de algum teste sensorial?

- ☐ Não
☐ Sim

6- Consome macarrão?

- ☐ Não
☐ Sim

7- Com qual frequência?

- ☐ Diariamente
☐ Semanalmente
☐ 3 x por semana
☐ Outros. Qual? _____

APÊNDICE M

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada **“DESENVOLVIMENTO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS UTILIZANDO FARINHA DE ARARUTA MODIFICADA E COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS”**. Meu nome é Marília Cândido Fideles, sou a pesquisadora responsável e minha área de atuação é em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra pertence à pesquisadora responsável. Esclareço que em caso de recusa na participação você não será penalizado(a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas *sobre a pesquisa* poderão ser esclarecidas pelo pesquisador responsável, via e-mail (marilia.candidof@gmail.com) e, inclusive, sob forma de ligação a cobrar, através do seguinte contato telefônico: (62)999803823. Ao persistirem as dúvidas *sobre os seus direitos* como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa** da Universidade Federal de Goiás, pelo telefone (62)3521-1215.

1. Informações Importantes sobre a Pesquisa:

As massas alimentícias compreendem um setor da indústria de alimentos de grande expansão no mercado mundial, pois apresentam variabilidade gastronômica e nutricional. Considerando a crescente preocupação da sociedade com alimentos mais saudáveis nos últimos anos, uma das possibilidades seria criar massas ricas em fibra e proteína. Portanto o estudo “Desenvolvimento de massas alimentícias utilizando farinha de araruta modificada e coprodutos agroindustriais” tem como objetivo determinar a viabilidade tecnológica, nutricional e sensorial da utilização da farinha de araruta modificada e farinhas de resíduos de cervejaria, casca de maracujá e rúmen bovino, na produção de diferentes tipos de massas alimentícias.

A análise sensorial será realizada no Laboratório de Análise Sensorial da FANUT/UFG. Se o (a) senhor (a) aceitar participar, irá avaliar os produtos quanto a aparência, textura, sabor, aroma e intenção de compra, para tanto preencherá uma ficha de avaliação do produto tomando cerca de 10 min.

A ficha e os dados coletados serão de uso exclusivo nesta pesquisa e de acesso limitado aos pesquisadores e ficarão arquivados na EA/UFG por cinco anos e após serão incinerados. As informações desta pesquisa serão confidenciais e poderão ser divulgadas, apenas, em eventos ou publicações, sem a identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação.

A pesquisa não lhe trará danos morais, ou psicológicos. Os riscos que podem estar associados a essa análise são os de alergia a qualquer um de seus ingredientes: araruta, maracujá, resíduo de cervejaria e rúmen bovino. Não contém glúten. Caso algum provador apresente reação adversa comprovada ao produto oferecido na presente pesquisa este será encaminhado para atendimento médico.

Ao participar desta pesquisa o(a) senhor(a) colaborará para o melhor conhecimento dos atributos sensoriais deste novo produto. O(a) senhor(a) não terá nenhuma despesa para participar da pesquisa bem como nada será pago por sua participação. Apesar disso, diante de eventuais danos, identificados e comprovados, decorrentes da pesquisa, tem assegurado o direito à indenização. O (a) senhor (a) tem liberdade de recusar a participar da pesquisa em

qualquer momento sem qualquer prejuízo. Os resultados da pesquisa serão tornados públicos, sejam eles favoráveis ou não.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu,, inscrito(a) sob o RG/ CPF....., abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado “Desenvolvimento de massas alimentícias utilizando farinha de araruta modificada e coprodutos agroindustriais”. Informo ter mais de 18 anos de idade e destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador(a) responsável sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Goiânia, de de

Assinatura por extenso do(a) participante

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável