



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

YASMIN CAROLINE NÓVOA SAKURAI

DESENVOLVIMENTO DE MASSA ALIMENTÍCIA SECA, SEM GLÚTEN
COM FÉCULA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Cranz), FARINHA DE
PUPUNHA (*Bactris gasipaes* Kunth) E LINHAÇA (*Linum usitatissimum* L.)

BELÉM - PARÁ

2017

YASMIN CAROLINE NÓVOA SAKURAI

**DESENVOLVIMENTO DE MASSA ALIMENTÍCIA SECA, SEM GLÚTEN
COM FÉCULA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Cranz), FARINHA DE
PUPUNHA (*Bactris gasipaes* Kunth) E LINHAÇA (*Linum usitatissimum* L.)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dra. Luiza Helena Meller

BELÉM - PA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sakurai, Yasmin Caroline Nóvoa

Desenvolvimento de massa alimentícia seca, sem glúten com fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Cranz), farinha de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e linhaça (*Linum usitatissimum* L.)/Yasmin Caroline Nóvoa Sakurai.- 2017.

Orientador: Luiza Helena Meller da Silva

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Belém, 2017

1. Massas alimentícias 2. Amido 3. Mandioca 4. Pupunha I. Título

CDD 22.ed.664.755

YASMIN CAROLINE NÓVOA SAKURAI

**DESENVOLVIMENTO DE MASSA ALIMENTÍCIA SECA, SEM GLÚTEN
COM FÉCULA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Cranz), FARINHA DE
PUPUNHA (*Bactris gasipaes* Kunth) E LINHAÇA (*Linum usitatissimum* L.)**

Data da Avaliação: ____/____/____

Nota/Conceito: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Luiza Helena Meller

(FEA/ITEC/UFPA – Orientadora)

Profa. Dra. Lúcia Lourenço

(FEA/ITEC/UFPA – Membro Interno)

Prof. Dra. Edna Regina Amante

(FEA/PPGEAL/UFSC - Membro Externo)

Prof. Dr. Rosinelson Pena

(FEA/ITEC/UFPA - Membro Suplente)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Carlos e Cristina, aos meus irmãos Marlla e Smith (in memorian), ao meu esposo Gleyso, e a razão de todo meu esforço e amor, minha filha Maria Luiza.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus que escreve nossos caminhos. Por me iluminar me dando o dom da sabedoria nas decisões que precisei tomar, e por me carregar em seus braços nas horas que mais precisei.

Aos meus pais, Carlos e Cristina, pelo amor incondicional, pelas sugestões, pelo apoio, pela compreensão nas minhas ausências, pela força transmitida e pela confiança que foi em mim depositada.

Aos meus irmãos, Marlla e Smith (*in memoriam*), e sobrinhos Kauã e Sofia que mesmo não estando diretamente presentes contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao meu esposo Gleyso e minha Filha Maria Luiza por compreenderem minha ausência, e pela força transmitida nos momentos difíceis.

A minha orientadora, Prof. Dra. Luiza Meller pela orientação, apoio, paciência, incentivo e confiança, não só pelo desenvolvimento deste trabalho.

Aos Colegas do LAMEFI, que de todas as formas possíveis me ajudaram na realização deste trabalho. Obrigada a todos!

Aos meus amigos João Paulo e Berny pela amizade e por dividirem comigo os momentos bons e ruins ao longo destes dois anos.

O meu muito obrigado a todos que contribuíram de forma direta ou indireta na realização deste sonho!

Aos professores da banca examinadora, por aceitarem o convite.

RESUMO

SAKURAI, Y. C. N. Desenvolvimento de massa alimentícia seca, sem glúten com fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Cranz), farinha de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e linhaça (*Linum usitatissimum* L.), 2017, 83f. Dissertação: Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Pará, Belém.

A tendência do consumidor atual é utilizar alimentos de fácil preparo que, adicionalmente à qualidade nutritiva, tragam benefícios à saúde. A possibilidade de produzir industrialmente novos tipos de massas a partir de farinhas diferentes do trigo tem despertado interesse por permitir o uso de outros materiais largamente disponíveis e proporcionar aos portadores da doença celíaca produtos nutricionalmente adequados. Diante disso, foi desenvolvido um delineamento de mistura com o propósito de elaborar uma massa alimentícia seca sem glúten a partir da inclusão da fécula de mandioca, farinha de pupunha e linhaça dourada, observando o valor nutricional agregado, e suas propriedades tecnológicas (tempo ótimo de cozimento, aumento da massa e perda de sólidos). Foram avaliadas as características físico-químicas e reológicas das farinhas e da massa alimentícia, bem como a análise sensorial e microbiológica do produto. Foram utilizadas as temperaturas de secagem de 60, 75 e 90 ° C para determinar a influência dos parâmetros de secagem na qualidade e nas propriedades de textura (firmeza, elasticidade). Os resultados da composição centesimal das farinhas atenderam aos padrões exigidos pela legislação brasileira e a massa alimentícia elaborada mostrou-se mais nutritiva do que o macarrão de trigo tradicional devido à presença de carotenoides presentes naturalmente na farinha de pupunha e elevado teor de fibras (10,33 g). A adição de diferentes farinhas obteve resultado satisfatório em relação à perda de sólidos durante o cozimento (5,6 %) e aumento da massa (113,5 %). Quanto aos parâmetros de textura da massa, estes foram influenciados pelo processo de secagem, apresentando melhores resultados (firmeza 223 e 205 gf) quando secos a baixa e média temperaturas. As análises microbiológicas não apresentaram contagem acima dos limites permitidos segundo a legislação sanitária vigente. A análise sensorial obteve *score* médio superior a 7,7 apresentando um bom potencial para consumo de acordo com a literatura. Assim, a elaboração desta massa alimentícia seca, isenta de glúten, é uma alternativa viável, podendo ser utilizada tanto por indivíduos saudáveis, quanto por portadores da doença celíaca, que dispõem de poucas opções no mercado brasileiro de massas.

Palavras-chave: Massa alimentícia seca, fécula de mandioca, farinha de pupunha, linhaça, glúten.

ABSTRACT

SAKURAI, Y. C. N. Development of dry, gluten-free pasta with manioc starch (*Manihot esculenta* Cranz), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) flour and linseed (*Linum usitatissimum* L.), 2017, 83f. Thesis (Master) - Program Graduate in Food Science and Technology. Federal University of Pará, Belém.

The trend of today's consumer is to use easily prepared foods that, in addition to nutritional quality, bring health benefits. The possibility of industrially producing new types of pasta from different wheat flours has attracted interest in allowing the use of other widely available materials and providing nutritionally adequate products to celiac disease sufferers. A mixture design developed with the purpose of elaborating a gluten-free dry pasta from the inclusion of cassava starch, peach palm meal and golden linseed, observing the nutritional value added, and its technological properties (great cooking time, mass increase and loss of solids). The physico-chemical and rheological characteristics of the flours and the pasta were evaluated, as well as the sensorial and microbiological analysis. Drying temperatures of 60, 75 and 90 °C applied to determine the influence of drying parameters on quality and texture properties (firmness, elasticity). The results of the centesimal composition of the flour complied with the standards required by Brazilian legislation and the elaborated pasta showed to be more nutritious than traditional wheat pasta because of the presence of naturally occurring carotenoids in the pupunha flour and high fiber content (10.33 g). The addition of the flour mixture obtained a satisfactory result in relation to the loss of solids during cooking (5.6) and increase of the mass (113.5). As for the mass texture parameters, these were influenced by the drying process, presenting better results (firmness 223 and 205 gf) when dry at low and medium temperatures. The microbiological analyzes did not show a count above the limits allowed according to the sanitary legislation in force. The sensorial analysis obtained an average score higher than 7.7 presenting a good potential for consumption according to the literature. Thus, the preparation of this dry gluten-free food product is a viable alternative. It can be used both by healthy individuals and by celiac disease patients, who have few options in the Brazilian pasta market.

Key words: dry pasta, cassava starch, peach palm meal, flaxseed, gluten.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pupunheira (<i>Bactris gasipaes</i> Kunth)	15
Figura 2 - Frutos de pupunha (<i>Bactris gasipaes</i> Kunth)	16
Figura 3 - Evolução do tempo (t), do teor de água no produto (X), a temperatura (T) e da taxa de secagem (dX/dt)	25
Figura 4 - Curva típica de secagem	26
Figura 5 - Frutos de pupunha (<i>Bactris gasipaes</i> Kunth) usados no estudo.....	30
Figuras 6 - Mistura das farinhas: fécula de mandioca, e farinhas de pupunha e linhaça dourada.....	35
Figuras 7 - Abertura e corte da massa tipo talharim.....	36
Figura 8 - Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): tempo ótimo de cozimento (TOC)	45
Figura 9 - Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): aumento de massa (AM)	47
Figura 10 - Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): perda de sólidos em água (PS)	48
Figura 11 - Teste de desejabilidade utilizando parâmetros de tempo ótimo de cozimento, aumento de massa e perda de sólidos na água.....	49
Figura 12 - Curvas de umidade adimensional (MR) em função do tempo a diferentes temperaturas.....	49
Figura 13 - Curvas de secagem da massa alimentícia, em três temperaturas distintas, obtidas através do modelo de Midilli.....	51
Figura 14 - Representação de Arrhenius para a relação entre a difusividade efetiva (D_{eff}) e a temperatura absoluta na secagem da massa alimentícia.....	52
Figura 15 - Escores da avaliação sensorial aparência, aroma, textura e sabor da massa alimentícia seca de fécula da mandioca, e farinhas de pupunha e linhaça dourada.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proporções máximas e mínimas estabelecidas da fécula de mandioca, das farinhas de pupunha e de linhaça.....	31
Tabela 2 - Planejamento experimental de misturas com os teores da fécula de mandioca, farinhas de pupunha e de linhaça em valores reais e pseudocomponentes do planejamento experimental de mistura.....	32
Tabela 3 - Modelos matemáticos aplicados na secagem das massas alimentícias.....	35
Tabela 4 - Composição centesimal das matérias primas.....	41
Tabela 5 - Propriedades funcionais da farinha de pupunha.....	42
Tabela 6 - Modelos de regressão ajustados, coeficientes de regressão (R^2) para tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), dos macarrões experimentais em função das variáveis FM (x), FP (y) e FLD (z)	45
Tabela 7 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e o erro médio estimado (SE) dos modelos de secagem para as três temperaturas.....	50
Tabela 8 - Valores da difusividade efetiva, para a massa seca em diferentes temperaturas.....	51
Tabela 9 – Características físico-química da massa alimentícia seca.....	52
Tabela 10 - Avaliação de qualidade da massa alimentícia seca.....	53
Tabela 11 - Firmeza e elasticidade da massa seca em diferentes temperaturas.....	55
Tabela 12 - Análises microbiológicas para coliformes a 45 °C, Estafilococos coagulase positiva, Bolores e leveduras e Clostrídios sulfitos redutores da massa alimentícia.....	56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. PUPUNHA	15
3.3. FÉCULA DE MANDIOCA	17
3.4. FARINHA DE LINHAÇA DOURADA	18
3.5. MASSA ALIMENTÍCIA	20
3.5.1. Restrição alimentar e novos produtos.....	20
3.6. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	22
3.7. SECAGEM EM ALIMENTOS	23
3.7.1. Secagem da massa	26
3.8. ANÁLISE SENSORIAL	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. MATÉRIAS PRIMAS	29
4.2. PRODUÇÃO DA FARINHA DE PUPUNHA	29
4.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DAS MATÉRIAS PRIMAS.....	30
4.4. PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA FARINHA DE PUPUNHA	30
4.5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DE MISTURA.....	30
4.6. PRODUÇÃO DAS MASSAS ALIMENTÍCIAS EXPERIMENTAIS	33
4.7. CINÉTICA DE SECAGEM DA MASSA	35
4.8. DETERMINAÇÃO DA DIFUSIVIDADE EFETIVA DE UMIDADE (DEFF)....	36
4.9. ANÁLISE DA QUALIDADE DA MASSA	37
4.10. PROPRIEDADES REOLÓGICAS	38
4.9.1. Firmeza	38
4.9.2. Elasticidade.....	38
4.11. ANÁLISE QUÍMICA DA MASSA ALIMENTÍCIA.....	39
4.12. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	39
4.13. ANÁLISE SENSORIAL.....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS MATÉRIAS PRIMAS.....	41
5.3. PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS	42
5.4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DO PLANEJAMENTO DE MISTURA	43

5.5. PROPRIEDADES DE COZIMENTO	44
5.6. CINÉTICA DE SECAGEM.....	48
5.7. MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM.....	49
5.8. DIFUSIVIDADE EFETIVA (DEFF) DA MASSA SECA EM TRÊS TEMPERATURAS	51
5.9. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA MASSA ALIMENTÍCIA	52
5.10. ANÁLISE REOLÓGICA.....	53
5.11. CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE.....	55
5.12. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	56
5.13. ANÁLISE SENSORIAL.....	57
6. CONCLUSÃO	58
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro consumidor mundial de macarrão, com 1,2 milhões de toneladas por ano, atrás apenas dos Estados Unidos e da Itália (ABIMA, 2014). Em geral, a formulação tradicional da massa é composta, em sua maioria, por farinha de trigo especial, que contém baixo valor nutricional, em função da qualidade de sua proteína, aliada à deficiência em fibras. Essas deficiências podem ser compensadas pela adição de outros ingredientes as massas alimentícias, o que, aliado ao baixo custo, podem torna-los um item importante na alimentação (GARIB, 2002; NICOLETTI et al., 2007).

A possibilidade de produzir industrialmente novos tipos de massas alimentícias a partir de farinhas, diferentes da farinha de trigo, tem despertado interesse, não apenas pelo custo da matéria prima, mas por permitir o uso de outros materiais largamente disponíveis. Uma das razões para a produção de massas alimentícias não-convencionais, além do fator econômico e ambiental, é a alternativa de obter produtos isentos de glúten (SILVA et al., 2009). A produção de massa alimentícia à base de farinhas de matérias primas diferentes do trigo pode proporcionar aos intolerantes ao glúten produtos sensorialmente satisfatórios e com níveis nutricionais adequados (ONYANGO; UNDEHEND; LINDHAUER, 2009).

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) é uma palmeira nativa dos trópicos americanos, que produz frutos comestíveis (YUYAMA et al., 2003), os quais estão completamente integrados à dieta alimentar dos amazônidas (CLEMENT, 2002; REDDY 2003). Segundo Kerr et al. (1997), o fruto conhecido no Brasil como pupunha, é bastante utilizado na alimentação, em função de seu alto valor nutritivo e energético, sendo rica em proteínas, carboidratos, fibras, carotenoides, ácido ascórbico e minerais, principalmente ferro, cálcio e fósforo.

A farinha de pupunha é obtida da polpa sem casca e caroço, a qual é rica em amido (FERREIRA; PENA, 2003). A farinha de pupunha pode ser misturada à farinha de trigo. Ela diminui a força da massa pela redução do teor de glúten, proteína do trigo, e é utilizada na obtenção de massas mais leves, como a de bolos, biscoitos e macarrões (CLEMENTE; SANTOS, 2002).

Devido à suas excelentes características tecnológicas e composição química, a farinha de pupunha tem alto potencial como ingrediente para formulação de diferentes produtos para alimentação humana e em especial para portadores de doença celíaca, como em produtos de panificação, e massas alimentícias, etc.

Na complementação de uma alimentação saudável, a linhaça (*Linum usitatissimum* L.) vem sendo estudada e aplicada em alimentos funcionais. É a semente do linho, planta pertencente à família das Lináceas, que tem sido cultivada há cerca de 4000 anos nos países do mediterrâneo. Suas sementes são utilizadas como complemento alimentar por serem ricas em ácidos graxos essenciais e fibras, sendo adicionadas a pães, bolos e biscoitos (GALVÃO, 2008).

A mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) é cultivada em praticamente todo o território nacional. A fécula de mandioca apresenta características físico-químicas de grande interesse industrial, por isso é empregada na sua forma nativa diretamente na formulação de alimentos como, pães, bolos, biscoitos e massas alimentícias (EL-DASH; MAZZARI; GERMIANI, 1994; MENEGASSI; LEONEL, 2005; SHITTU et al., 2008).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho é desenvolver uma massa alimentícia seca, com farinha do fruto da pupunheira, de variedade produzida no estado do Pará, fécula de mandioca e farinha de linhaça dourada e estudar o seu comportamento neste produto alimentício.

1. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma massa alimentícia seca, sem glúten com fécula de mandioca, farinha de pupunha e linhaça dourada.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar parâmetros como a absorção de água, absorção de gordura, pH, acidez e composição centesimal da farinha de pupunha.
- Determinar as melhores condições com a maior proporção de farinha de pupunha para a produção de massa alimentícia considerando os parâmetros dos testes de cozimento.
- Após a avaliação de qualidade da massa, estudar a secagem da massa em diferentes temperaturas (60, 75 e 90 °C).
- Caracterizar a massa selecionada em relação a composição centesimal, textura instrumental, condições microbiológicas e aceitação sensorial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. PUPUNHA

A origem da pupunheira, segundo Clement (1988), está no noroeste da América do Sul. Diversas espécies foram distribuídas ao longo do sopé dos Andes, da Bolívia ao Panamá e uma destas espécies ou híbrido entre várias delas, deu origem à pupunha cultivada (*Bactris gasipaes* Kunth), que foi domesticada pelos Ameríndios.

A pupunheira é uma palmeira ereta (Figura 1), com troncos cilíndricos de 10 a 25 cm de diâmetro, normalmente cobertos de espinhos, que pode atingir 20 metros de altura na fase adulta. Apresenta-se em forma de touceira com até 20 perfilhos adultos (SILVA, 2004).

FIGURA 1: Pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth - Arecaceae).



Fonte: Ceplac, 2011

Devido à ampla variabilidade genética, a pupunheira apresenta frutos de diferentes tamanhos, cores, sabores e constituintes nutricionais (Figura 2). O formato dos frutos varia entre ovóide e cônico e a cor da casca é verde quando imaturos e varia do amarelo claro ao vermelho quando maduros. O mesocarpo varia do branco ao alaranjado. Os frutos podem ser classificados em função do tamanho em microcarpa cujo peso é inferior a 20 g e geralmente mais oleoso e fibroso; mesocarpa - frutos de tamanho médio, cujo peso varia entre 21 a 70 g, são também, oleosos e fibrosos; e macrocarpa - frutos grandes, com peso superior a 70 g, com alto teor de carboidrato e baixo conteúdo em óleo (CLEMENTE; MORA URPI, 1987).

FIGURA 2: Frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth).



Fonte: Shutterstock, 2011.

Os frutos da pupunheira podem ser agrupados em duas variedades botânicas: *Bactris gasipaes* var. *gasipaes*, que inclui todas as populações domesticadas de pupunha com frutos grandes (15 a 20 g); e *B. gasipaes* var. *chichagui*, que inclui todas as populações silvestres com frutos pequenos (1 a 15 g) (HENDERSON, 2000). Na *B. gasipaes* var. *gasipaes*, as populações de pupunha são organizadas em raças primitivas (variedades locais ou crioulas) e populações híbridas modernas (MORA URPI; CLEMENT, 1988; MORA URPI et al., 1997).

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2002), o fruto da pupunheira apresenta polpa carnuda, espessa e, às vezes, fibrosa. Os frutos são consumidos cozidos e podem ser matéria prima para a extração de óleo ou para produção de farinhas, para as mais variadas finalidades (GOIA et al., 1993).

Na composição nutricional a pupunha apresenta todos os aminoácidos essenciais, teor significativo de fibra alimentar; e os principais ácidos graxos presentes são o oléico e o palmítico. Apresenta o potássio, o selênio e o cromo como minerais majoritários (YUYAMA; COZOLLINO, 1996). A concentração de carotenóides representa um componente de grande destaque nutricional (YUYAMA et al., 2003).

Segundo Silva (2004), a potencialidade da pupunha como matéria prima para produção de uma farinha de alto valor nutritivo, e para industrialização do fruto é mais uma alternativa de agregação de renda para o produtor rural, sobretudo na região norte; além da oportunidade dos mesmos em produzir alimentos para consumo próprio.

A farinha de pupunha tem como vantagem não possuir glúten, podendo ser utilizada na formulação de produtos para grupos que necessitam de uma dieta onde esteja ausente esta proteína, como é o caso dos celíacos (CLEMENTE, 1991).

3.3. FÉCULA DE MANDIOCA

A mandioca (*Manihot*) é uma espécie da família *Euphorbiaceae* originária da América. A única espécie cultivada para consumo humano é a *Manihot esculenta*, que é um alimento de extrema importância, principalmente em países tropicais mais pobres, onde a produção é mais elevada (CEREDA, 2005).

A produção de mandioca continua crescendo na maioria dos países que a cultivam e, principalmente naqueles considerados em desenvolvimento. A produção mundial de mandioca continua com um ritmo de crescimento bastante expressivo, passando de 98,6 milhões de toneladas em 1970 para 276,7 milhões de toneladas em 2015. A maior participação na produção de mandioca é do continente africano, tendo alcançado no ano de 2015, 157,7 milhões de toneladas ou 57,4 % da produção mundial. Na sequência, a Ásia, com uma participação de 32,1 % e a América do Sul, com 10,5 %. Com relação à América do Sul, a produção de mandioca está estabilizada na média dos 24 milhões de toneladas de raiz, e o Brasil tem contribuído com 70 a 75 % desta produção (FAO, 2015).

No Brasil, a mandioca é o produto agrícola que apresenta a terceira maior produtividade, contribuindo satisfatoriamente para a economia do país. Dentre os principais estados produtores de mandioca destacam-se: o Pará, com participação de 16,9 %, Paraná com 16,2 %, e Bahia com 15,7 %. (IBGE, 2015).

Devido à mandioca ser um alimento de extrema importância para as populações, principalmente de países tropicais, onde sua produção é mais elevada, ela vem sendo utilizada como matéria prima para produtos, como a fécula (FREITAS; LEONEL, 2008).

Por apresentar características físico-químicas interessantes do ponto de vista industrial, a fécula de mandioca possui um teor de carboidratos de 85,53 %, 12,65 % de umidade, 0,61 % de fibras, 0,14 % de proteína, 1,56 % de lipídeos, 0,12 % de cinzas (FIORDA et al., 2013). Ela é utilizada na sua forma nativa na formulação de alimentos como, pães, bolos, biscoitos e massas alimentícias (EL-DASH; MAZZARI; GERMIANI, 1994; MENEGASSI; LEONEL, 2006; SHITTU et al., 2008; RODRIQUES, 2010).

Estudos realizados por Nabeshima, Hashimoto e El-Dash (2003) confirmaram que a maior mudança estrutural das massas alimentícias sem glúten ocorre a partir da gelatinização do amido, que contribui para a viscoelasticidade, sendo também identificado como o componente envolvido na adesividade e na desintegração das massas.

3.4. FARINHA DE LINHAÇA DOURADA

A linhaça é uma semente oleaginosa proveniente da planta linho (*Linum usitatissimum* L.), da família Linaceae, nativa do oeste asiático e da região do Mediterrâneo. O maior produtor e exportador mundial do produto é o Canadá, que detém cerca de 40 % da produção (OOMAH, 2001). É cultivada também em países como Argentina, Estados Unidos, Rússia e Ucrânia (MOURA, 2008).

No Brasil, o principal cultivo de linhaça está no Rio Grande do Sul, e segundo o IBGE (2010) a produção agrícola foi de 16.159 toneladas desta semente, com um rendimento de 974 kg/ha. Com a linhaça dourada representando quase 15% desta produção.

Recentes estudos têm classificado esta semente como um alimento funcional, devido à presença de nutrientes na composição, capazes de prevenir doenças cardiovasculares. Assim, a demanda é crescente no mercado de óleos e farelos (PAN et al., 2009; MOURA, 2008).

A linhaça apresenta cerca de 30 a 40 % de lipídeos, compostos em sua maioria por ácidos graxos poli-insaturados, 20 a 25 % de proteínas, 20 a 28 % de fibra alimentar total, com boa proporção entre solúveis e insolúveis, 4 a 8 % de umidade, 3 a 4 % de cinzas e vitaminas A, B, D e E (GOH et al., 2006). Vários estudos relacionam as ações farmacológicas desses compostos contra o câncer de mama, próstata e colón, diabetes, lúpus, perda óssea, doenças hepáticas, renais e cardiovasculares, com resultados favoráveis quanto aos efeitos benéficos da semente (CARRARA et al., 2009).

A composição de aminoácidos da proteína da linhaça é comparável à da soja, uma das mais nutritivas proteínas vegetais. Possui elevado teor de potássio, sendo cerca de sete vezes maior do que o da banana. A vitamina E está presente na linhaça como tocoferol, atuando como um antioxidante biológico (OLIVIERA; PIROZI; BORGES, 2007). O teor proteico da linhaça se destaca não somente pela quantidade, mas também

pela sua qualidade. As principais proteínas da linhaça são a albumina e a globulina, que correspondem a cerca de 20-42 % do teor proteico total da semente. A linhaça apresenta, ainda, quantidade considerável dos aminoácidos de cadeia ramificada, principalmente valina, leucina e isoleucina, ligados ao desempenho físico e atlético (TRUCON, 2006).

O interesse pela semente de linhaça vem aumentando devido aos efeitos fisiológicos favoráveis ao organismo humano. Estudos têm apontado que a ingestão de 10 g de linhaça ao dia promove alterações dos níveis hormonais, de colesterol total e de LDL, contribui com a redução do risco de câncer e diabetes, assim como, favorece a diminuição da agregação plaquetária, fortalecendo unhas, dentes e ossos, além de tornar a pele mais saudável (HASLER, 1998).

Esses efeitos têm sido associados à presença de componentes fisiologicamente ativos, principalmente o ácido linolênico, pertencente ao grupo ômega-3. A linhaça apresenta cerca de 60 % de ácido linolênico, sendo considerada a maior fonte vegetal deste ácido graxo essencial, cuja presença é importante na prevenção de doenças cardíacas. A linhaça também possui fitoestrógenos denominados lignanas. Estas são componentes fenólicos, com potencial anticancerígeno, além de apresentarem propriedade de aliviar sintomas da menopausa. Tem sido relacionado como potente desagregador plaquetário, diminui os teores de colesterol e inverte o processo aterosclerótico (OLIVIERA; PIROZI; BORGES, 2007; PAN et al. 2009).

Por possuir capacidade de reter água, a fibra solúvel presente na linhaça pode ser utilizada na formulação de produtos alimentícios. Além da função tecnológica, o uso dessa fibra, como ingrediente alimentar, favorece o desenvolvimento de alimentos com efeitos específicos benéficos à saúde (OOMAH; MAZZA, 1998b; JENKINS et al., 1999; MAZZA, 2000; TARPILA; WENBERG; TARLIPA, 2005; CHEN et al., 2006; TRUCOM, 2006; MORRIS, 2007).

Pohjanheimo et al. (2010) avaliaram os efeitos da adição da semente de linhaça triturada (5 %) e de óleo de linhaça (13 %) em preparações de pães. Houve melhora tecnológica na qualidade do produto, bem como no valor nutritivo, com aumento favorável na relação de ácidos graxos ω -3 (ácido α -linolênico) e ω -6 (ácido linoleico) e no teor de fibras dietéticas, o que tornou o produto como fonte de fibra.

3.5. MASSA ALIMENTÍCIA

O macarrão chegou ao Brasil trazido na bagagem de italianos refugiados, a partir daí, esse alimento foi disseminado pelo país, e possui alto índice de aceitabilidade, fazendo parte da mesa dos brasileiros (FERNANDES, 2000).

Segundo o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2005), massas alimentícias são produtos obtidos da farinha de trigo (*Triticum aestivum* L.) e ou de outras espécies do gênero *Triticum* e/ou derivados de trigo durum (*Triticum durum* L.) e/ou derivados de outros cereais, leguminosas, raízes e ou tubérculos, resultantes do processo de empasto e amassamento mecânico, sem fermentação.

O Brasil está entre os cinco maiores produtores de macarrão do mundo e no ano de 2014 exportou 23.455.356 t de massas alimentícias para diversos países. De acordo com dados da Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias (Abima), o consumo brasileiro, per capita, foi de 6,29 kg de macarrão, e cresceu de forma expressiva (ABIMA, 2014).

As massas alimentícias estão inseridas na tendência de dietas mais saudáveis, que recomenda a ingestão de alimentos ricos em carboidratos complexos, com teor reduzido de sódio e baixo teor de gordura. Se forem enriquecidas com vitaminas, minerais ou fibras, as massas alimentícias podem ser utilizadas para melhorar a dieta nos países em desenvolvimento (GUERREIRO, 2006).

A grande aceitabilidade e a praticidade no preparo têm aumentado significativamente o consumo de massas. Esse aumento também está relacionado com maior estabilidade durante o armazenamento, e com a facilidade no preparo (SPANHOLI; OLIVEIRA 2009).

3.5.1. Restrição alimentar e novos produtos

Na busca da melhoria nutricional de produtos utilizados pelos brasileiros, mantendo seu custo acessível, uma alternativa seria estudar o comportamento tecnológico e nutricional da adição de fontes alternativas na formulação de macarrão (NICOLETTI et al., 2007). O uso de farinhas alternativas em formulações do macarrão

pode conferir características de qualidade, proporcionando modificações nutricionais (INGLETT et al., 2005).

Diversas pesquisas têm sido realizadas no intuito de encontrar fontes alternativas para a substituição do trigo, na produção de massas alimentícias (KIM; WIESENBORN, 1996; CHILLO et al., 2008; CHILLO et al., 2010; CHOO; AZIZ, 2010). Esses estudos são importantes, pois podem oferecer mais opções alimentícias para as pessoas intolerantes ao glúten, presente no trigo, aveia, cevada e malte (THOMPSON et al., 2005). As farinhas que compõem os alimentos ricos em glúten devem ser substituídas por outras farinhas para possibilitar que os intolerantes ao glúten possam ingerir diferentes tipos de alimentos. A produção de massa alimentícia à base de farinhas de matérias primas diferentes do trigo pode proporcionar à esta categoria de consumidores produtos sensorialmente satisfatórios e com níveis nutricionais adequados (ONYANGO; UNDEHEND; LINDHAUER, 2009).

Estudos comprovam que massas alimentícias, não convencionais e de boa qualidade, podem ser obtidas a partir da utilização de tecnologias que explorem as propriedades funcionais (tecnológicas) de componentes da matéria prima, como o amido, ou adicionar farinhas ricas em proteínas, que são capazes de formar uma estrutura semelhante a do glúten (MENEGLASSI; LEONEL, 2006; ORMENESE; CHANG, 2002).

Diversos produtos vêm sendo desenvolvidos com substituição parcial ou integral da farinha de trigo visando oferecer ao consumidor produtos diferenciados do ponto de vista tecnológico e nutricional. Entre esses destaca-se: biscoitos (MACIEL, 2008; ASSIS, 2009; ŠKRBIĆ; CVEJANOV, 2011), pães (BORGES, 2010), panetones (OLIVEIRA, 2010), massas de macarrão (KIRINUS, 2010), entre outros.

Nabeshima, Hashimoto e El-dash (2003) estudaram os efeitos da adição de emulsificantes em massas alimentícias sem glúten, produzidas a partir de farinha de arroz, e verificaram melhora na qualidade do produto, principalmente pela propriedade lubrificante, que facilitou o processo de extrusão, possibilitando neste processo o uso de temperaturas acima de 90 °C, sem formação de bolhas no interior das massas.

Estudos realizados por Borges et al. (2003), utilizando farinha de quinoa e de arroz para a produção de macarrões, constataram que houve homogeneidade no

tamanho de partículas das matérias primas permitindo a obtenção de um produto uniforme e adequadamente cozido. Além disso, os macarrões pré-cozidos apresentaram tempo de cozimento correspondente à metade do tempo de cozimento do macarrão de farinha de trigo.

Ao desenvolverem um macarrão instantâneo de trigo, mandioca e soja, Sannil et al. (2007) concluíram que o tratamento 60:30:10, apresentou ótima aceitação sensorial se aproximando da amostra controle, com 100 % de trigo e que amostras adicionadas de mandioca apresentaram alto teor de fibras e carboidratos e baixa fração lipídica.

O desenvolvimento de massas alimentícias de amaranto, enriquecidas com farinha de quinoa e ervilha foi estudado por Chillo et al. (2008), que concluíram que todos os tratamentos obtiveram excelentes propriedades sensoriais, apresentando volume, firmeza e tempo de cozimento satisfatórios.

Toh (1996) patenteou um processo para produção de massas alimentícias instantâneas de arroz, aplicando vapor como pré-tratamento da farinha de arroz, para promover parcial gelatinização do amido, seguida da adição de água quente para obtenção da massa, e extrusão para dar formato, gelatinização da superfície pela passagem das massas no vapor e na água quente, e finalmente, secagem até 15 % de umidade. Os produtos obtidos apresentaram boa qualidade de textura e baixa perda de sólidos.

Neste contexto, observa-se uma vasta literatura quanto à produção de massas alimentícias secas com matérias primas diferentes do trigo.

3.6. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A mistura de matérias primas é de fundamental importância para os diversos setores tecnológicos. Os planejamentos experimentais para o estudo de misturas têm encontrado larga aplicação na ciência, na engenharia e particularmente na indústria (CORNELL, 1990). A partir de um delineamento de misturas, pode-se verificar como as propriedades de interesse são afetadas pela variação das proporções dos componentes, possibilitando a previsão quantitativa das propriedades de qualquer formulação, no sistema estudado, realizando somente alguns experimentos (ALEXANDRE et al., 2001; SCHABBACH et al.; 2003).

A utilidade dos experimentos com misturas está no fato deles permitirem reduções significativas no tempo e nos custos de desenvolvimento de formulações, possibilitando a obtenção de resultados robustos e confiáveis. Isso, muitas vezes, significa a diferença entre a viabilidade ou não do desenvolvimento de um produto ou até mesmo da sobrevivência de uma empresa no mercado (PASA, 1996). Os métodos de experimentos com misturas representam uma importante área da estatística aplicada. Estes métodos são de vital importância na ciência dos alimentos e na indústria, já que todos os alimentos são misturas de um número diferente de ingredientes (BJERKE et al., 2000).

A metodologia de superfície de resposta é composta de técnicas matemáticas e estatísticas, as quais são úteis na modelagem e análise de problemas nos quais a resposta de interesse é função de diversas variáveis. O objetivo final é determinar o ajuste das condições operacionais (no caso de misturas, a proporção dos componentes), que otimiza a resposta do sistema, ou ao menos, a região do espaço fatorial dentro da qual as especificações são satisfeitas (BOX; DRAPER, 1987). Os polinômios canônicos de Sheffé são utilizados especificamente para experimentos com misturas, em geral, as formas canônicas dos modelos de misturas são: linear, quadrático, cúbico completo e cúbico especial. Os coeficientes destas equações são determinados por rotinas de regressão linear múltipla. A análise de regressão consiste em estimar os parâmetros desconhecidos do modelo de regressão, ou seja, ajustar o modelo aos dados, além de verificar a adequação do modelo escolhido para representar a resposta de interesse (CORNELL, 1990).

3.7. SECAGEM EM ALIMENTOS

A secagem é uma importante operação unitária na conservação de alimentos, pois tem a finalidade de reduzir a atividade de água e conseqüentemente a ação microbiana, reações enzimáticas no produto e aumentar a vida útil. Neste sentido, diversos trabalhos vêm sendo publicados, principalmente relacionados à industrialização de alimentos (PARK et. al., 2001)

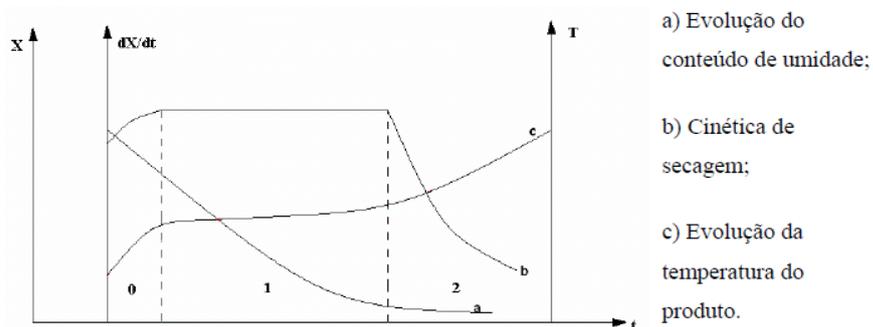
O processo de secagem contribui para a concentração dos nutrientes, bem como, diminuição de peso e volume, fato que incide na redução dos custos de transporte, embalagem e armazenamento de alimentos. A secagem pode ser natural, quando é realizada em condições ambientais, sem o uso de equipamentos, o que dificulta o total

controle sobre fatores como temperatura, umidade, tempo e presença de contaminantes físicos e biológicos. Na secagem artificial, por sua vez, o processo ocorre em secadores adiabáticos, que utilizam o ar como meio de transferência do calor, ou em secadores com transferência de calor por superfície sólida. Neste caso, não há necessidade de aquecimento de grandes volumes de ar e a desidratação pode acontecer na ausência de oxigênio (vácuo), para proteger os componentes do alimento que são facilmente oxidados (OETTERER, 2006).

Segundo Park et al. (2004), a secagem é uma das mais antigas operações unitárias, utilizada nos mais diversos processos – indústrias agrícolas, cerâmicas, químicas, alimentícias, farmacêuticas, de papel e celulose, mineral e de polímeros – sendo também uma das operações mais difíceis e menos entendida, em virtude da complexidade na modelagem matemática dos fenômenos de transferência mútua de calor, massa e quantidade de movimento no material. Vários estudos são realizados para analisar este processo, considerando diversas variáveis, tais como temperatura, umidade relativa e velocidade do ar relacionada a taxa de secagem do material, bem como os mecanismos de movimento de umidade e seus efeitos sobre o produto.

O processo de secagem, fundamentado na transferência de calor e de massa, pode ser dividido em três períodos ao longo do tempo, conforme apresentado na Figura 3 (BROD; ALONSO; PARK, 1999).

FIGURA 3: Evolução do tempo (t), do teor de água no produto (X), a temperatura (T) e da taxa de secagem (dX/dt).



Fonte: BROD, 2003.

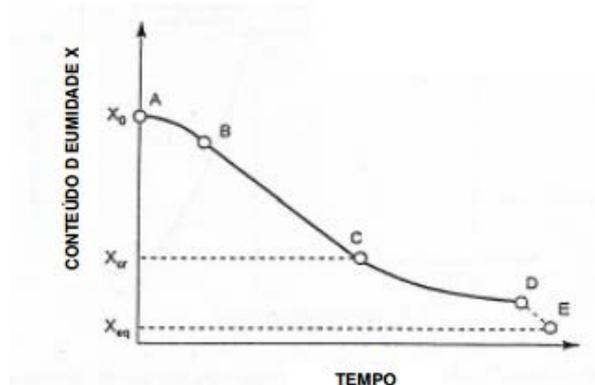
A curva (a) representa a diminuição do teor de água no produto durante a secagem (umidade do produto em base seca, X), em relação à evolução do tempo de secagem (t), ou seja, é a curva obtida pesando o produto durante a secagem em determinadas condições (BROD; ALONSO; PARK, 1999).

A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto (variação da umidade do produto com o tempo, dX/dt), ou seja, é a curva obtida diferenciando a curva (a) (BROD; ALONSO; PARK, 1999).

A curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem (variação da temperatura do produto (T) em relação à evolução do tempo t). É a curva obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem (BROD; ALONSO; PARK, 1999).

No processo de secagem, mais importante do que o estudo da dinâmica de secagem (que caracteriza os perfis de temperatura e umidade no material) é o conhecimento da cinética de secagem do material, que descreve as variações da umidade e da temperatura médias com o tempo. A cinética de secagem é tipicamente mostrada em um diagrama da umidade média, em função do tempo, como ilustrado na Figura 4 (KUDRA; STRUMILLO, 1998).

Figura 4: Curva típica de secagem.



Fonte: KUDRA e STRUMILLO (1998).

A evolução das transferências simultâneas de calor e massa no decorrer do processo de secagem faz com que este seja dividida em três períodos descritos. O primeiro período representa o início da secagem, e nele ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor da água. Essas elevações prosseguem até o ponto em que a transferência de calor seja equivalente à transferência de massa. O segundo período é caracterizado pela taxa constante de secagem, onde a água evaporada é a água livre; a transferência de massa e de calor é equivalente e, portanto, a velocidade de secagem é constante. Enquanto houver água na superfície do produto suficiente para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante. No terceiro período, a taxa de secagem é decrescente, pois a quantidade de água presente na superfície do produto é

menor, reduzindo assim a transferência de massa. A transferência de calor não é compensada pela transferência de massa; o fator limitante nessa fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. Quando o produto atinge a umidade de equilíbrio, em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado (BROD; ALONSO; PARK, 1999).

No estudo da cinética de secagem é de fundamental importância a simulação e a obtenção de informações teóricas a respeito do comportamento de cada produto durante a remoção da água, para isso utilizam-se modelos matemáticos semiempíricos ou puramente empíricos, que representem satisfatoriamente a perda de água do produto durante o processo (BERBERT et al., 1995). Os modelos semiempíricos se baseiam na analogia com a Lei de Newton para o resfriamento, aplicada à transferência de massa, enquanto que, os modelos empíricos apresentam uma relação entre o valor médio de umidade e o tempo de secagem e consideram como mecanismo principal a difusão, baseada na segunda Lei de Fick (ZANOELO et al., 2007).

Os modelos de secagem baseados na teoria de difusão de líquido têm sido preferidos por muitos pesquisadores na área de secagem de alimentos e grãos (IGBEKA, 1982; MULET et al., 1989; SERENO; MEDEIROS, 1990; QUEIROZ; NEBRA, 1997)

3.7.1. Secagem de massa

O macarrão é uma massa alimentícia que ao ser produzida apresenta uma elevada umidade, 43 % ou superior. Não pode assim ser armazenada à temperatura ambiente sem degradar. Para que possa ser armazenada e comercializada de forma conveniente, a massa deve ser seca a teores de umidades inferiores a 15 %. As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais tem-se: a facilidade na conservação do produto; a estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente por longos períodos de tempo; a proteção contra degradação enzimática e oxidativa; a redução do peso; a economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (PARK et al., 2001).

A qualidade da massa alimentícia produzida está diretamente ligada ao processo de secagem, portanto, a uma sequência de tempo de exposição a uma determinada temperatura e umidade relativa. A qualidade é consequência de uma escolha e controle

adequados do processo. O processo de secagem evoluiu ao longo do tempo, passando do emprego de temperaturas, na faixa de 40 a 55 °C, para valores mais elevados, na faixa de 85 a 90 °C (PARK et al., 2001).

Milatovich e Mondelli (1990) classificam os processos de secagem em três tipos: processo tradicional a baixa temperatura, em torno de 50 a 60 °C; processo a alta temperatura, na faixa de 65 a 75 °C; processo a altíssima temperatura, superior a 86 °C, chegando a 90 a 105 °C.

O controle da temperatura é de extrema importância para a obtenção da qualidade desejada para a massa produzida. Os parâmetros de qualidade avaliados a partir do cozimento são a firmeza, elasticidade, absorção de água, perda de sólidos na água de cozimento, aumento da massa (MANSER, 1981).

Segundo Ormenese et al. (1998), em comparação com o processo tradicional em baixa temperatura, a secagem em temperatura mais alta apresenta as seguintes vantagens: a produtividade é maior devido ao tempo de secagem menor, o que também resulta em equipamentos mais compactos e de menor custo; os macarrões secos pelo processo a alta temperatura apresentam melhor cor e melhores características de cozimento (maior firmeza, menor perda de sólidos e menor pegajosidade). A temperatura de secagem causa alterações conformacionais em grânulos de amido quando utilizadas altas temperaturas, o que melhora a qualidade de cozimento das massas (GÜLER; KÖKSEL, 2002; YUE; RAYAS DUARTE; ELIAS, 1999).

3.8. ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993) como a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição. Pode se avaliar a seleção da matéria prima a ser utilizada em um novo produto, o efeito de processamento, a qualidade da textura, o sabor, a estabilidade de armazenamento, a reação do consumidor, entre outros.

Para se fazer uma análise sensorial de um produto, existem vários métodos com objetivos específicos, que são selecionados conforme o objetivo da análise. Os testes afetivos são aqueles que visam conhecer a aceitação do provador sobre o produto (testes

de escala hedônica, escala do ideal e escala de atitude) e/ou a preferência no julgamento de diferentes amostras (testes de ordenação da preferência e preferência pareada) Estes são os principais testes aplicados a consumidores e podem ser amplamente usados no desenvolvimento de novos produtos (MEILGAARD et al., 2007).

Considerando que o teste de escala hedônica pode medir, com certa segurança, o grau de gostar e a aceitação de um produto, é possível obter através dos resultados desse teste, uma indicação do produto ou produtos que deverão receber maior atenção pela indústria dada a possibilidade de virem a se tornar sucessos comerciais (STONE & SIDEL, 2004). Pode-se inferir, também, na maioria das vezes, a preferência considerando a amostra com maior grau de aceitação como a preferida (MEILGAARD et al., 2007).

Em busca da inovação na indústria de alimentos, a meta é o lançamento de novos produtos no mercado para atender necessidades e gostos dos consumidores, como produtos mais atrativos, saborosos e digestivos. Com isso, necessita-se uma ampla quantidade e variedade de alimentos processados e com valor agregado com custo acessível, para atender a demanda do consumo atual (BRAGANTE, 2014; GIL, 2005).

Conforme pesquisa realizada pela Brasil Foods Trends (2010), as tendências e recentes exigências dos consumidores nos alimentos pelo mundo afora são, a sensorialidade, novas texturas e sabores, saudabilidade e bem-estar (alimentos funcionais, produtos para dietas e orgânicos), conveniência e praticidade (economia de tempo e esforço dos consumidores, refeições semi-prontas, alimentos de fácil preparo, embalagens de fácil abertura), confiabilidade e qualidade (produtos com segurança e qualidade, valorizando origem e os selos de qualidade) e sustentabilidade e ética, baixo impacto ambiental, além de não causar maus tratos aos animais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATÉRIAS-PRIMAS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Medidas Físicas (LAMEFI) da Faculdade de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal do Pará (UFPA), em Belém (PA). Os frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) usados no estudo (Figura 5) foram adquiridos no mercado Ver-o-peso, em Belém (PA).

A farinha de linhaça dourada e a fécula de mandioca usadas na formulação da massa foram adquiridas no comércio local, dos municípios de Belém e Santa Izabel, respectivamente.

FIGURA 5: Frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) usados no estudo.



Fonte: Própria autoria.

Os frutos foram transportados até o laboratório da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, onde foram selecionados observando ausência de manchas e deterioração, e submetidos à lavagem com água corrente. Em seguida passaram por processo de higienização com água clorada a 100 ppm por 20 minutos (CARVALHO, 2005) e posteriormente foram cortados ao meio, para a retirada dos caroços.

4.2. PRODUÇÃO DA FARINHA DE PUPUNHA

Para a produção da farinha de pupunha foram retirados as cascas e os caroços, em seguida o mesocarpo foi cortado em cubos com aproximadamente 2 cm de espessura, e secos em estufa com circulação de ar a 55 °C, até que atingissem 12 % de

umidade. Após a secagem os frutos foram submetidos à moagem em moinho de martelo, seguido de peneiramento (60 mesh). Posteriormente, a farinha foi embalada a vácuo e armazenada em temperatura ambiente (25 °C), até o momento das análises.

4.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Foram quantificados conforme AOAC (2005), os teores de umidade (método nº 925.10); cinzas (método nº 923.03); proteína bruta (método nº 960.52); com fator conversão do nitrogênio em proteína de 6,25; lipídeos totais (método nº 920.39C) e fibra alimentar total, solúvel e insolúvel (segundo enzimático-gravimétrico nº 985.29). Os carboidratos totais foram determinados pela diferença entre 100 gramas do alimento e a soma total dos valores encontrados para umidade, proteínas, lipídeos e cinzas. O valor energético total foi determinado pelo fator de conversão descrito por Atwater e Woods (1986), considerando 4 kcal/ g de proteína, 4 kcal/ g de carboidrato, desconsiderando o teor de fibras insolúveis e 9 kcal / g de lipídeos.

A determinação de carotenóides totais foi realizada pelo método de extração de Godoy e Rodriguez-Amaya, (1994), após a leitura das absorbâncias (450 nm) em espectrofotômetro (Nova Instruments, NI 2000UV, Brasil).

O pH foi determinado por potenciômetro da marca DIGIMED modelo DMPH1, seguindo a metodologia da AOAC (2002), método nº 981.12. Para a determinação da atividade de água (aw) foi utilizado aparelho Aqqua Lab (4 TEV), na temperatura de 25 ± 1 °C.

4.4. PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA FARINHA DE PUPUNHA

A avaliação da capacidade de absorção de óleo da farinha de pupunha foi determinada conforme metodologia proposta por Lin et al. (1974); a capacidade de absorção de água conforme metodologia proposta por Sosulski (1962); e as propriedades emulsificantes que abrangem a atividade emulsificante e a estabilidade da emulsão foram determinadas segundo o método proposto por Dench et al. (1981).

4.5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DE MISTURA

Foram elaboradas diferentes formulações para a produção das massas, variando as concentrações de fécula de mandioca (FM), da farinha de pupunha (FP) e da farinha de linhaça dourada (FLD). As concentrações dos componentes que variaram na

formulação foram restringidas nas formulações experimentais das massas alimentícias dentro de faixas estabelecidas em testes preliminares (Tabela 1), de acordo com o planejamento experimental de misturas apresentado na Tabela 2 (BARRROS NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2003).

Tabela 1: Proporções mínimas e máximas estabelecidas para a fécula de mandioca, e farinha de pupunha e linhaça, para elaboração da massa alimentícia.

Componente	Mínimo % (m/m)	Máximo % (m/m)
Fécula de mandioca	30	80
Farinha de pupunha	10	60
Farinha de linhaça dourada	10	60

Para melhor visualização dos efeitos das variáveis independentes (FM, FP e FLD) sobre as variáveis dependentes, tempo ótimo de cozimento, aumento de massa e perda de sólidos em água, foram utilizados os pseudocomponentes que, neste estudo, foram determinados conforme a equação proposta por Barros Neto, Scarmínio e Bruns (2003) (Equação 1).

$$x_i = \frac{c_i - a_i}{1 - \sum_{i=1}^q a_i} \quad \text{Eq. 1}$$

No qual,

$$0 \leq a_i \leq c_i;$$

$$\sum_{i=1}^q a_i < 1, \text{ ou seja, a soma de todos estes componentes deve ser menor que 1;}$$

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

x_i = teor do componente, em termos de pseudocomponente;

c_i = proporção real do componente;

a_i = limite mínimo da concentração do componente.

Tabela 2: Planejamento experimental de misturas com os teores da fécula de mandioca, farinhas de pupunha e de linhaça em valores reais e pseudocomponentes do planejamento experimental de mistura para a elaboração da massa.

Proporção dos ingredientes da mistura ternária						
Ensaio	Concentração real			Pseudocomponentes		
	FM	FP	FLD	FM (X1)	FP (X2)	FLD (X3)
1	1	0	0	0,80	0,10	0,10
2	0	1	0	0,30	0,60	0,10
3	0	0	1	0,30	0,10	0,60
4	1/2	1/2	0	0,55	0,35	0,10
5	1/2	0	1/2	0,55	0,10	0,35
6	0	1/2	1/2	0,30	0,35	0,35
7	1/3	1/3	1/3	0,33	0,33	0,33
8	1/3	1/3	1/3	0,33	0,33	0,33

Fécula de mandioca (FM), Farinha de pupunha (FP) e Farinha de linhaça dourada. $X_1 + X_2 + X_3 = 1$ ou 100 %.

Nas oito formulações experimentais da massa tipo talharim, os ingredientes secos FM, FP e FLD totalizaram 67 %, variando em função do planejamento experimental de misturas, enquanto a água (33 %) permaneceu constante para todas as formulações. Não foram utilizados ovos ou aditivos, pois considerou-se que o efeito emulsificante seria realizado pela fibra solúvel presente na linhaça (SOZER, 2009)

A representação gráfica do sistema de misturas de cada variável resposta foi construída, utilizando diagramas triangulares. Após a execução do experimento e a

coleta de dados foi realizado o ajuste de uma equação polinomial para cada resposta, estimando-se os respectivos coeficientes, através dos modelos canônicos de Scheffé: modelo linear (Equação 2) e quadrático (Equação 3).

$$y = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i \quad \text{Eq. 2}$$

$$y = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j \quad \text{Eq. 3}$$

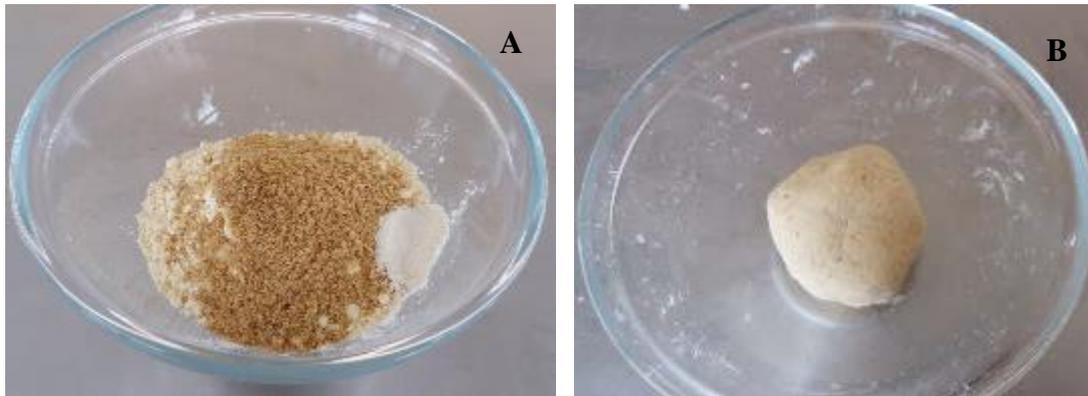
Utilizou-se o programa Statistica versão 7.0 (STATSOFT, 2007) para obtenção do planejamento experimental, análise dos dados e construção dos gráficos. Os dados obtidos para cada resposta foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para avaliação da significância ($p < 0,05$), o coeficiente de variação, o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) dos modelos matemáticos obtidos.

Foi selecionado um macarrão com melhor qualidade tecnológica de acordo com o menor tempo de cozimento, maior aumento de massa e menor perda de sólidos em água. O cálculo da formulação do macarrão tipo talharim com maior desejabilidade foi determinado por meio do programa Statistica versão 7.0 (STATSOFT, 2007). Desta forma, foram atribuídas a estas variáveis notas entre 0, sendo a menos desejada e 1 como a mais desejada.

4.6. PRODUÇÃO DAS MASSAS ALIMENTÍCIAS EXPERIMENTAIS

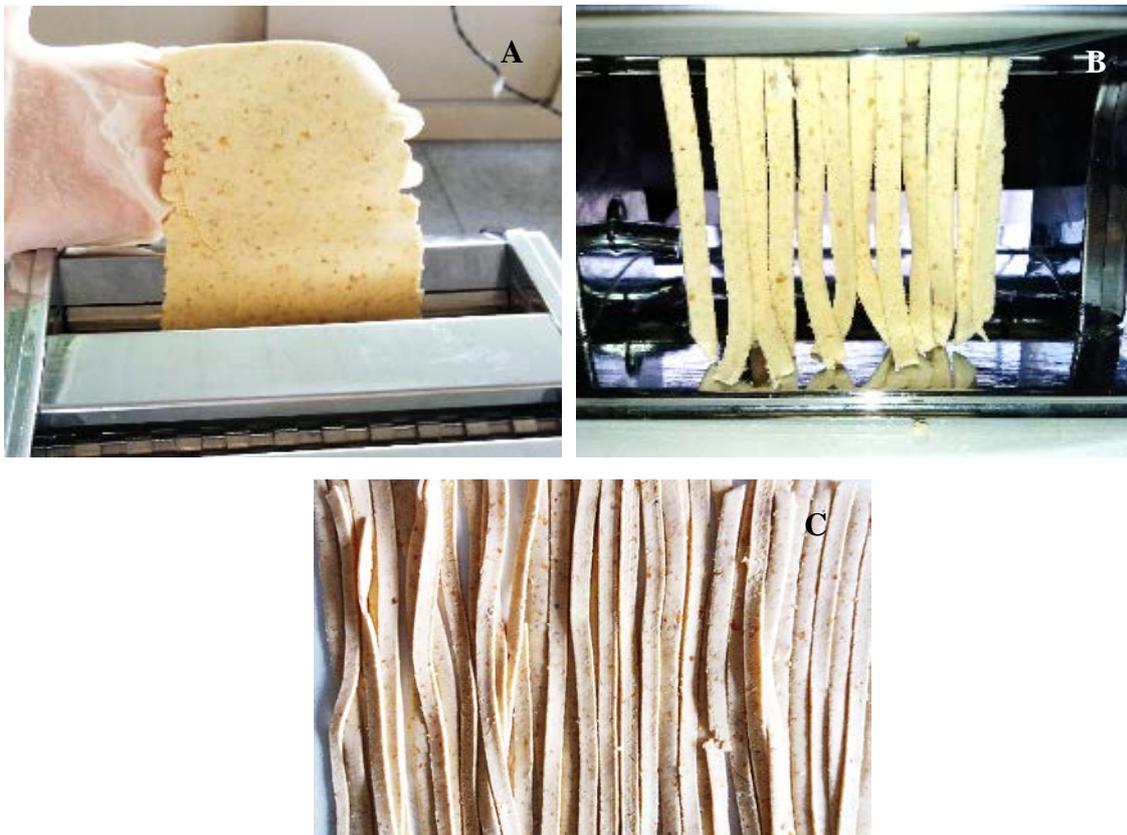
As massas foram produzidas em quatro etapas: pesagem e mistura das farinhas, adição da água, abertura e corte das massas e secagem, sendo realizado em bateladas de 100 g. Os ingredientes secos foram misturados manualmente por 5 min, em seguida acrescentou-se 50 mL de água destilada a cada 100 g de farinha e misturou-se por 15 min até a obtenção de uma massa homogênea (Figura 6).

Figura 6: Elaboração da massa. Mistura das farinhas: fécula de mandioca, e farinhas de pupunha e linhaça dourada.



Para melhor homogeneização, a massa foi acondicionada em saco plástico de polietileno e armazenada sob refrigeração (7 °C), por 20 min. A abertura e corte das massas foram realizadas em máquina de macarrão manual (Marcato, Atlas 150). A massa foi cilindrada por três vezes, na espessura 0,4 cm e cortada com 26 cm de comprimento e 0,5 cm de largura; dimensões do macarrão tipo talharim tradicional (Figura 7 A, B e C).

Figuras 7: Abertura e corte da massa tipo talharim.



As massas cortadas foram submetidas a um processo de secagem e embaladas em sacos plásticos de polietileno para evitar penetração de umidade e proteger o produto de posteriores contaminações durante o armazenamento.

4.7. CINÉTICA DE SECAGEM DA MASSA

A secagem foi realizada com 100 g de massa produzida, em bandejas removíveis de alumínio de 20 x 30 cm com fundo telado para permitir a passagem do ar através do produto, utilizando um secador tipo leito fixo, com circulação de ar forçado na velocidade de 1,5 m/s. A secagem foi realizada com temperaturas do ar de secagem de 60, 75 e 90 °C, e as medidas desta temperatura foram efetuadas por meio de um termômetro fixado na entrada da câmara de secagem. As bandejas foram pesadas em intervalos de 5, 10, 15, 20, 30 e 60 minutos em uma balança analítica, acompanhando a perda de massa pelo tempo, até se atingir 12 % de umidade.

A análise e a representação dos dados experimentais do processo de secagem foram realizadas utilizando os modelos de Page, Midilli, Newton e Henderson e Pabis (Tabela 3), e o programa computacional Statistica versão 7.0. Para determinar o melhor ajuste de cada equação foi utilizado o coeficiente de determinação (R^2).

Tabela 3: Modelos matemáticos aplicados na secagem das massas alimentícias

Modelos	Equação	
Midilli	$MR = a \exp(-k t^n) + b t$	Eq. 4
Henderson e Pabis	$MR = a \exp(-k t)$	Eq. 5
Page	$MR = \exp(-k t^n)$	Eq. 6
Newton	$MR = \exp(-k t)$	Eq. 7

Onde: MR = Razão de umidade do produto adimensional; t = tempo de secagem (min); k, k_0 e k_1 = coeficientes de secagem (s^{-1}); a, b, c e n = constantes dos modelos (adimensional).

O grau de ajuste de cada modelo levou em consideração a magnitude do coeficiente de determinação (R^2) e o erro médio estimado (SE), Equação 8.

$$SE = \sqrt{\frac{\sum(MR_{pre} - MR_{exp})^2}{N}} \quad Eq. 8$$

Onde:

MR_{pre} = É a razão de umidade predita pelo modelo;

MR_{exp} = É a razão de umidade experimental;

N = É o número de observações realizadas ao longo do experimento.

4.8. DETERMINAÇÃO DA DIFUSIVIDADE EFETIVA DE UMIDADE (DEFF)

Para o cálculo da razão de umidade (MR) durante as secagens nas diferentes temperaturas, utilizou-se a Equação 9.

$$MR = \frac{X_{wt} - X_{we}}{X_{w0} - X_{we}} \quad Eq. 9$$

Onde:

X_{wt} = Teor de umidade do produto, em base seca;

X_{w0} = Teor de umidade inicial do produto, em base seca;

X_{we} = Teor de água de equilíbrio do produto, em base seca.

O coeficiente de difusão efetivo foi obtido por meio do ajuste do modelo matemático da difusão líquida, descrito pela Equação 10, aos dados experimentais da secagem da massa. Esta equação é a solução analítica para a segunda lei de Fick, considerando a forma geométrica do produto como aproximação a uma placa plana (BROOKER et al., 1992).

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp\left[\frac{-D_{eff}\pi^2 t}{4L^2}\right] \quad Eq. 10$$

Onde:

D_{eff} = Coeficiente de difusão efetivo (m^2/s);

L = É a metade da espessura da placa (m);

t = tempo (min).

O coeficiente de difusão (D_{eff}) é uma difusividade efetiva que engloba os efeitos de todos os fenômenos que podem intervir sobre a migração da água, sendo dependente

da temperatura, como mostra a Equação 11, utilizada para o cálculo da energia de ativação para cada temperatura de secagem.

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad Eq. 11$$

Onde:

D_0 = É o fator da equação de Arrhenius (m^2/s);

E_a = É a energia de ativação (kJ/mol);

R = É a constante universal dos gases perfeitos (8,314 J/mol K);

T = Temperatura absoluta (K).

4.9. ANÁLISE DA QUALIDADE DA MASSA

A qualidade da massa alimentícia foi avaliada por teste de cozimento e por análise sensorial. O teste de cozimento foi realizado segundo o método 16-50 da AACC (1995). O tempo de cozimento foi determinado pela cocção de 10 g de amostra em 140 mL de água destilada, em ebulição. Esse ponto foi determinado pela compressão das amostras do produto cozido, a cada 1 minuto, entre duas lâminas de vidro até o desaparecimento do eixo central, em consequência da gelatinização do amido.

O aumento da massa do produto foi determinado pela pesagem da amostra antes e após a cocção, utilizando o tempo de cozimento ideal de cada amostra. O valor do aumento da massa é a razão entre a massa da pasta cozida e a massa da pasta crua (10 g), expresso em percentagem (%), conforme a Equação 12.

$$Aumento da massa (\%) = \frac{(mf - mi) \times 100}{mi} \quad Eq. 12$$

No qual,

mf = massa da amostra cozida (g);

mi = massa da amostra crua (g).

A quantidade de sólidos perdidos na água de cozimento foi determinada pela evaporação de 25 mL de amostra em estufa a 105°C até peso constante. A percentagem dos sólidos perdidos foi calculada de acordo com Equação 13.

$$\text{Sol. (\%)} = \frac{\text{Peso do resíduo evaporado (g)} \times \text{Volume da água de cozimento (mL)} \times 100}{\text{Peso da amostra (g)} \times \text{Volume da alíquota (mL)}} \quad \text{Eq. 13}$$

4.10. PROPRIEDADES REOLÓGICAS

4.9.1. Firmeza

Os fios de macarrão foram cortados com 5 cm de comprimento e cozidos em água destilada na proporção de 300 mL de água para 25 g de massa, pelo tempo definido no item 4.9, conforme AACC 66-50 (2000). Após drenagem da água de cozimento, a massa foi lavada com 50 mL de água destilada e mantida durante 1 minuto em 300 mL de água fria.

A água foi drenada e as leituras referentes à força máxima necessária para cortar o macarrão foram feitas em um texturômetro (TA-XTi, Halesmere, Inglaterra). O equipamento foi operado pelo programa Stable Micro Systems Ltda, indicando a firmeza da massa. A operação do aparelho seguiu as seguintes condições: medida de força em compressão, velocidade de pré-teste: 0,50 mm/s, velocidade de teste: 0,17 mm/s, velocidade de pós-teste: 10,0 mm/s, distância: 4,5 mm, *trigger*: base (altura inicial de 5 mm).

4.9.2. Elasticidade

Os fios de macarrão foram cortados com 28 cm de comprimento e cozidos em água destilada na proporção de 900 mL de água para 75 g de massa pelo tempo ótimo de cozimento determinado conforme AACC 66-50 (2000). Após drenagem da água de cozimento, a massa foi lavada com 150 mL de água destilada e mantida durante 1 minuto em 900 mL de água fria. A água foi drenada e a massa mantida em repouso por 10 minutos antes da realização das leituras no texturômetro. A resistência da massa à quebra e sua extensibilidade foram medidas, respectivamente, pelos parâmetros “força máxima” e “distância” (SMEWING, 1997). Condições de operação do aparelho: medida de força em tensão, velocidade de pré-teste: 1,0 mm/s, velocidade de teste: 3,0 mm/s, velocidade de pós-teste: 10,0 mm/s, distância: 30 mm, *trigger*: auto - 5g.

4.11. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MASSA ALIMENTÍCIA

Os teores de umidade, cinzas, lipídeos, proteína, fibra total, carboidratos, carotenoides, e a A_w foram determinados pelos métodos oficiais descritos no item 4.3.

4.12. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Pará. Após a formulação da massa foi realizada contagem de Coliformes totais e termotolerantes, Bolores e Leveduras, Clostrídios sulfito redutores, Estafilococos coagulase positiva. Foram seguidas as técnicas descritas pela *American Public Health Association* (APHA, 2001) e *Food and Drug Administration* (FDA, 2002). As análises microbiológicas obedeceram aos padrões microbiológicos estabelecidos pela Resolução RDC nº. 12 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001).

4.13. ANÁLISE SENSORIAL

Para a realização da etapa de análise sensorial, o projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Pará (protocolo nº 1.030.354/15) (Anexo A) e somente executada mediante sua aprovação. Os participantes foram informados detalhadamente sobre os objetivos e procedimentos utilizados, assegurando-se a proteção da privacidade. Oitenta provadores não treinados, de ambos os sexos, consentiram em participar do estudo e avaliaram de forma monádica sequencial a aparência, a textura, o sabor e o odor da massa alimentícia seca selecionada, utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos: 1 – desgostei muitíssimo, 5 – não gostei/nem desgostei, 9 – gostei muitíssimo (STONE; SIDEL, 1985) (Apêndice 1 e 2).

As amostras foram servidas em um laboratório de análise sensorial, em cabines individuais, em porções de 25 g e acompanhadas de molho de tomate. Os atributos foram julgados sob luz natural. O macarrão foi preparado no seu tempo ótimo de cozimento, sendo acrescentados sal na água de cocção. Após o cozimento, o produto foi drenado e logo após, acrescentado o molho de tomate. Oitenta provadores não treinados participaram da pesquisa e o perfil quanto ao sexo foi 64 % feminino e 26 % masculino,

97 % na faixa etária entre 15 e 35 anos e 82,5 % possuíam perfil de frequência de consumo de massa alimentícia seca no mínimo uma vez por semana, enquanto 17,5 % consumiam a cada 15 dias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS MATÉRIAS PRIMAS

A qualidade das massas alimentícias depende, além do processamento, da qualidade das matérias-primas utilizadas na sua fabricação e, entre estas, a farinha é a de maior importância. Os resultados obtidos na caracterização das matérias primas são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Composição centesimal das matérias primas.

Componentes (g/100 g)*	Farinha de pupunha	Fécula de mandioca	Linhaça dourada
Umidade	9,59 ± 0,17	12,65 ± 0,01	7,7 ± 0,37
Lipídios	7,89 ± 0,26	1,56 ± 0,00	21,19 ± 1,09
Proteínas	4,71 ± 0,05	0,14 ± 0,01	25,03 ± 0,98
Cinzas	1,21 ± 0,02	0,12 ± 0,19	3,01 ± 0,11
Carboidratos	68,91 ± 0,33	85,52 ± 0,18	47,82 ± 0,46
Fibras totais	7,65 ± 0,18	0,61 ± 0,02	39,78 ± 0,05
Fibras Insolúveis	7,23 ± 0,4	0,41 ± 0,09	32,20 ± 0,15
Fibras solúveis	0,42 ± 0,26	0,20 ± 0,07	7,58 ± 0,02
Carotenos totais (µg/g)	4,26 ± 0,02	-	-
pH	5,92 ± 0,04	6,75 ± 0,05	-
Aw	0,47 ± 0,03	0,52 ± 0,00	-

*Valores expressos em base seca.

O teor de umidade encontrado neste estudo para a farinha de pupunha foi inferior ao preconizado na Resolução CNNPA Nº 12 da ANVISA (BRASIL, 1978), que determina o limite de 15 %, pois acima deste valor há maior probabilidade de desenvolvimento de micro-organismos como fungos, diminuição da estabilidade química, diminuindo a vida útil dessas matérias primas (SGARBIERI, 1987).

Ferreira e Pena (2003), em um estudo sobre o comportamento higroscópico da farinha de pupunha, observaram teores de lipídeos variando entre 6,1 e 9,8 %. Já Carvalho et al. (2009) e Oliveira et al. (2007) relataram valores de 11,56 % e 10,3 % de lipídeos, respectivamente, para farinha de pupunha, valores estes, próximos aos encontrados no presente estudo.

Entre as matérias primas a maior contribuição em proteínas vem da farinha de linhaça, agregando maior valor nutricional a dieta. O teor de proteína encontrado na farinha de pupunha foi semelhante ao descrito por Ferreira e Pena (2003), que encontraram valores que variaram de 4,20 a 6,79%, para diversas variedades de pupunha.

A farinha de pupunha utilizada no presente estudo, apresentou alto teor de carboidratos, o que a caracteriza como um alimento essencialmente energético. Ferreira e Pena (2003), caracterizando a farinha de pupunha encontrou um valor de 75,3 %.

Para o teor de fibras totais o valor encontrado foi de 7,65 g para a farinha de pupunha. Andrade et al. (2003), estudando a polpa de frutos *in natura* de pupunha, observaram teor de fibra total de 1,41 %. Já Yuyama et al. (2003) observaram variação de 11,95 a 17,93 % de fibras, em frutos de três populações de pupunheiras.

Carvalho et al. (2013) relataram um teor de carotenoides totais para a farinha de pupunha de 8,2 µg/g, este valor é inferior ao encontrado neste estudo. O efeito do tratamento térmico sobre carotenoides tem sido estudado por vários autores. Normalmente, o tratamento térmico reduz ou aumenta o teor de carotenoides e pode alterar as propriedades de vários compostos bioativos (ABUSHITA; DAOOD; BIACS, 2000; DE SÁ; RODRÍGUEZ-AMAYA, 2004 e GAMA; SYLOS, 2005). Segundo Andrade et al. (2003), ocorrem mudanças químicas nesses pigmentos por ocasião do cozimento, provavelmente pela descomplexação de carotenoides, o que reflete no aumento do teor de carotenoides totais na pupunha cozida.

O pH das matrizes utilizadas nesta pesquisa foi de 5,92 a 6,75, para a farinha de pupunha e fécula de mandioca, respectivamente. Menegassi e Leonel (2005) na elaboração de massa alimentícia utilizaram farinha de trigo com pH 6,11.

A Aw encontrada para a farinha de pupunha foi de 0,52. A baixa Aw reduz o crescimento microbiano e impede reações bioquímicas que dependem da água. Conseqüentemente, contribui para a preservação do produto, prolongando a possibilidade de uso e evitando as perdas.

5.3. PROPRIEDADES FUNCIONAIS

Propriedade funcional é uma propriedade tecnológica específica (capacidade de absorção de água, capacidade de absorção de gordura etc.) que influencia a aparência física e o comportamento de um produto alimentar, de maneira característica. Os valores encontrados para as propriedades funcionais estudadas estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Propriedades funcionais da farinha de pupunha

Amostra	CAA	CAO	AE	EE
Farinha de pupunha	225,57 ± 0,90	89,84 ± 0,70	4,67 ± 0,07	4,77 ± 0,07

Capacidade de absorção de água (CAA); capacidade de absorção de gordura (CAO); atividade emulsificante (AE) e Estabilidade de emulsão (EE). Valores médios e desvio padrão.

A farinha de pupunha apresentou um alto valor de absorção de água. É provável que esta grande capacidade de absorção de água apresentada pela farinha de pupunha seja devido ao elevado teor de fibras presente na mesma. Segundo Porte (2011), a elevada capacidade de absorção de água, é uma propriedade relevante para aplicações em produtos cárneos, pães e bolos, logo a utilização da farinha de pupunha nestes sistemas alimentares pode ser bastante favorável. No trabalho de Costa et al. (2008), as farinhas de trigo nacional e importada apresentaram valores de capacidade de absorção de água que variaram de 53,3 a 59,3%.

A capacidade de absorção de óleo da farinha de pupunha é considerada baixa, sendo este valor inferior ao encontrado por Porte (2011), em um estudo utilizando farinha da semente de abóbora (180,28 %), o que sugere inadequação da farinha de pupunha para utilização como ingrediente em produtos viscosos, como sopas processadas e queijos.

A propriedade emulsificante da farinha de pupunha foi baixa quando comparado com Maia (2000), para um preparado de arroz e soja (106 %), indicando a inadequação do uso da farinha de pupunha como substituto de ingredientes em sistemas de emulsão.

5.4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DO PLANEJAMENTO DE MISTURA

Os modelos de regressão ajustados para o tempo ótimo de cozimento (TOC), o aumento de massa (AM), a perda de sólidos (PS), das massas elaboradas a partir do delineamento de misturas estão apresentados na Tabela 6. Os valores médios e os desvios-padrão destes parâmetros para cada experimento estão apresentados no anexo B.

Tabela 6: Modelos de regressão ajustados, coeficientes de regressão (R^2) para tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS), dos macarrões experimentais a base de fécula de mandioca, e farinhas de pupunha e linhaça, em função das variáveis FM (x), FP (y) e FLD (z).

Modelo	R^2
TOC $v = +7,17x + 22,16y + 10,62z - 36,87xy + 1,69xz - 23,10yz$	0,99
AM $v = +60,61x + 31,84y + 84,99z + 33,16xy + 40,51xz + 10,93yz$	0,77
PS $v = +1,97x + 21,16y + 12,69z - 27,57xy + 4,44xz - 18,38yz$	0,99

O modelo de regressão quadrático ajustado para as respostas TOC, AM, PS foi significativo ao nível de 5 % de probabilidade, apresentando um coeficiente de regressão igual a 0,999 para as variáveis tempo ótimo de cozimento e perda de sólidos na água de cozimento e 0,77 para a variável aumento da massa (Anexo C).

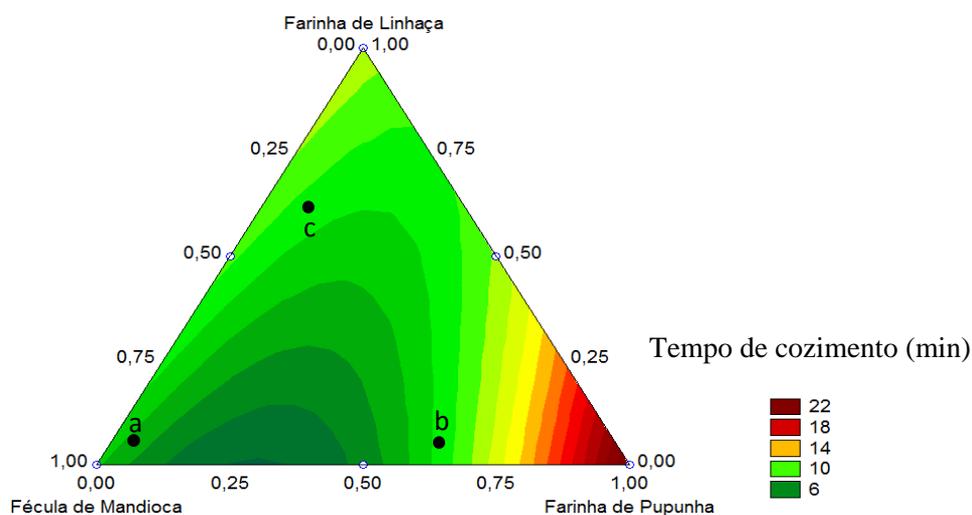
5.5. PROPRIEDADES DE COZIMENTO

Os teores de fécula de mandioca (FM), farinha de pupunha (FP) e farinha de linhaça dourada (FLD) foram significativos para pelo menos uma das respostas ($p < 0,05$). Verifica-se que TOC foi influenciado significativamente pelas três matérias primas utilizadas FM, FP e FLD, enquanto que o AM foi influenciado pela FLD. A PS foi influenciada pela FP e FLD.

Em relação às interações entre os componentes, verificou-se que o TOC foi influenciado significativamente pelas interações entre FM e FP e FP e FLD. A interação entre FM e FP foi significativa para PS, e a FP foi o componente que influenciou para maior perda. Enquanto que o AM não foi influenciado pelas interações entre essas matrizes.

O tempo de cozimento é uma função da coesão da massa do amido gelatinizado. Com o aumento do tempo de cozimento, as forças que mantêm a coesão começam a enfraquecer e facilitam a penetração da água no sistema (CRUZ; SOARES, 2002). Na figura 8 observa-se uma tendência ao menor TOC quanto menor as quantidades de FM, FP e FLD.

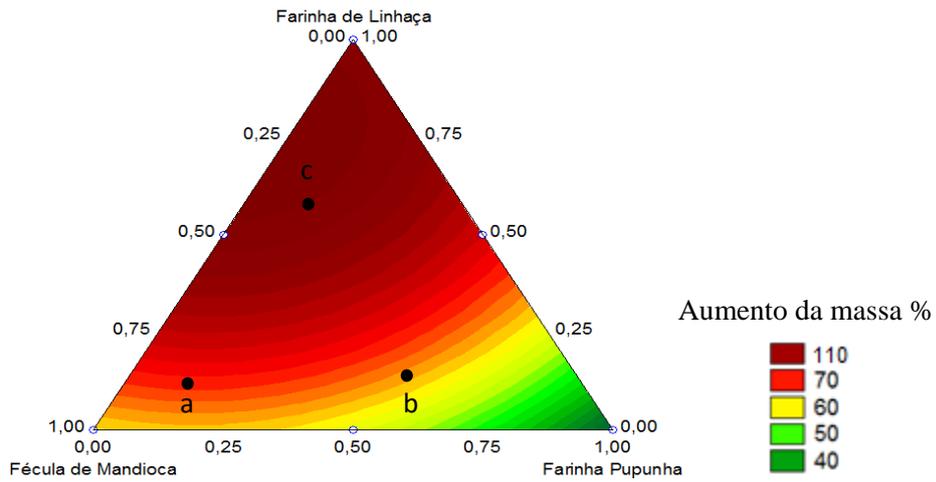
Figura 8: Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): Tempo ótimo de cozimento (TOC). Área demarcada entre os pontos experimentais demonstra a região passível de ser analisada.



As amostras da massa alimentícia apresentaram diferença no tempo ótimo de cozimento (TOC). Os menores TOC estão na região experimental demarcada pelos pontos a, b e c, onde encontram-se todos os ensaios, com exceção do ensaio 2, apresentando valores de 7,20, 10,64, 5,39, 9,26, 10,13, 9,94 e 9,94 minutos, respectivamente. Valor aproximado foi obtido por Baiano e Conte (2006) em macarrão com semolina e farinha de trigo, onde o tempo ótimo de cozimento foi de 8 min.

O aumento da massa e o percentual de perda de sólidos em água são dois fatores importantes que influenciam a qualidade de cozimento de massas alimentícias. O parâmetro aumento de massa (AM) está relacionado à capacidade de absorção de água das massas e depende do formato do macarrão. Os maiores valores para o aumento da massa encontram-se em a região demarcado pelos pontos a, b e c na Figura 9.

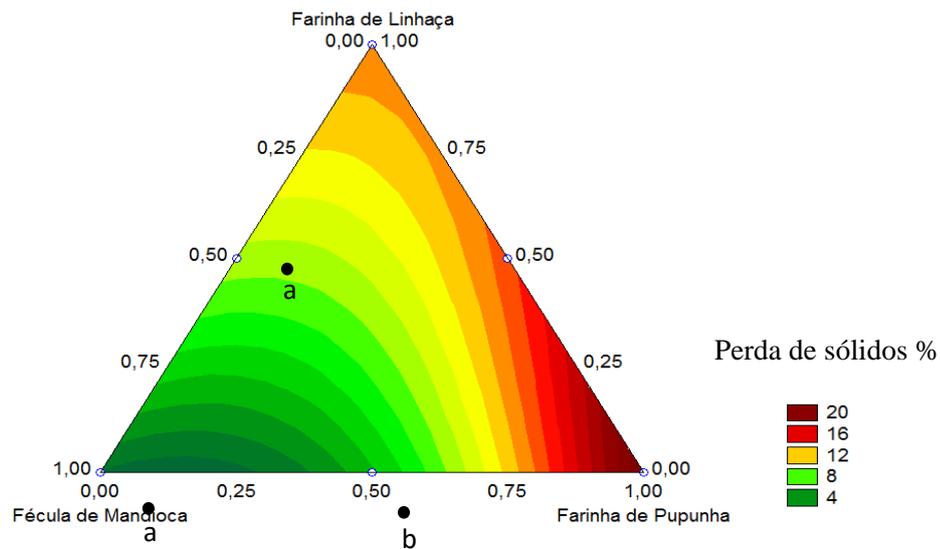
Figura 9: Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): Aumento de massa (AM). Área demarcada entre os pontos experimentais demonstra a região passível de ser analisada.



Segundo Hummel (1966) as massas à base de trigo devem apresentar aumento de peso com valores mínimos de 100 / 100 g. Segundo os critérios deste autor, apenas o ensaio 4 apresentou valor acima para este parâmetro de qualidade, sendo o menor valor obtido 31,08 % (ensaio 2) e maior valor 113,5 % (ensaio 4).

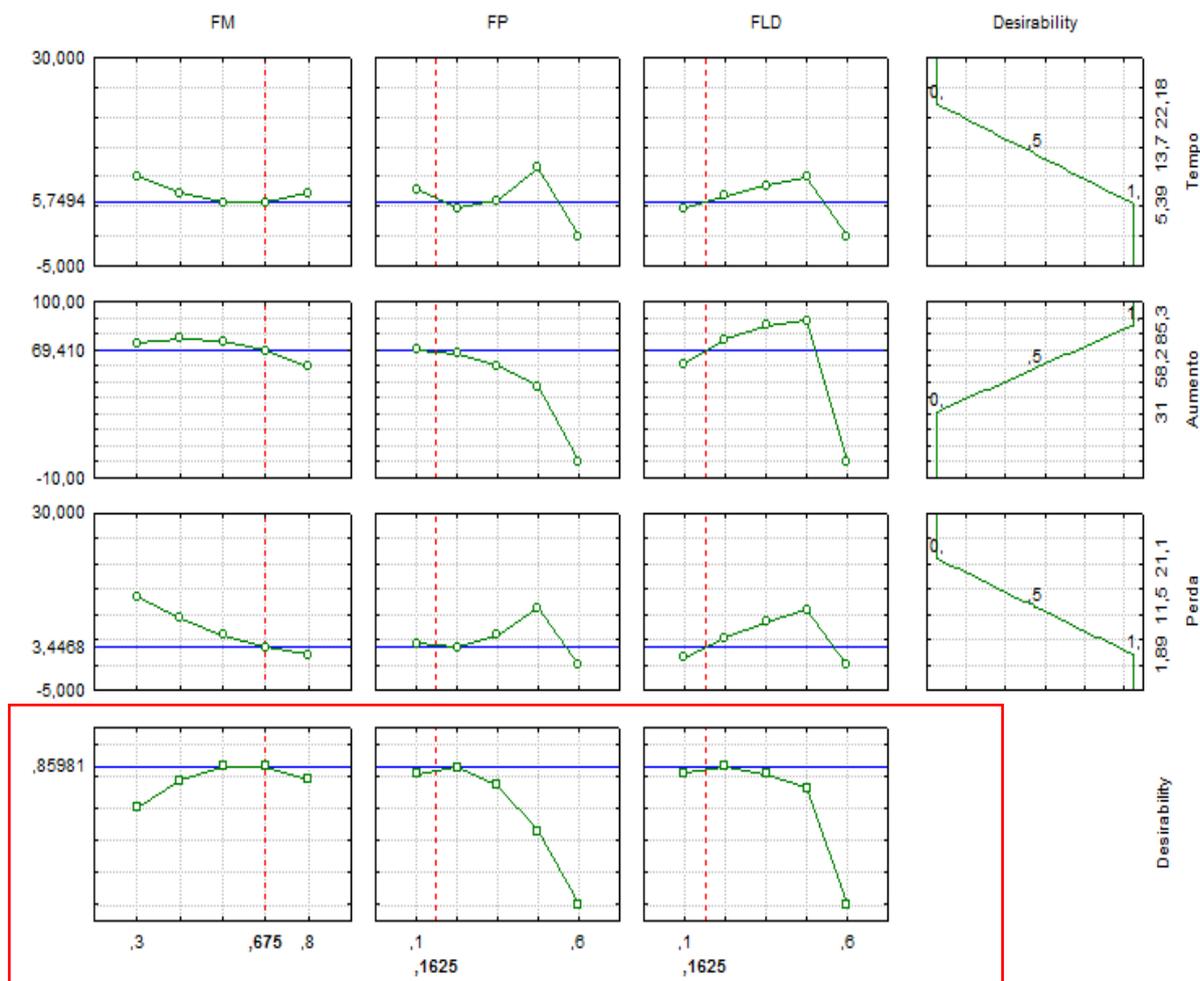
Para a PS na água de cozimento observa-se que os menores valores encontram-se na região demarcada pelos pontos a, b e c da Figura 10. Os valores encontrados na determinação da perda de sólidos mostraram que as massas elaboradas nos ensaios 1 (1,90 %), 4 (4,84 %) e 5 (8,62 %), estão dentro dos padrões de qualidade segundo os critérios de Hummel (1966). Este autor afirmou que perda de sólidos de até 6 g /100 g são características de massas de trigo de qualidade muito boa, até 8 g /100g de massa de média qualidade e valores iguais ou superiores a 10 g /100 g são característicos de massas de qualidade ruim.

Figura 10: Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): Perda de sólidos em água (PS). Área demarcada entre os pontos experimentais demonstra a região passível de ser analisada.



A desejabilidade é uma ferramenta utilizada para otimização das respostas de um planejamento fatorial, envolvendo a transformação das variáveis dependentes estimadas pelos modelos estatísticos em valores desejados entre 0 e 1 (HARRINGTON, 1965). Assim, gerou-se o diagrama da desejabilidade (Figura 11), utilizando os modelos tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento da massa do produto cozido (AM) e perda de sólidos na água de cozimento (PS), o diagrama mostra que a função desejabilidade apresentou valor otimizado (0,8598) em pseudocomponentes para TOC, AM e PS em 67:16:16 / 100 g para fécula de mandioca, farinha de pupunha e farinha de linhaça dourada, respectivamente.

Figura 11: Teste de desejabilidade utilizando parâmetros de tempo ótimo de cozimento, aumento de massa e perda de sólidos na água.



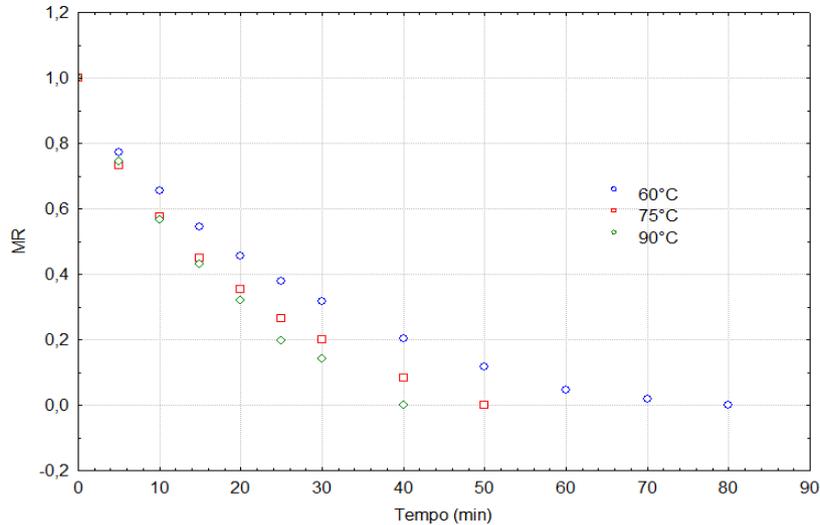
Considerando os valores otimizados para o tempo de cozimento, aumento da massa e perda de sólidos neste estudo optou-se por escolher o ensaio 4 deste planejamento, pois o mesmo encontra-se na faixa otimizada, apresentando mesma desejabilidade (0,8598) e também por apresentar em sua formulação maior proporção de farinha de pupunha, aliado aos melhores resultados entre os parâmetros de qualidade (maior aumento de massa e menores tempo de cozimento e perda de sólidos) o que reforça o objetivo deste trabalho em desenvolver uma massa alimentícia com melhores características nutricionais e tecnológicas.

5.6. CINÉTICA DE SECAGEM

Na análise dos dados de secagem, a razão de umidade é essencial para descrever diferentes modelos de secagem. A cada período de secagem, um teor de água é correlacionado com o teor de água inicial e o teor de água de equilíbrio, para condições

específicas de secagem. Na Figura 12 são mostradas as curvas de secagem obtidas para a velocidade de fluxo de ar de 1,5 m/s.

Figura 12: Curvas de umidade adimensional (MR) em função do tempo de diferentes temperaturas.



Na Figura 12 verifica-se que a temperatura de secagem exerce influência sobre a velocidade de secagem do produto estudado, sendo o tempo de secagem menor com o aumento da temperatura. Observa-se que na temperatura de 60 ° C a massa alimentícia atingiu 12 % de umidade com 80 minutos, na temperatura de 75 ° C com 50 minutos e na temperatura de 90 ° C com 40 minutos.

5.7. MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM

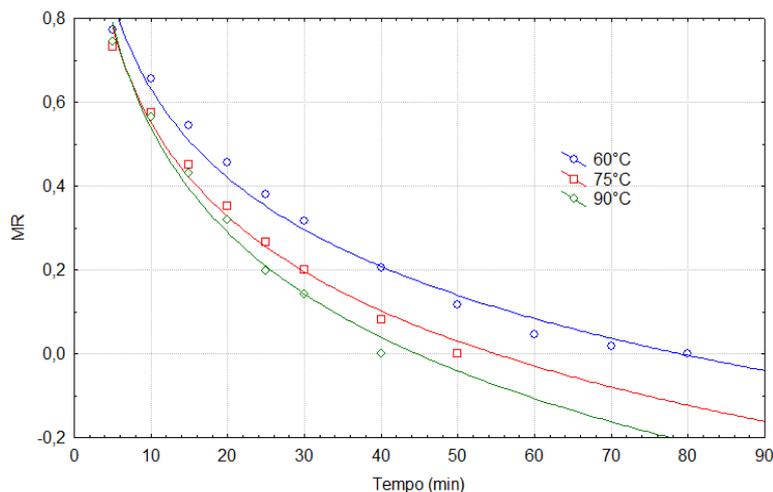
Diferentes modelos propostos na literatura foram utilizados na previsão da secagem da massa alimentícia. Na Tabela 7 são apresentados os valores estimados dos parâmetros dos modelos de Newton, Page, Henderson, Pabis, e Midilli para as secagens da massa alimentícia, bem como os coeficientes de determinação (R^2) e o erro médio estimado (SE).

Tabela 7. Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e o erro médio estimado (SE) dos modelos de secagem para as três temperaturas.

Modelo	Temperatura (°C)	a	b	k	n	R^2	SE
Newton	60	-	-	0,0411	-	0,9965	0,0256
	75	-	-	0,0553	-	0,9961	0,0266
	90	-	-	0,0611	-	0,9932	0,0363
Page	60	-	-	0,0381	1,0230	0,9966	0,0253
	75	-	-	0,0509	1,0280	0,9962	0,0262
	90	-	-	0,0395	1,1505	0,9957	0,0286
Henderson e Pabis	60	0,9907	-	0,0407	-	0,9966	0,0254
	75	0,9961	-	0,0551	-	0,9961	0,0266
	90	1,0175	-	0,0622	-	0,9934	0,0355
Midilli	60	0,9935	-0,0012	0,0528	0,8795	0,9993	0,0114
	75	0,9996	-0,0031	0,0774	0,8111	0,9999	0,0021
	90	0,9997	-0,0046	0,0620	0,8941	0,9996	0,0078

Verifica-se ajuste satisfatório dos modelos avaliados. É possível observar que, em termos do coeficiente de determinação, todos os 4 modelos ajustados representam bem a cinética de secagem da massa alimentícia, onde em todos os casos o $R^2 > 98\%$. Com destaque para o modelo de Midilli (Figura 13), obtendo R^2 mais próximo a unidade e baixos valores de erro médio estimado (SE), que descreve o valor do desvio padrão da estimativa. As curvas de secagem obtidas a partir dos demais modelos estudados encontram-se no Anexo D.

Figura 13: Curvas de secagem da massa alimentícia, em três temperaturas distintas, obtidas através do modelo Midilli.



De acordo com Madamba et al. (1996), o coeficiente de determinação (R^2), não constitui, sozinho, um bom critério para a seleção de modelos não lineares; para isto, os valores para o erro médio estimado (SE) foram considerados, pois o valor de SE indica um bom ajuste quando é próximo de zero, de acordo com Lomauro et al. (1985).

Dantas et al. (2015) avaliaram a modelagem matemática da massa alimentícia integral, nas temperaturas de 40, 55 e 60 °C e observaram que o modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou aos seus dados experimentais, com um R^2 igual a 0,99 nas três temperaturas.

5.8. DIFUSIVIDADE EFETIVA (D_{eff})

A difusividade efetiva envolve qualquer efeito interno que a secagem causa aos alimentos, sendo dependente da umidade do material e da temperatura do ar de secagem. As características de difusividade da massa alimentícia seca em diferentes temperaturas são apresentados na Tabela 8.

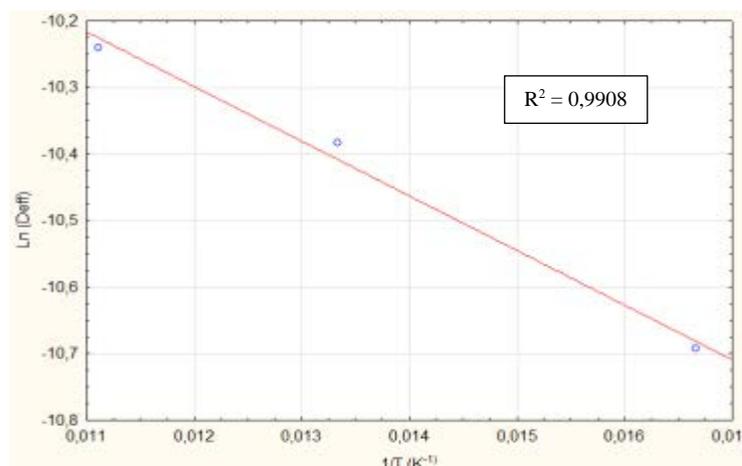
Tabela 8. Valores da difusividade efetiva, para a massa seca em diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Difusividade Efetiva (m^2/s)
60	$2,27 \times 10^{-5}$
75	$3,09 \times 10^{-5}$
90	$3,56 \times 10^{-5}$

Os valores de difusividade efetiva de umidade, aumentaram com a elevação da temperatura de $2,27 \times 10^{-5}$ para $3,56 \times 10^{-5}$, demonstrando a diminuição das resistências internas de secagem. Na determinação da difusividade efetiva no processo de secagem de massas alimentícias Okos (1992), encontrou valores entre $48,4 \times 10^{-12}$ e $1,55 \times 10^{-12}$ m^2/s para uma faixa de temperatura entre 40 e 85°C.

Na Figura 14, é possível observar o ajuste linear dos valores de $\ln(D_{eff})$ e a temperatura absoluta ($1/T$), para a massa seca em três temperaturas distintas. Os resultados mostram uma relação linear ($R^2 = 0,9908$). A partir da inclinação desta reta, obteve-se o valor da energia de ativação.

Figura 14: Representação de Arrhenius para a relação entre a difusividade efetiva (D_{eff}) e a temperatura absoluta na secagem da massa alimentícia.



Segundo Kashani-Nejad et al. (2007) a energia de ativação é uma barreira que deve ser ultrapassada para que o processo de difusão possa ser desencadeado no produto durante a secagem. A energia de ativação (E_a) calculada foi de 15,7 kJ/mol, encontrando-se dentro da faixa apresentada por Zogzas et al. (1996), para produtos alimentícios (12,7 a 110 kJ/mol).

5.9. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA MASSA ALIMENTÍCIA

O produto elaborado foi analisado quanto suas características físico-química e os resultados desta caracterização são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Características físico-química da massa alimentícia seca.

Componentes (g/100 g)*	Massa alimentícia
Umidade	12,02 ± 0,02
Cinzas	0,94 ± 0,04
Proteínas	4,94 ± 0,20
Lipídios	6,32 ± 0,63
Carboidratos	65,4 ± 0,05
Fibras totais	10,33 ± 0,35
Fibras solúveis	2,77 ± 0,41
Fibras insolúveis	7,59 ± 0,66
Carotenos totais µg/g	1,16 ± 0,01
Valor energético total (kcal/100g)	338,24
A_w	0,63

* Valores expressos em base seca.

O teor de umidade da massa alimentícia seca está dentro da faixa recomendada pela RDC nº 93/2000 da ANVISA (BRASIL,2000), que estabelece limites máximos de 13 % de umidade para a massa seca.

A massa elaborada apresentou 10,33 g de fibra alimentar total, sendo dividida em 2,77 g de fibras solúveis e 7,59 g insolúveis, valor superior quando comparado a massas já disponíveis no mercado, sendo este alimento considerado rico em fibra alimentar de acordo com a RDC nº 54/2012 da ANVISA (BRASIL,2012). O aumento no teor em fibras pode promover efeitos fisiológicos benéficos ao organismo, aumentando a saciedade, o bolo fecal e contribuindo para a regulação dos níveis de colesterol (AACC, 2000; AACC, 2001).

Após o processamento o teor de carotenóides no produto final foi de 1,16 µg/g, este valor é próximo ao encontrado por Pereira et al. (1998) em um macarrão fortificado onde os valores encontrados variaram de 1,8 a 2,0 µg/g.

A Aw encontrada foi de 0,63 para a massa alimentícia seca. A baixa Aw reduz o crescimento microbiano e impede reações bioquímicas que dependem da Aw. Consequentemente contribui para a conservação do produto.

5.10. ANÁLISE REOLÓGICA

A qualidade tecnológica das massas alimentícias durante e após o cozimento, é o parâmetro de qualidade de maior importância para os consumidores desse produto, além do sabor e do odor. Os resultados experimentais das características de textura da massa alimentícia seca em diferentes temperaturas são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Firmeza e elasticidade da massa seca em diferentes temperaturas.

Atributo de textura	65 °C	75 °C	90 °C
Firmeza (gf)	223 ^a ± 0,01	205 ^a ± 0,00	161 ^b ± 0,01
Elasticidade (gf)	47,72 ^a ± 0,01	34,26 ^c ± 0,02	43,44 ^b ± 0,01

Médias de 5 leituras; Desvios-padrão. Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação estatística as diferentes temperaturas de secagem influenciaram significativamente a textura (firmeza e elasticidade) da massa. Em relação a firmeza não houve diferença entre as amostras secas a baixa temperatura e as amostras secas a

temperatura intermediária, apresentando melhores resultados para este parâmetro. Houve diferença significativa apenas para a amostra seca em alta temperatura, onde o efeito da secagem foi menos acentuado. Este comportamento também foi observado por D'amico et al. (2015) na avaliação do efeito da secagem (60, 80 e 100° C) em dois tipos de massa sem glúten, que justifica que o processo de secagem a altas temperaturas podem alterar as propriedades físico-químicas do amido e da proteína presente na massa.

Em seu estudo Baiano (2006) analisou três tipos de espaguete produzidos a partir de sêmola e farinha de trigo, secos em diferentes temperaturas (65, 75 e 90° C), e observou que os parâmetros firmeza e elasticidade apresentaram melhores características com o aumento da temperatura de secagem. Este comportamento pode ser explicado considerando que a rede de glúten é melhor formada à temperatura mais elevada.

Sibakov et al. (2016) elaboraram uma massa sem glúten a partir da farinha de feijão obtendo valores de firmeza que variaram de 161 a 243 gf. Gull et al. (2015) obtiveram valores entre 203 e 509 gf para massas produzidas a partir do bagaço de cenoura e farinha de millet.

Segundo Deprieri (2004) a textura ideal de macarrões não é necessariamente a que apresenta maior ou menor valor de firmeza. Os valores extremos, tanto altos como baixos, implicam em textura indesejável. Valores baixos, geralmente se associam a falta de firmeza da pasta cozida, enquanto valores muito altos indicam uma massa exageradamente elástica. Tendo em vista este critério, considera-se como ideal uma firmeza intermediária.

Quanto a elasticidade a massa apresentou diferença significativa para as três faixas de temperatura estudadas. Massas alimentícias sem presença de glúten apresentam menor elasticidade (HAUNG; KNIGHT; GOAD, 2001; ORMENESE; GHANG, 2003). O glúten é responsável pela formação estrutural da massa alimentícia, considerado fator importante para qualidade após o cozimento. A gliadina e a gluteína são responsáveis pela elasticidade e a textura "al dente", características estas apreciadas pelos consumidores (SOZER, 2009).

Na avaliação da massa alimentícia funcional Steel (2008) encontrou valores de elasticidade que variaram de 11,77 a 43,37 gf para os diferentes ensaios.

5.11. CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE

Os resultados das análises realizadas para investigação de qualidade da massa alimentícia: tempo de cozimento, perda de sólidos e aumento da massa são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Avaliação de qualidade da massa alimentícia seca.

Análises	Massa alimentícia	Bastos (2016)	Sereewat (2015)
Tempo de cozimento (min)	8	2 - 4	8
Perda de sólidos (%)	5,6	3,8 – 34,8	8,19
Aumento da massa (%)	113,5	32,7 - 111,5	274

Para a análise dos parâmetros de qualidade da massa alimentícia elaborada neste estudo, levou-se em consideração os resultados positivos obtidos na análise reológica da massa nas temperaturas de 60 e 75 °C, onde não foi observada diferença significativa no parâmetro firmeza.

A massa alimentícia seca apresentou tempo de cozimento de 8 min, este valor está dentro da faixa estabelecida na rotulagem de produtos comercializados (7 a 9 min). O mesmo tempo ótimo de cozimento foi obtido por Sereewat et al. (2015) em massas alimentícias a base de farinha de arroz e soja desengordurada.

Para Ormenese (2003), com base nos critérios de Hummel (1966), as massas estão classificadas de acordo com a perda de sólidos. Massas de trigo muito boas são aquelas que apresentam perdas de sólidos até 6 %; massas de média qualidade são aquelas que apresentam perda de sólidos até 8 % e massas ruins são aquelas que apresentam valores iguais ou superiores a 10 %. Baseado nesta classificação e pelo resultado da Tabela 11, a massa pode ser classificada como de boa qualidade por apresentar perda de sólidos de 5,6 %.

O aumento de massa está relacionado à capacidade de absorção de água das massas. Para Kruger et al. (1996), as massas à base de trigo devem apresentar aumento de peso de 160 a 180 %. Segundo Donnely (1979), o aumento de peso deve ser da ordem de 200 a 250 %, enquanto Hummel (1966) cita valores mínimos de 100 %. Segundo os critérios deste último autor, a massa alimentícia elaborada neste estudo

(ensaio 4) apresentou valor satisfatório (113,5 %) para este parâmetro de qualidade. Este valor é próximo ao reportado por Bastos et al. (2016) que encontraram um aumento de massa de 111,5 % para massas alimentícias formuladas com farinha de amaranto e polpa de batata.

5.12. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Avaliando os resultados apresentados na Tabela 12, a massa alimentícia seca selecionada crua não apresentou contagem acima dos limites permitidos, durante o período de armazenamento de 5 meses, para coliformes a 45°C, estafilococos coagulase positiva, bolores e leveduras, e clostrídios sulfitos redutores (a 44 °C) demonstrando qualidade higiênico-sanitária adequada das matérias primas, cumprimento das Boas Práticas de Fabricação antes, durante e após o processamento, produzindo assim, um produto microbiologicamente apto para o consumo, segundo a legislação sanitária vigente (BRASIL, 2001).

Tabela 12. Análises microbiológicas para coliformes a 45 °C, Estafilococos coagulase positiva, Bolores e leveduras e Clostrídios sulfitos redutores da massa alimentícia.

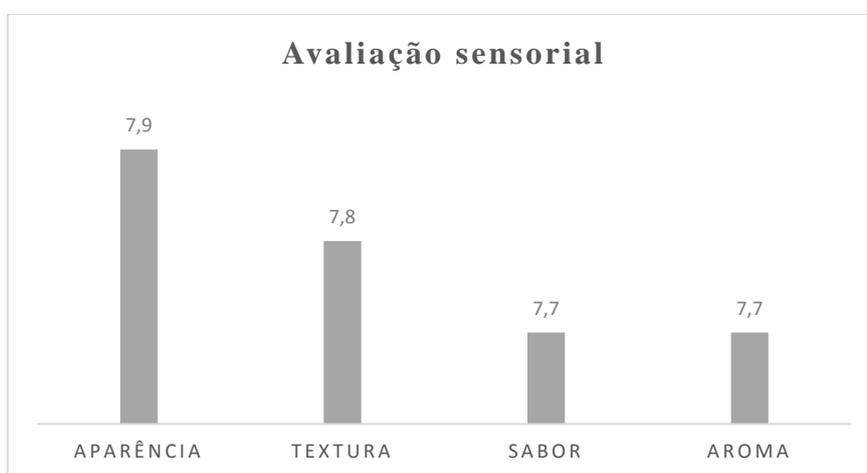
	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Legislação
Coliformes a 45°C (NMP/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<1,0 x 10 ²
Estafilococos Coagulase Positiva (UFC/g)	<1x10 ¹	<5 x10 ³				
Bolores e leveduras (UFC/g)	1,5 x 10 ²	-				
Clostrídios Sulfitos Redutores	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	<2,0 x 10 ¹

* Padrões Microbiológicos para Alimentos – RDC nº 12 de 2001 da ANVISA.

5.13. ANÁLISE SENSORIAL

A massa alimentícia seca foi avaliada por 80 provadores, e obteve aprovação de 96, 90, 89 e 88 % para os atributos aparência, aroma, textura e sabor, respectivamente, e escore médio acima de 7,7 para todos os atributos avaliados (Figura 15), correspondendo ao intervalo entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”, estando, portanto, acima do índice de aceitação determinado por Teixeira (1987), cujo valor mínimo aceito é de 7,0. Bastos et al. (2016) obtiveram escore médio acima de 7 em uma massa alimentícia sem glúten à base de farinha de amaranto e polpa de batata, correspondendo ao mesmo intervalo da escala hedônica obtido neste estudo.

Figura 15. Escores da avaliação sensorial aparência, aroma, textura e sabor da massa alimentícia seca de fécula da mandioca, e farinhas de pupunha e linhaça dourada.



A pesquisa de intenção de compra do produto demonstrou que 47,5 % dos consumidores “certamente comprariam” e que 33 % “possivelmente comprariam” a massa alimentícia seca de fécula de mandioca e farinhas de pupunha e linhaça dourada; em contraste apenas 12,5 % disseram que “talvez comprasse ou não” o produto e 5 % que “certamente não compraria”. Durante o teste sensorial, as observações feitas foram muito positivas em relação ao produto, no entanto 15 % dos provadores atribuíram um sabor residual “amargo” quando consumiram a amostra “pura”, este mesmo sabor não foi relatado quando a amostra foi servida com a presença de molho de tomate tradicional.

5. CONCLUSÃO

A adição de fécula de mandioca e farinhas de pupunha e linhaça dourada permitiram a produção de massas alimentícias secas bem estruturadas, sendo que todas as formulações ou misturas estudadas produziram fios de macarrão firmes, consistentes com características variadas de cozimento.

A combinação de 55 % de fécula de mandioca, 35 % de farinha de pupunha e 10 % de farinha de linhaça dourada proporcionou uma massa alimentícia com melhores características de cozimento e nutricionais. As farinhas de pupunha e linhaça adicionadas a essa massa alimentícia melhoraram as propriedades nutritivas, principalmente em relação ao teor de fibras, podendo este ser caracterizado como alimento rico em fibras.

As diferentes temperaturas de secagem 60 e 75 °C influenciaram positivamente o parâmetro firmeza da massa. O tempo ótimo de cozimento, o aumento de massa e a perda de sólidos da massa alimentícia encontram-se dentre dos limites de qualidade para o macarrão. A massa elaborada está de acordo com o padrão microbiológico segundo a legislação sanitária vigente. Além disso, a massa apresentou um bom índice de aceitação e intenção de compra por parte dos julgadores.

6. REFERÊNCIAS

- AACC. AACC Board holds midyear meeting. **Cereal Foods World**, v.45, n.7, p. 325, 2000.
- AACC. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, v.46, n.3, p.1 12-129, 2001.
- AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods**. 10 ed. Saint Paul, 2000.
- AACC. AMERICAN ASSOCIATION CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods**. 8. ed. Saint Paul, 1995.
- A.O.A.C international - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 18 ed. Gaithersburg, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia. 1993. 8 p.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14141: escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1998.
- ABUSHITA, A.; DAOOD, H.; BIACS, P. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 2075–2081, 2000.
- ATHAYDE, A. Indústrias agregam conveniências aos novos produtos. Engenharia de Alimentos, São Paulo, n. 24, p. 39-41, 1999.
- ALAMPRESE, C.; CASIRAGHI, E.; PAGANI, M.A. Development of gluten-free fresh egg pasta analogues containing buckwheat. **European Food Research and Technology**, Madrid, v. 225, p. 205-213, 2007.
- ASSIS, L. M. et al. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parbolizado. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n.1, p. 15-24, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DE MASSAS ALIMENTÍCIAS (ABIMA). **Estatísticas - mercado nacional de massas**. Disponível em <http://www.abima.com.br/estMercNacMassas.asp>. Acesso em 12 de dezembro de 2015.
- ALMEIDA, C. L., BOAVENTURA, G. T., GUZMAN – SILVA, M. A., A linhaca (*Linum usitatissimum*) como fonte de ácido α -linolenico na formação da bainha de mielina. **Nutrição**, v.22, n.5, set.- out. 2009.
- ANDRADE, J. S.; PANTOJA, L.; MAEDA, R. N. Melhoria do rendimento e do processo de obtenção da bebida alcoólica de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 34-38, 2003.

ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; ZANDONADI, R. P. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.23, p. 467-474, 2010.

ARKCOLL, D.B. & AGUIAR, J.P.L. Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.), a New Source of Vegetable Oil from the Wet Tropics. **J. Science Food Agriculture**, v.35 p, 520-526, 1984. Arkcoll & Aguiar, 1984

BAIANO, A.; CONTE, M. D. N. Drying temperature influence on quality cooking spaghetti. **Journal of Food Engineering**. v. 76, n. 3, p. 341 – 347, 2006.

BASTOS, G. M.; SOARES, M. S.; CALIARI, M.; PEREIRA, A. L. A.; MORAIS, C. C.; HIDALGO, M. R. C. Physical and sensory quality of gluten-free pasta processed amaranth and potato pulp flour base. **LTW Science and Food Technology**, Cidade?. v. 65, n. 2, p. 128-136, 2016.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E.; **Planejamento e Otimização de Experimentos**, 2ª ed., Editora Unicamp, Campinas, SP, 2003, 60-13

BAKKER, C. M. C. N. Análise técnica e econômica do processo de obtenção de espaguete com adição de farinha de trigo integral e linhaça, 2010, 107f. Dissertação de mestrado, UFRN, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Natal, Rio Grande do Norte.

BEAUCHAT, L.R.; CHERRY, J.P.; QUINN, M.R. Physicochemical properties of peanut flour as affected by proteolysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 23, n. 4, p. 616-620, 1975.

BERBERT, P.A.; QUEIROZ, D.M.; SILVA, J.S.; PINHEIRO FILHO, J.B. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 60, n. 3, p. 167 – 173, 1995.

BORGES, J. T. S. et al. Qualidade proteica de pão de sal contendo farinha de linhaça (*Linum usitatissimum* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 1, p. 109-117, 2010.

BORGES, J. T. S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 302322, 2003.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. Introdução à Química dos Alimentos. 2ª Ed., São Paulo SP, Editora Livraria Varela, 1992. p.163-173.

BOX, G.E.P. & DRAPER, N.R. Empirical model building and response surfaces. New York: John Wiley and Sons, 1987.

BRAGANTE, Aderbal G. Desenvolvendo Produto Alimentício – Conceitos e Metodologia. São Paulo, Brasil, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 93, 31 de outubro de 2000. Dispõe sobre o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de massa alimentícia. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 01 nov. 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº. 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 set. 2005. Disponível em: <http://www.abima.com.br/dload/13_46_resol_263_05_leg_alim_nac.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 263, 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005.

BRASIL, Resolução CNNPA Nº 12, de 24/ 07/ 1978. **Regulamento técnico sobre padrões de identidade e qualidade da farinha de trigo**. Diário oficial. Brasília, DF.

BRASIL, Ministério da Saúde. Alimentos Regionais Brasileiros, 2002, p: 30-31.

BROD, F.P.R.; ALONSO, L.F.T.; PARK, K.J. Secagem de produtos agrícolas. XI SEMEAGRI – Semana de Engenharia Agrícola da Unicamp. Agrológica - Empresa Jr. de Eng^a Agrícola, Campinas, 122 p, 1999.

BROOKER, D. B., BAKKER-ARKEMA, F. W., HALL, C. W. Drying and storage of grains and oil seeds. Westport: The Avi Publishing Company, 1992. 450p.

BJERKE, F.; NAES, T. & ELLEKJAER, M.R. An application of projection design in product development. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, v. 51, p. 23-36, 2000.

CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M.; MOREIRA, D. K. T. **Obtenção e aproveitamento da farinha de pupunha**. Belém: Embrapa, 2005. (Comunicado Técnico, n.145).

CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M.; SILVA, P. A.; ASCHERI, J. L. R. Produção de snacks de terceira geração por extrusão de misturas de farinhas de pupunha e mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 4, p. 277-284, 2009.

CARVALHO, A. V.; BECKMAN, J. C.; MACIEL, R. A.; NETO, J. T. F. Características físicas e químicas de frutos de pupunheira no estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 763-768, 2013.

CARRARA, C. L., ESTEVES A. P., GOMES, R. T., GUERRA, L. L. Uso da semente de linhaca como nutraceutco para prevencao e tratamento da arterosclerose. **Revista Eletrônica de Farmácia**. v.4, 1- 9, 2009.

COSTA, M. G.; SOUZA, E. L.; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 220-225, 2008.

CORNELL, J. A. Experiments with mixtures-designs, models, and the analysis of mixtures data, 2nd Ed., Wiley, New York (1990) 19.

CLEMENTE, C. R. and MORA URPI, 1987. Pejibaye palm (*Bactris gasipaes*, Arecaceae): multi-use potential for the low lad humid tropics. **Economic Botany**, 41(2):302-311.

CLEMENT, C. R.; SANTOS, L. A. Pupunha no mercado de Manaus: Preferências de consumidores e suas implicações. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 778-779, 2002.

CLEMENT, C.R. Descriptores mínimos para el pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) y sus implicaciones filogenéticas. Tese de Mestrado, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 1986, 216 p.

CLEMENT, C.R. Domestication of the pejibaye palm (*Bactris gasipaes*): past and present. In: BALICK, M.J. (Ed.). **The palm - tree of life: biology, utilization and conservation**. New York: The New York Botanical Garden, 1988. v.6, p.155-174.

CLEMENT, C.R. Pejibaye (*Bactris gasipaes*). In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N.W. (Ed.). **Evolution of crop plants**. 2nd ed. London: Longman, 1995. p. 383-388.

CHEN, Hai-Hua; XU, Shi-Ying; WANG, Zhang. Gelation properties of flexseed gum. **Journal of Food Engineering**, 2006, 77, 295-303.

CHILLO, S.; CIVICA, V.; IANNETTI, M.; MASTROMATTE, M.; SURIAN, N.; DEL NOBIL, M. A. Influence of repeated extrusions on some properties of non-conventional spaghetti. **Journal of Food Engineering**, Maryland Heigh, v. 100, n. 2, p. 329-335, 2010.

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**, Maryland Heigh, v. 84, p. 101-107, 2008.

CHOO, C. L.; AZIZ, N. A. A. Effects of banana flour and b-glucan on the nutritional and sensory evaluation of noodles. **Food Chemistry**, Londres, v. 119, p. 34-40, 2010.

CRUZ, R. S.; SOARES, N. F. F. Efeito da adição de Co₂ sobre o crescimento microbiano em macarrão tipo massa fresca. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 147-150, 2002.

DE SÁ, M. C.; RODRÍGUEZ-AMAYA, D. B. Optimization of HPLC quantification of carotenoids in cooked green vegetables — Comparison of analytical and calculated data. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 17, p. 37–51, 2004

DEPRIERI, M. Desenvolvimento de pastas alimentícias instantâneas por processo de extrusão termoplástica: influência do tipo de trigo, teor de emulsificantes e parâmetros do processo na qualidade do produto. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/alimentarium/ver_documento.php?did=85>. Acesso em: 23 set. 2009.

DANTAS, R. L.; ROCHA, A. P. T.; TRINDADE, G.; SILVA, G. S. Cinética de secagem de massa alimentícia integral. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.17, n.1, p.11-15, 2015. ISSN 1517-8595

D'AMICO, S.; MASCHLE, J.; JEKLE, M.; TOMOSKOZI, S.; LANGO, B.; SCHOENLECHNER, R. Effect of high temperature drying on gluten-free pasta properties. **Food Science and Technology**. London, v. 63, n. 1, p. 391-399, 2015.

- DONNELLY, B. J. Pasta products: Raw material, Technology, Evaluation. **The Macaroni Journal**, cidade?, v. 61, n. 1, p. 6-7, 10, 12, 14-15, 18, 1979.
- EL-DASH, A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas**: uso de farinhas mistas na produção de massas alimentícias. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. v.5, 38p.
- FIORDA, F. A.; SOARES, M. S.; SILVA, F. A.; SOUTO, L. R. F.; GROSSMANN, M. V. E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 408-416, out./dez. 2013.
- FAO. Food and Agriculture Organization. **Prognóstico Agropecuário** - análise da conjuntura agropecuária safra 2010/11 – mandioca. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 14 dez. 2015.
- FERNANDES, Caloca. Viagem gastronômica através do Brasil. 7ª ed. Editora SENAC São Paulo, 2000.
- FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.
- FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A. de; PETTINELLI, M. L. C. de V.; SILVA, M. A. A. P.; CHAVES, J. B. P.; BARBOSA, E. M. de M. Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos. Manual: série qualidade. Campinas, SBCTA, 2000. 127p.
- FREITAS, T. S.; LEONEL, M. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 2, p. 183-190, 2008
- GAMA, J.; SYLOS, C. Major carotenoids composition of Brazilian Valencia orange juice: Identification and quantification by HPLC. **Food Research International**, v. 38, p. 899–903, 2005.
- GALVÃO, E. L.; SILVA, D. C. F.; SILVA, J. O.; MOREIRA, A. V. B.; SOUSA, E. M. B. Avaliação do potencial antioxidante e extração subcrítica do óleo da linhaça. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 28(3): 551-557, 2008.
- GARIB, Carolina Costa. **Alimentação balanceada**: uma proposta alternativa de merenda escolar. 2002. 82p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.
- GOH, K. K. T.; PINDER, D.N.; HALL, C. E.; HEMAR, Y. Rheological and light scattering properties of flexseed polysaccharide aqueous solutions. **Biomacromolecules**, Washington, v.7, n. 11, p. 3098-3103, 2006.
- GOIA, C. H.; ANDRADE, J. S.; ARAGÃO, C. G. Composição química da farinha de pupunha. **Revista Química Industrial**, v. 2, n. 2, p. 48-54, 1993.
- GULER, S. KOKSEL, H. Effect of industrial mass drying temperature on starch properties and mass quality. **Food Research International**. v, 35, p 421- 427, 2002.
- GULL, A.; PRASAD, K.; KUMAR, P. Effect of millet flours and carrot pomace on cooking qualities, color and texture of developed pasta. **Food Science and Technology**. London, v. 63, n. 1, p. 470-474, 2015.

GUERREIRO, LILIAN. **Dossiê técnico**: massas alimentícias. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro – REDETEC, set. 2006.

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

HASLER, C. M. Functional foods: their role in disease prevention and health promotion. **Food Technology**, London, v. 52, n. 11, p. 63-70, 1998.

HENDERSON, A. Bactris (Palmae). **Flora Neotropica**, New York, v.79, p.1-181, 2000.

HUANG, J.; KNIGHT, S.; GOAD, C. “Model Prediction for Sensory Attributes of Non-Gluten Pasta”. **Journal of Food Quality**, v. 24, n. 6, p. 495-511, 2001.

HUMMEL, C. H. **Macaroni products**. London, ed. Trade Press Ltda, 1966. 287p.

IBGE, Servidor de Arquivos. Disponível em: ww.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/. Acesso: 14 dez. 2015.

IFT. INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 11, p. 50-57, nov. 1981.

IGBEKA, J.C. Simulation of moisture movement during drying a starchy food product-cassava. **Journal of Food Technology**, London, v.17, n.1, p.27-36, 1982.

INGLETT, G. E.; PETERSON, S. C.; CARRIERE, C. J.; MANEEPUN, S. Rheological, textural, and sensory properties of Asian noodles containing oat cereal hydrocolloid. **Food Chemistry**, Londres, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2005.

JENKINS, D. J. et al. Health aspects of partially defatted flaxseed, including effects on serum lipids, oxidative measures, and ex vivo androgen and progestin activity: a controlled crossover trial. **American Journal Clinical Nutrition**. v. 69, n. 3, p.395–402. Mar. 1999.

KASHANI-NEJAD, M. A.; MORTAZAVI, A.; SAFEKORDI A. G. Thinlayer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v.78, p. 98-108, 2007.

KERR, L.S.; CLEMENT, R.N.S.; CLEMENT, C.R.; KERR, W.E. **Cozinhando com a Pupunha**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM. 95 p. 1997.

KIRINUS, K.; COPETTI, C.; OLIVEIRA, V. R. 18. Utilização de farinha de soja (*Glycine max*) e de quinoa (*Chenopodium quinoa*) no preparo de macarrão caseiro sem glúten. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 4, p. 555-561, 2010.

KIM, Y. S.; WIESENBORN, D. P.; LORENZEN, J. H.; BERGLUND, P. Suitability of edible bean and potato starch noodles. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.73, p.302-308, 1996.

KUDRA, T.; STRUMILLO C. **Thermal Processing of Bio-materials**. Quebec. CRC Press, 1998.

KRUGER, J. E.; MATSUO, R. B.; DICK, J. W. Pasta and Noodle Technology. St. Paul: **American Association of Cereal Chemists**, 1996, 356p.

- LAND, D. G.; SHEPHERD, R. Scaling and ranking methods. In: PIGGOTT, J. R. **Sensory analysis of foods**. New York: Elsevier Applied Science, 1988. p. 155-170.
- LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 122-127, 2000.
- LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evacuation of food moisture sorptions isotherm equations. Part I: fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel-Wissenschaft e Technologies**, v.18, n.2, p.111-117, 1985.
- MAIA, L.H. Características químicas e propriedades funcionais do mingau desidratado de arroz e soja e, propriedades reológicas e sensoriais deste mingau reconstituído. Dissertação de Mestrado. Instituto de Tecnologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 110 p., 2000.
- MADAMBA, P. S. Thin layer drying models for osmotically pré-dried young coconut. **Drying technology**, v.21, n.9, p.1759-1780, 2003.
- MAZZA, G. Alimentos Funcionales: Aspectos Bioquímicos y de Procesado. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España, 2000.
- MACIEL, L. M. B.; PONTES, D. F.; RODRIGUES, 21. M. C. P. Efeito da adição de farinha de linhaça no processamento de biscoito tipo cracker. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 385-392, 2008.
- MANSER, J. Optimale parâmetro fur die teigwarenherstellung am Beispiel von langwaren. Mehl Brot getreide. v. 35, n. 3, p. 75 – 83, 1981.
- MENEGASSI, B.; LEONEL, M. Efeito da adição de farinha de mandioquinha-salsa nas características de massa alimentícia. **Ciências Exatas e da Terra**, Ponta Grossa, v. 11, n. 3, p. 13-19, 2006.
- MEILGAARD, M.R.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. Sensory evaluation techniques. 4^a ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2007, 448p.
- MILATOVICH, L.; MONDELLI, G. **La Tecnologia della Pasta Alimentare**. Pinerolo. Chiriotti Editori, 1990, 330p.
- MORA-URPI, J. Diversidad genética en pejibaye [*Bactris* (Guilielma) *gasipaes* Kunth]: Origen y domesticación. In: IV CONGRESO SOBRE BIOLOGIA, AGRONOMIA E INDUSTRIALIZACIÓN DEL PIJUAYO, 1993. Resumo expandido... Iquitos, 1993. p. 21-29.
- MORA URPI, J.; WEBER, J.C.; CLEMENT, C.R. **Peach palm. *Bactris gasipaes* Kunth**. Promoting the conservation and the use of underutilized and neglected crops. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, 1997.
- MOURA, N. C. Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de pão de forma com adição de grãos de linhaça (*Linum usitatissimum*). 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- MONEGO, M. A. *Goma da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) para uso como hidrocolóide na indústria alimentícia*. 2009. Dissertacao – (Mestrado em Ciencia e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciencias Rurais Programa de Pos-Graduacao em

Ciencia e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

MORRIS, H. D. Linaza – Una Recopilación sobre sus Efectos em la salud y Nutrición. 4ª Edición, 2007.

MULET, A.; BERNA, A.; ROSSELO, C. Drying of carrots: Drying models. **Drying Technology**, New York, v.7, n.3, p.537-557, 1989.

NABESHIMA, E. H. Desenvolvimento de massas alimenticias instantaneas de arroz, pelo processo de extrusão termoplástica, utilizando farinhas quimicamente modificadas. Campinas, 2007. 183p; Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

NICOLETTI, A. M. Uso de subprodutos agroindustriais no desenvolvimento de macarrão nutricionalmente melhorado. **Alimentos e Nutrição**. v. 18, p. 421-429, 2007.

OOMAH, B. Dave; MAZZA, Giuseppe. Compositional changes during commercial processing of flaxseed. **Industrial Crops and Products**. 1998, 9 29–37.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.; ANDRADE, J. S.; CHAGAS-JÚNIOR, A. F. Produção de amilase por rizóbios, usando farinha de pupunha como substrato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 61-66, 2007.

OLIVEIRA, Talita M. de; PIROZI, Mônica R.; BORGES, João Tomaz da S. Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara. v.18, n.2, p. 141-150, abr./jun. 2007.

OOMAH, B. D.; DER, T. J.; GODFREY, D.V. Thermal characteristics of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) proteins, **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 4, p. 733–741, 2001.

OETTERER, M.; REGITANOD'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006, cap. 12, p.565-604.

OLIVEIRA, A. M. M. M.; MARINHO, H. A. 23. Desenvolvimento de panetone à base de farinha de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 4, p. 595-605, 2010.

ONYANGO, C.; UNDEHEND, G.; LINDHAUER, M. G. Effect of cellulosederivatives and emulsifiers on creep-recovery and crumb properties of gluten-free bread prepared from sorghum and gelatinised cassava starch. **Food Research International**, Toronto, v. 4, n. 11, p. 1-7, 2009.

ORMENESE, R. S. C.; LEITÃO, R.F.F.; SILVEIRA, N.F.A.; BALDINI, V.S. Influência da secagem à alta temperatura nas características das massas com ovos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 18, no1, Campinas, 1998.

ORMENESE, R. C. S. C.; CHANG, Y. K. Macarrão de arroz: características de cozimento e textura e comparação com o macarrão convencional e aceitação pelo consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, p. 91-97, 2002.

ORMENESE, R.C S.C. Macarrão de arroz: características de cozimento e textura em comparação com o macarrão convencional e aceitação pelo consumidor. **Brazilian Journal of food technology**, v.6, n. 1, p. 91-9. 2003.

- OKOS, M. R. Moisture Diffusivity in Pasta During Drying. **Journal of Food Engineering**. London: Elsevier Applied Science Publishers, v. 17, p. 117-142, 1992.
- PAN, A.; YU, D.; DEMARK-WAHNEFRIED, W.; FRANCO, O. H; LIN, XU. Metaanalysis of the effects of flaxseed interventions on blood lipids. **American Journal of Clinical Nutrition, Bethesda**, v. 90, n. 2, p. 288-297, 2009.
- PASA, G. S. Método de otimização experimental de formulações. Dissertação de mestrado - PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, 1996.
- PARK, Y. K.; AGUIAR, C. L.; ALENCAR, S. M.; SCAMPARINI, A. R. P. Biotransformação de isoflavonas de soja. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. n. 20, p. 12-14, 2001.
- PARK, K. J. TUBONI, C. T.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B., 2004. Estudo da secagem de caqui Giombo com encolhimento e sem encolhimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande - PB, v. 6, n. 1, p. 71-86.
- PEREIRA, M. R.; AMAYA-FARFAN, J.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Avaliação da metodologia analítica para determinação de b-caroteno em macarrão fortificado. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** vol.18 no.1 Campinas Jan./Apr. 1998.
- PENNA, E. W. Desarrollo de alimentos para regimenes especiales. In: MORALES RH; TUDESCA MV. Optimizacion de formulaciones. Santa Curz de la Sierra, Bolivia, 1999.
- PORTE, A.; SILVA, E.F.; ALMEIDA, V. D. S.; Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (carica papaya) e de abóbora (cucurbita sp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.1, p.91-96, 2011 91 ISSN 1517-8595.
- POHJANHEIMO, T., PAASOVAARA, R., LUOMALA, H.; SANDELL, M. Food choice motives and bread liking of consumers embracing hedonistic and traditional values. **Appetite**, London. v. 54, p. 170-180, 2010.
- Produção Agrícola Municipal - Culturas Temporárias e Permanentes. IBGE. Volume 37, 2010, Brasil. 89 p. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2010/PAM2010_Publicaça_o_Completa.pdf. Acesso em 12 de outubro 2016.
- QUEIROZ, M.R.; NEBRA, S.A. Soluções analíticas e numéricas do modelo de difusão à secagem de bananas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.1, p.74-83, 1997.
- REDDY.N.S.MIMMAGADD, A; RAO, K.R.S.S. An overvtew of the microbial α -amilase fomity. **Afr. Journal Biotechnol.** v.2.n12, P645-648, 2003.
- RODRIGUES, J. P. M. **Caracterização e análise sensorial de biscoitos de polvilho enriquecidos com farelo de mandioca**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. Disponível em: http://bdtd.ufg.br/tesdesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1509. Acesso em: 15 dez. 2015.
- SANNIL, O.; BAMGBOSE C, A.; BABAJIDEJ, M.; SANNIS, A. Production of instant cassava noodles. In: **International Society for Tropical Root Crops Symposium**, 13. Anais...Arusha, Tanzania, 2007, p. 466-472.

SEREEWAT, P.; SUTHIPINITTHAM, C.; SUMATHALUK, S.; PUTTANLEK, C.; UTTAPAP, D.; RUNGSARDTONG, V. Cooking properties and sensory acceptability Spaghetti made from rice flour and defatted soybean. **Science and Technology Food**, Thailand, v. 60, n. 2, p. 1061- 1067, 2015.

SERENO, A.M.; MEDEIROS, G.L. Simplified model for the prediction of drying rates for foods. **Journal of Food Engineering**, Barking, v.12, n.1, p.1-11, 1990.

SILVA, M. G. C. P. C. Introdução e caracterização de germoplasma de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth). Relatório Técnico de Pesquisa. Ceplac/Cepec/Esmal. Ilhéus, BA. 2004.

SILVA, N; JUNQUEIRA, V. C. A; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S. dos; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 536p.

SILVA, R. F. da; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; MODESTA, R. C. D.; Aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz com café extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas (29) (4) p. 815-819, 2009.

SIBAKOV, R. N.; HEINIO, R. L.; CASSAN, D.; MANTILA, U. H.; MICARD, V.; LANTTO, R.; SOZER, N. Effect of bioprocessing and fractionation on the structural, textural and sensory properties of gluten-free faba bean pasta. **Food Science and Technology**. London, v. 67, n. 1, p. 27-36, 2016.

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

SCHABBACH, L. M.; OLIVEIRA, A. P. N.; FREDEL, M. C.; HOTZA, D. *Ceram. Soc. Bull.* 82 (2003) 47.

STASOFT. STATISTICA 7.0 for Windows – Computar program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2007. CD Room.

STEEL, J. C.; PAUCAR-MENACHO, L. M.; SILVA, L. H.; BARRETTO, P. A. A.; MAZAL, G.; FAKHOURI, F. M.; FAKHOURI, F. M.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e povidexose utilizando páprica como corante. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n. 4, p. 767-778, 2008.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. 3. ed. New York/London: Academic Press, 2004. 377p.

SHITTU, T. A.; DIXON, A.; AWONORIN, S. O.; SANNI, L. O.; MAZIYA-DIXON, B. Bread from composite cassava–wheat flour. II: Effect of cassava genotype and nitrogen fertilizer on bread quality. **Food Research International**, Toronto, v. 41, n. 1, p. 569–578, 2008.

SPANHOLI, R.; OLIVEIRA, V. R. Utilização de farinha de albedo de maracujá (*passiflora edulis flavicarpa degener*) no preparo de massa alimentícia. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 599-603, 2009.

SGARBIERI, V. C.; PACHECO, M. T. B. **Alimentação e Nutrição**: fator de saúde e desenvolvimento. São Paulo: editora Almed, p.387, 1999.

- ŠKRBIĆ, B.; CVEJANOV, J. The enrichment of wheat 26. Cookies with high-oleic sunflower seed and hull-less barley flour: Impact on nutritional composition, content of heavy elements and physical properties. **Food Chemistry**, v. 124, p. 1416-1422, 2011
- TARPILA, Anneli; WENNERBERG, Tero; TARPILA, Simo. Flaxseed as a functional food. **Current Topics in Nutraceutical Research**, en 2005, 3, 167-188.
- TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987.
- TOH, T.S. Rice noodles preparation. European patent 0738473A2, 1996.
- TONUKARI, N. J. Cassava and the future of starch. *Biotechnology Issues for Developing Countries*, Valparaíso, v. 1, n. 1, p. 5-8, 2004
- THOMPSON, T.; DENNIS, M.; HIGGINS, L. A.; LEE, A. R.; SHAVRETT, M. K. Gluten-free diet survey: are Americans with celiac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, Preston, v. 18, p. 163-169, 2005.
- TRENDS, Brasil Foods. As tendências da alimentação. **Instituto de tecnologia dealimentos**. 2010.
- TROMBINI, F. R. M. **Caracterização de produtos extrusados de misturas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010. Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/pos_graduacao/Teses/PDFs/Arq0444.pdf>. Acesso em: 20 out. 2016.
- TRUCOM, Conceição. A importância da linhaça na saúde. 151 pags. Editora Alaúde. São Paulo. 2006.
- YUE, P.; RAYAS-DUARTE, P.; ELIAS, E. Effect of drying temperature on physicochemical properties of starch isolated from pasta. **Cereal Chemistry**. v. 76, p. 541 -547, 1999.
- YUYAMA, L.K.O.; FÁVARO, R.M.D.; YUYAMA, K.; VANNUCCHI, H. Bioavailability of vitamin A from peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) and mango (*Mangifera indica* L.) in rats. **Nutr. Res.**, **11**:1167-75, 1991.
- YUYAMA, L. K. O.; COZZOLINO, S. M. F. Efeito da suplementação com pupunha como fonte de vitamina A em dieta: estudo em ratos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 61-66, 1996.
- YUYAMA, L. K.; AGUIAR, J. P.; YUYAMA, K.; CLEMENT, C. R.; MACEDO, S. H.; FAVARO, D. I.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M. B.; PIMENTEL, S. A.; BADOLATO, E. S.; VANNUCCHI, H. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in central Amazonia, Brazil. **Int. J. Food Science Nutrition**. v. 54, n. 1, p. 49-56, 2003.
- ZANOELO, E. F.; CELSO, G. M. D.; KASKANTZIS. Drying kinetics of mate leaves in a packed bed dryer. **Byosystems Engineering**, v.96, n.4, p.487- 494, 2007.
- ZOGZAS, N. P.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. **Drying Technology**, v.14, p.2225-2253, 1996.

APÊNDICE 1

Ficha de avaliação da análise sensorial da massa alimentícia seca e intenção de compra.

NOME: _____ DATA: ___/___/___											
IDADE: () 15-25 () 25-35 () 35-50 () acima de 50 anos SEXO: () F () M											
Com que frequência você consome o produto: () mais de 3 vezes/semana () 3 vezes/semana () 2 vezes/semana () 1 vez/semana () quinzenalmente () 1 vez/mês () Raramente () Nunca											
Prove a amostra e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo:											
9 - gostei muitíssimo 8 - gostei muito 7 - gostei moderadamente 6 - gostei ligeiramente 5 - nem gostei/nem desgostei 4 - desgostei ligeiramente 3 - desgostei moderadamente 2 - desgostei muito 1 - desgostei muitíssimo	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">ATRIBUTO</th> <th style="width: 30%;">NOTA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Aparência</td> <td style="width: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Aroma</td> <td style="width: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Sabor</td> <td style="width: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Textura</td> <td style="width: 30px;"></td> </tr> </tbody> </table>	ATRIBUTO	NOTA	Aparência		Aroma		Sabor		Textura	
ATRIBUTO	NOTA										
Aparência											
Aroma											
Sabor											
Textura											
Se quiser, escreva o que você mais gostou e/ou desgostou no produto: Gostou: _____ Desgostou: _____											
Agora, com base em sua opinião sobre esta amostra, se encontrasse a venda você: () Certamente compraria () Possivelmente compraria () Talvez comprasse / talvez não comprasse () Possivelmente não compraria () Certamente não compraria											

APÊNDICE 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DA MASSA ALIMENTÍCIA SECA DA FÉCULA DE MANDIOCA E FARINHAS DE PUPUNHA E LINHAÇA

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), em uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra do pesquisador responsável. Em caso de dúvida você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Pará.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA: Título do Projeto: Elaboração de massa alimentícia seca sem glúten a partir da fécula de mandioca e farinhas de pupunha e linhaça dourada.

Pesquisadora Responsável: Yasmin Caroline Nóvoa Sakurai_____

Assinatura

Orientador (a): Prof^a Dr^a Luiza Meller

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa: Elaboração de massa alimentícia seca sem glúten a partir da fécula de mandioca e farinhas de pupunha e linhaça dourada, bem como determinar a aceitabilidade e a qualidade tecnológica do produto elaborado. A análise sensorial será realizada no laboratório de Análise Sensorial da FEA-UFPA.

Se o (a) senhor (a) aceitar participar, irá avaliar os produtos quanto a aparência, textura, sabor, odor 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.

O (a) senhor (a) tem liberdade de recusar a participar da pesquisa em qualquer momento sem qualquer prejuízo. 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: fécula de mandioca, farinha de pupunha e farinha de linhaça dourada. 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

ANEXO A

INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARÁ - ICS/



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: QUALIDADE DE PRODUTOS ELABORADOS A PARTIR DE FRUTOS E SUBPRODUTOS AMAZÔNICOS

Pesquisador: Luiza Helena Mellor da Silva

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 43359414.4.0000.0018

Instituição Proponente: Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Pará - ICS/ UFPA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.030.354

Data da Relatoria: 31/03/2015

Apresentação do Projeto:

Atualmente no planeta o consumo de frutas e vegetais está abaixo das recomendações, isto implica em um menor consumo de nutrientes através da alimentação, entre esses as vitaminas. A Região Norte do Brasil se caracteriza por uma disponibilidade de frutos e vegetais ricos em nutrientes, os quais estão completamente integrados à dieta alimentar dos amazônidas. Portanto objetiva-se através desta pesquisa avaliar a qualidade e a aceitação de produtos enriquecidos com frutos e sub-produtos oriundos de processamentos alimentares, pois esta pode ser uma estratégia eficaz para aumentar o consumo de diferentes nutrientes presentes nestas matérias primas, agregando valor nutricional a uma grande variedade de produtos alimentícios.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

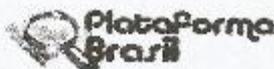
O objetivo principal é avaliar as características físicas, químicas e microbiológicas, bem como a aceitabilidade de produtos elaborados a partir de frutos e subprodutos amazônicos.

Objetivo Secundário:

Analisar física e quimicamente os frutos e subprodutos nativos da região amazônica que serão

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01-Síde ICS 13 - 2º and.
Bairro: Campus Universitário do Guamá CEP: 66.075-113
UF: PA Município: BELEM
Telefone: (91)3201-7735 Fax: (91)3201-8028 E-mail: cepcos@ufpa.br

INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARÁ - ICS/



Continuação do Parecer: 1.030.354

usados para elaboração de produtos alimentícios. Avaliar a qualidade higiênico-sanitária dos produtos antes do teste de aceitação. Realizar teste sensorial para determinação de aceitação global (sabor, aroma e textura) e aparência dos produtos. A formulação com melhor aceitação será submetida a análises físicas, químicas, determinação de valor energético e de vida útil. Divulgação em eventos e periódicos das áreas de Engenharia e Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Alguns dos constituintes destas matérias primas em determinada concentração podem ocasionar reações alérgicas em pessoas mais sensíveis, fato que deve ser pesquisado. Por esta razão, o participante será informado verbalmente e de forma escrita sob os possíveis riscos antes do início da análise, através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Benefícios:

Os produtos elaborados a partir de frutos da região amazônica e subprodutos contribuem para valorização das espécies nativas e agregação de valor aos mesmos. Portanto, o conhecimento de seus constituintes faz desses alimentos uma fonte rica em nutrientes a serem incluídos à alimentação humana.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O protocolo apresentado dispõe de metodologia e critérios definidos conforme resolução 466/12 do CNS/MS.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos apresentados contemplam os sugeridos pelo Sistema CEP/CONEP.

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto somos pela aprovação do protocolo. Este é nosso parecer, SMJ.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Rua Augusto Correa nº 01-SI do ICS 13 - 2º and.
Bairro: Campus Universitário da Guamá CEP: 66.075-110
UF: PA Município: BELEM
Telefone: (91)3201-7735 Fax: (91)3201-8028 E-mail: cepcos@ufpa.br

INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARÁ - ICS/



Continuação do Parecer: 1.020.354

BELEM, 22 de Abril de 2016

Assinado por:
Wallace Raimundo Araujo dos Santos
(Coordenador)

Endereço: Rua Augusto Cordeiro nº 01-SI do ICS 13 - 2º and.
Bairro: Campus Universitário do Guamá CEP: 66.076-110
UF: PA Município: BELEM
Telefone: (81)3201-7735 Fax: (81)3201-8028 E-mail: capce@ufpa.br

Página 02 de 03

ANEXO B - Delineamento experimental do planejamento de mistura.

Tabela B1: Parâmetros obtidos através do planejamento experimental de mistura.

Ensaio	Tempo de cozimento	Aumento da Massa	Perda de sólidos
1	7,20 ± 0,05 ^e	59,51 ± 0,07 ^c	1,90 ± 0,80 ^f
2	22,19 ± 0,06 ^a	31,08 ± 0,51 ^f	21,11 ± 0,49 ^a
3	10,64 ± 0,40 ^b	84,59 ± 0,78 ^a	12,67 ± 0,61 ^{b,c}
4	8,0 ± 0,01 ^f	113,50 ± 0,73 ^d	5,60 ± 0,15 ^e
5	9,26 ± 0,07 ^d	85,33 ± 1,00 ^a	8,62 ± 1,30 ^d
6	10,13 ± 0,05 ^{b,c}	74,09 ± 0,15 ^b	13,64 ± 1,21 ^b
7	9,94 ± 0,34 ^c	48,33 ± 0,66 ^e	10,52 ± 1,07 ^{c,d}
8	9,94 ± 0,34 ^c	48,33 ± 0,66 ^e	10,52 ± 1,07 ^{c,d}

Média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença a nível de 5% de significância.

ANEXO C – Modelos de regressão ajustados para as variáveis TOC, AM, e PS.

ANOVA; Var.:T (NOVO PLANEJAMENTO 2017) 3 Factor mixture design; Mixture total=1., 8 Runs Sequential fit of models of increasing complexity										
Model	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p	R-Sqr	R-Sqr Adjusted
Linear	85,4599	2	42,72997	90,46004	5	18,09201	2,3618	0,189607	0,485789	0,280104
Quadratic	90,0506	3	30,01685	0,40949	2	0,20474	146,6070	0,006782	0,997672	0,991853
Total Adjusted	175,9200	7	25,13143							

Overall Fit of Model; Var.: T (NOVO PLANEJAMENTO 2017) 3 Factor mixture design; Mixture total=1., 8 Runs					
Source	SS	df	MS	F	p
Model	175,5105	5	35,10210	171,4442	0,005809
Total Error	0,4095	2	0,20474		
Lack of Fit	0,4095	1	0,40949		
Pure Error	0,0000	1	0,00000		
Total Adjusted	175,9200	7	25,13143		

Coeffs (recoded comps); Var.:T; R-sqr=,9977; Adj:,9919 (NOVC) 3 Factor mixture design; Mixture total=1,, 8 Runs DV: T; MS Residual=,2047436						
Factor	Coeff.	Std.Err.	t(2)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
(A)FM	7,1705	0,452004	15,8637	0,003950	5,2257	9,1153
(B)FP	22,1694	0,452252	49,0201	0,000416	20,2235	24,1153
(C)FLD	10,6293	0,452422	23,4941	0,001807	8,6826	12,5759
AB	-36,8729	2,203092	-16,7369	0,003551	-46,3521	-27,3938
AC	1,6981	2,203787	0,7706	0,521547	-7,7840	11,1803
BC	-23,1022	1,684513	-13,7145	0,005275	-30,3501	-15,8544

Figura C1 - Os modelos de regressão ajustados para o tempo ótimo de cozimento

ANOVA; Var.:AM (NOVO PLANEJAMENTO 2017) 3 Factor mixture design; Mixture total=1,, 8 Runs Sequential fit of models of increasing complexity										
Model	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p	R-Sqr	R-Sqr Adjusted
Linear	1864,824	2	932,4122	690,9165	5	138,1833	6,747647	0,037999	0,729661	0,621525
Quadratic	122,030	3	40,6767	568,8864	2	284,4432	0,143005	0,925773	0,777408	0,220930
Total Adjusted	2555,741	7	365,1059							

Overall Fit of Model; Var.: AM (NOVO PLANEJAMENTO 2017) 3 Factor mixture design; Mixture total=1,, 8 Runs					
Source	SS	df	MS	F	p
Model	1986,855	5	397,3709	1,397013	0,467128
Total Error	568,886	2	284,4432		
Lack of Fit	568,886	1	568,8864		
Pure Error	0,000	1	0,0000		
Total Adjusted	2555,741	7	365,1059		

Coeffs (recoded comps); Var.:AM; R-sqr=,7774; Adj:,2209 (NOVO PLANEJAMENTO 2017) 3 Factor mixture design; Mixture total=1,, 8 Runs DV: AM; MS Residual=284,4432						
Factor	Coeff.	Std.Err.	t(2)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
(A)FM	60,6103	16,84749	3,597586	0,069326	-11,879	133,0992
(B)FP	31,8469	16,85672	1,889268	0,199444	-40,682	104,3755
(C)FLD	84,9901	16,86307	5,040014	0,037185	12,434	157,5460
AB	33,1632	82,11550	0,403860	0,725405	-320,151	386,4777
AC	40,5166	82,14143	0,493254	0,670673	-312,909	393,9427
BC	-10,9337	62,78659	-0,174140	0,877787	-281,083	259,2152

Figura C2 - Os modelos de regressão ajustados para o aumento da massa.

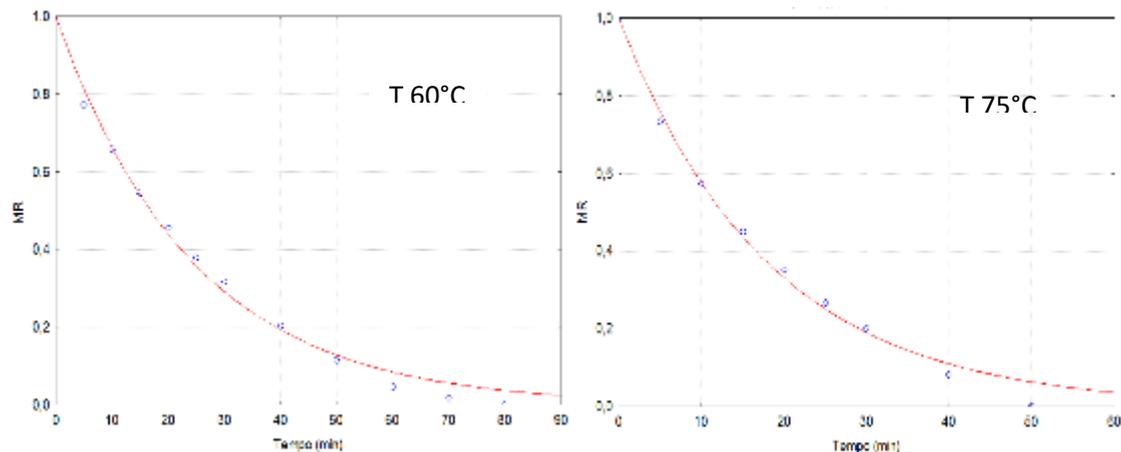
ANOVA; Var.:PS (NOVO PLANEJAMENTO 2017) 3 Factor mixture design; Mixture total=1., 8 Runs Sequential fit of models of increasing complexity										
Model	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p	R-Sqr	R-Sqr Adjusted
Linear	178,2584	2	89,12922	58,40891	5	11,68178	7,62976	0,030259	0,753202	0,654483
Quadratic	55,5544	3	18,51812	2,85455	2	1,42727	12,97448	0,072405	0,987939	0,957785
Total Adjusted	236,6674	7	33,80962							

Overall Fit of Model; Var.: PS (NOVO PLANEJAMENTO 2017) 3 Factor mixture design; Mixture total=1., 8 Runs					
Source	SS	df	MS	F	p
Model	233,8128	5	46,76256	32,76357	0,029881
Total Error	2,8545	2	1,42727		
Lack of Fit	2,8545	1	2,85455		
Pure Error	0,0000	1	0,00000		
Total Adjusted	236,6674	7	33,80962		

Coeffs (recoded comps); Var.:PS; R-sqr=,9879; Adj:,9578 (NOVO PLANEJAMENTO 2017) 3 Factor mixture design; Mixture total=1., 8 Runs DV: PS; MS Residual=1,427273						
Factor	Coeff.	Std.Err.	t(2)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
(A)FM	1,9779	1,193413	1,65738	0,239294	-3,1569	7,11278
(B)FP	21,1643	1,194068	17,72456	0,003168	16,0267	26,30198
(C)FLD	12,6983	1,194517	10,63052	0,008733	7,5587	17,83793
AB	-27,5764	5,816757	-4,74085	0,041727	-52,6039	-2,54891
AC	4,4472	5,818593	0,76431	0,524544	-20,5882	29,48261
BC	-18,3803	4,447568	-4,13266	0,053865	-37,5166	0,75607

Figura C3 - Os modelos de regressão ajustados para a perda de sólidos.

ANEXO D – Modelagem matemática da massa alimentícia nas três temperaturas distintas.



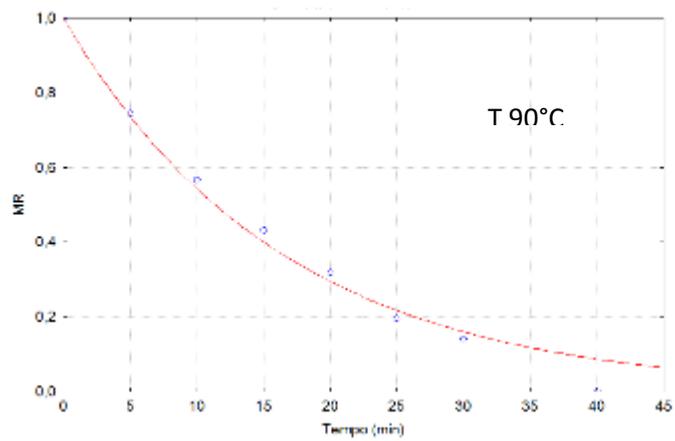


Figura D1 - Curvas de secagem da massa alimentícia, em três temperaturas distintas, obtidas através do modelo de Newton.

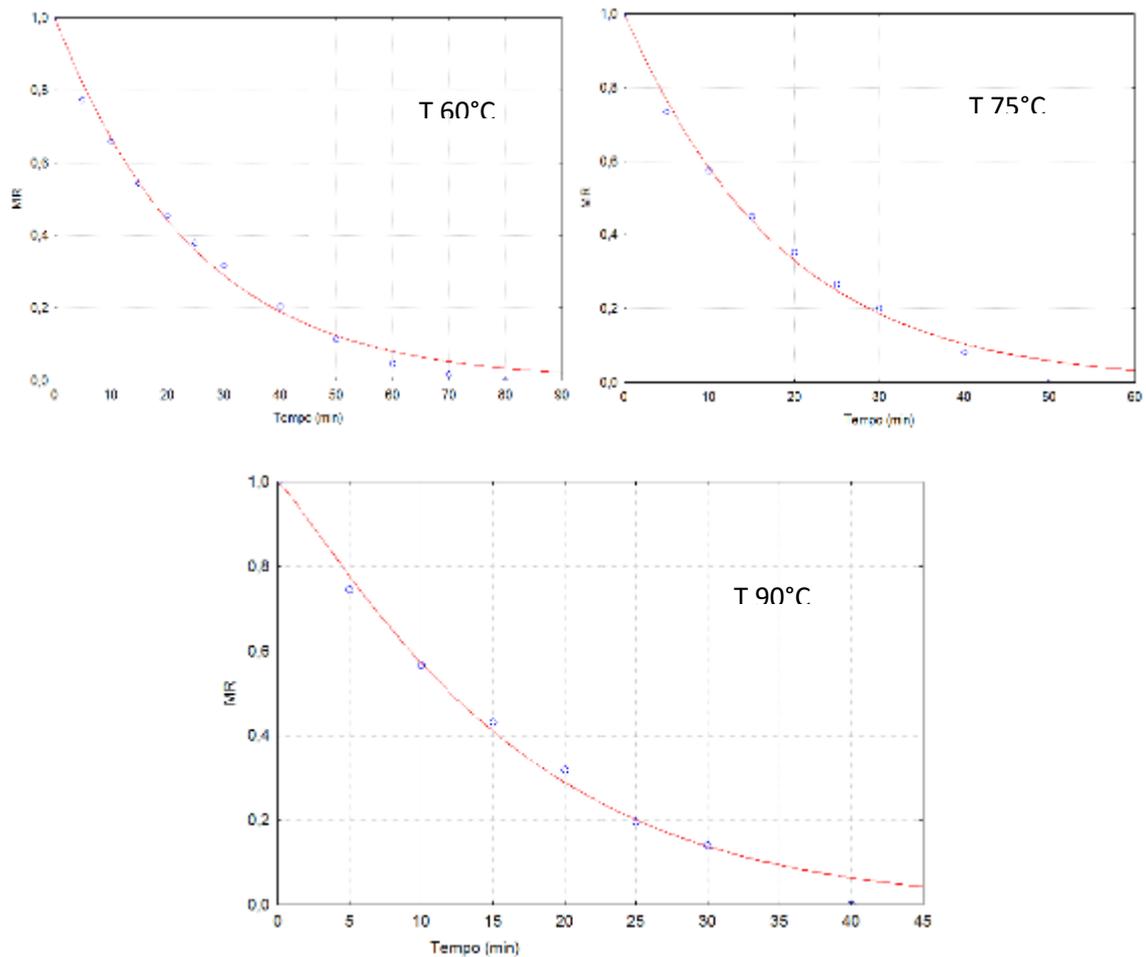


Figura D2 - Curvas de secagem da massa alimentícia, em três temperaturas distintas, obtidas através do modelo de Page.

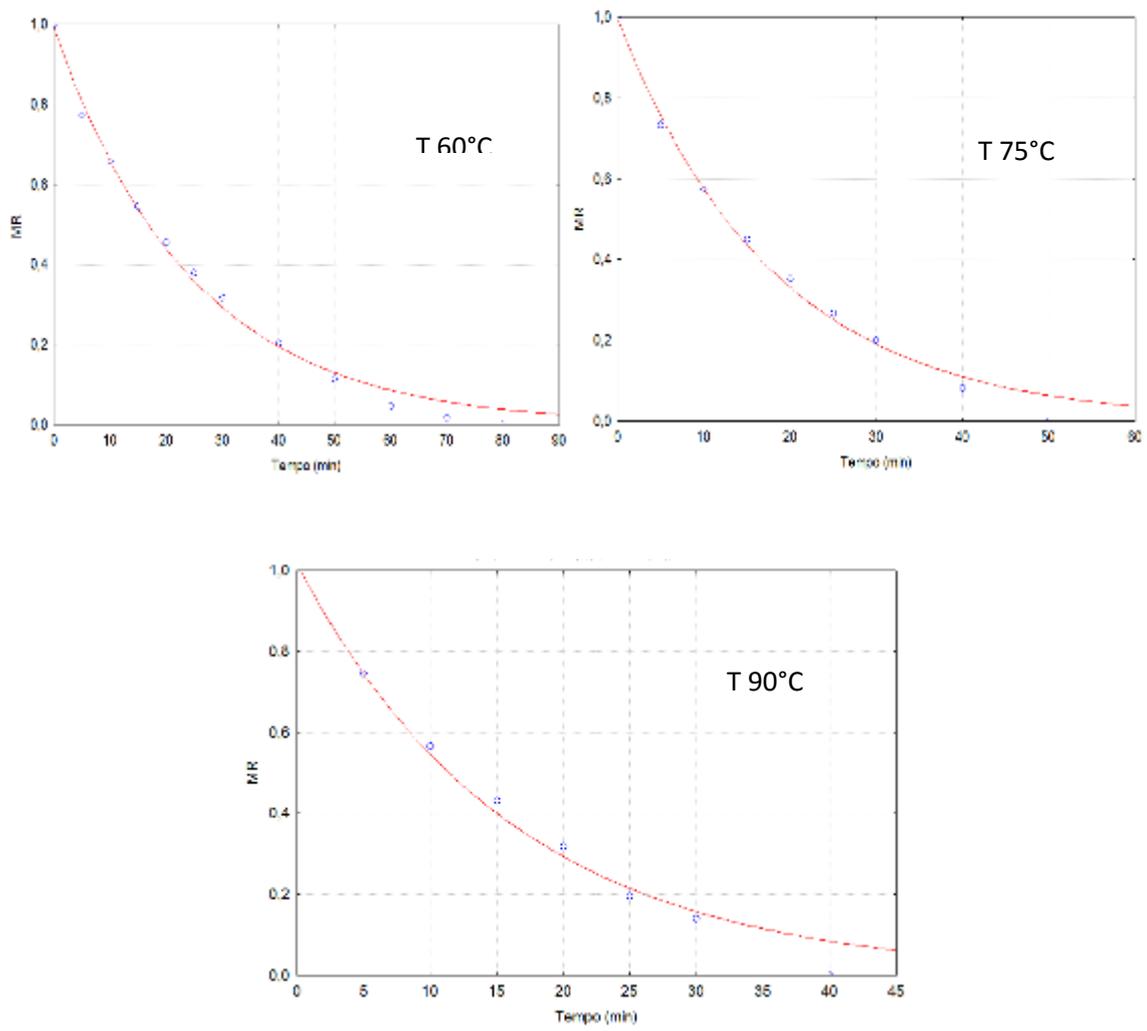


Figura D3 - Curvas de secagem da massa alimentícia, em três temperaturas distintas, obtidas através do modelo de Henderson e Pabis.

ANEXO E – Valores de adimensional de umidade da curva de secagem, para as três temperaturas de secagem da massa alimentícia.

Tabela E1: Dados de secagem da massa alimentícia, em três temperaturas diferentes.

Tempo (min.)	MR		
	60°C	75°C	90°C
0	1,00	1,00	1,00
5	0,77	0,73	0,75
10	0,66	0,58	0,57
15	0,55	0,45	0,43
20	0,46	0,35	0,32
25	0,38	0,27	0,20
30	0,32	0,20	0,14
40	0,20	0,08	0,00
50	0,12	0,00	
60	0,05		
70	0,02		
80	0,00		