



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PROCESSOS



ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS

**MASSA ALIMENTÍCIA LIVRE DE GLÚTEN ELABORADA A PARTIR DE
FÉCULAS DE BATATA E MANDIOCA E FARINHA DE ARROZ VERMELHO**

KARLA BARBOZA PEREIRA

Campina Grande, Paraíba

Fevereiro- 2018

**MASSA ALIMENTÍCIA LIVRE DE GLÚTEN ELABORADA A PARTIR DE
FÉCULAS DE BATATA E MANDIOCA E FARINHA DE ARROZ VERMELHO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Processos.

ORIENTADORES

Prof.^a Dr.^a Maria Elita Martins Duarte

Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

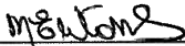

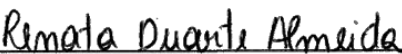
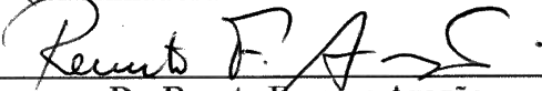
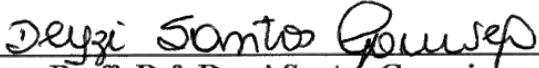
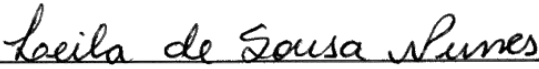
Campina Grande, Paraíba

Fevereiro 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

KARLA BARBOZA PEREIRA

MASSA ALIMENTÍCIA LIVRE DE GLÚTEN ELABORADA A PARTIR DE
FÉCULAS DE BATATA E MANDIOCA E FARINHA DE ARROZ VERMELHO

BANCA EXAMINADORA	PARECER
 Prof. ^a . Dr. ^a . Maria Elita Martins Duarte (Orientadora – UFCG/CTRN/UAEAli)	<u>APROVADA</u>
 Prof. Dr. Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata (Orientador – UFCG/CTRN/UAEAli)	<u>APROVADA</u>
 Dra. Renata Duarte Almeida (Examinadora – UFCG/CTRN/UAEAli)	<u>APROVADA</u>
 Dr. Renato Fonseca Aragão (Examinador – UFCG/CTRN/UAEAli)	<u>APROVADA</u>
 Prof. ^a . Dr. ^a . Deyzi Santos Gouveia (Examinadora – UFCG/CTRN/UAEAli)	<u>APROVADA</u>
 Dra. Leila de Sousa Nunes (Examinadora – IFRN)	<u>APROVADA</u>

DEDICATÓRIA

Aos meus amados:

Deus

Esposo e filho

Pais e irmãs

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pelo cuidado com que me cerca desde o princípio e pela oportunidade de concluir minha vida acadêmica, tudo que sou e o que vier a ser, vem Dele.

A meu amado esposo Natan que me fortalece, protege, incentiva, que enche meus dias de alegria e ainda me deu o maior presente que poderia desejar, o nosso filho.

Aos meus pais, Gelson e Lusinete e minhas irmãs Bárbara e Bruna, que nunca mediram esforços para contribuir com a minha formação pessoal e acadêmica.

Aos meus cunhados: Alisson, Wanderley, Quézia, Isaías, Eli, Voltaérys, Carol, Thaisy, Mellyzanny e Willian e sogros: Aparecida e Isaías pela amizade e cumplicidade.

Aos meus orientadores Maria Elita e Mario Eduardo pela forma como fui acolhida desde o mestrado; através deles vieram títulos acadêmicos, mas sobretudo uma grande admiração pelas suas condutas e profissionalismo.

A todos os professores que transmitiram seus conhecimentos tornando esse dia possível. Em especial aos professores: Tomás Jeferson Alves de Mélo, Renan Gusmão e Suédina Maria de Lima Silva; Maria Lucia Conceição, João Batista e Thaísa Abrantes pelas contribuições diretas nas análises de DSC, fibras, MEV e análise sensorial, respectivamente. Também aos membros da banca que contribuíram para o aperfeiçoamento dessa tese.

Aos funcionários de todos os laboratórios que utilizei para a concretização desta pesquisa, Rebeca e Renata (Engenharia de Alimentos), Jardes (Engenharia Química), Emanuel (Engenharia de Materiais) e Daniela (Engenharia Mecânica).

Aos amigos da UFCG especialmente Karol (pela ajuda na coleta de diversos dados), Renata (sempre presente), Shirlyanne, Anastácia, Amanda, Daniele, entre outros.

À Universidade Federal de Campina Grande e à Universidade Estadual da Paraíba pela viabilização desta tese de doutorado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xiii
RESUMO.....	xix
ABSTRACT	xx
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo geral.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Batata	4
2.2. Mandioca.....	5
2.3. Féculas	7
2.4. Arroz Vermelho	8
2.5. Goma Xantana	10
2.6. Massas alimentícias	11
2.7. Glúten.....	12
2.8. Doença celíaca	13
2.9. Desenvolvimento de novos produtos sem glúten.....	15
2.10. Granulometria	16
2.11. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	17
2.12. Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC).....	17
2.13. Secagem	18
2.14. Qualidade da massa alimentícia.....	20
2.15. Textura.....	21
2.16. Atividade de água	22

2.17. Análise microbiológica	23
2.18. Análise sensorial	24
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1. Local	26
3.2. Matérias-primas	26
3.3. Processamento da massa alimentícia	27
3.4. Análise granulométrica, morfológica e calorimétrica da matéria-prima e formulações.....	29
3.4.1. Análise granulométrica.....	29
3.4.2. Análise morfológica	30
3.4.3. Análise Calorimétrica: calorimetria exploratória diferencial (DSC)	31
3.5. Secagem.....	32
3.6. Caracterização físico-química.....	34
3.6.1. Teor de água	34
3.6.2. Cinzas	34
3.6.3. Minerais.....	34
3.6.4. pH.....	35
3.6.5. Amido	35
3.6.6. Lipídeos	35
3.6.7. Proteínas	35
3.6.8. Carboidratos totais.....	36
3.6.9. Valor calórico total	36
3.6.10. Fibras	36
3.6.11. Compostos fenólicos.....	37
3.7. Análises específicas do cozimento.....	37
3.7.1. Tempo de cozimento	37
3.7.2. Aumento de volume.....	37

3.7.3.	Perda de sólidos solúveis	37
3.7.4.	Rendimento.....	38
3.8.	Avaliação instrumental de textura	38
3.9.	Armazenamento	39
3.10.	Análises microbiológicas	39
3.10.1.	Coliformes totais.....	39
3.10.2.	Coliformes termotolerantes	40
3.10.3.	Bolores e leveduras.....	40
3.11.	Análise sensorial	40
3.12.	Análise estatística.....	42
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1.	Análise granulométrica, morfológica e calorimétrica da matéria-prima e das massas formuladas	43
4.1.1.	Análise granulométrica.....	43
4.1.1.1.	Análise granulométrica da matéria-prima.....	43
4.1.1.2.	Análise granulométrica das formulações	45
4.1.2.	Análise morfológica	48
4.1.2.1.	Análise morfológica da matéria-prima	48
4.1.2.2.	Análise morfológica das formulações.....	52
4.1.3.	Análise calorimétrica: calorimetria exploratória diferencial (DSC).....	55
4.1.3.1.	Análise calorimétrica da matéria-prima.....	55
4.1.3.2.	Análise calorimétrica das formulações	56
4.2.	Secagem	57
4.2.1.	Cinética de secagem e ajuste dos modelos matemáticos	57
4.2.2.	Energia de ativação, entalpia, entropia e energia livre de Gibbs.....	71
4.3.	Caracterização físico-química.....	74
4.3.1.	Teor de água	74

4.3.2.	Cinzas	76
4.3.3.	Minerais	77
4.3.4.	pH	78
4.3.5.	Amido	80
4.3.6.	Lipídios	81
4.3.7.	Proteínas	83
4.3.8.	Carboidratos totais	85
4.3.9.	Valor calórico total	86
4.3.10.	Fibras	88
4.3.11.	Compostos fenólicos.....	89
4.4.	Análises específicas do cozimento.....	91
4.4.1.	Tempo de cozimento	91
4.4.2.	Aumento de volume.....	93
4.4.3.	Perda de sólidos solúveis	95
4.4.4.	Rendimento.....	96
4.5.	Avaliação instrumental de textura	98
4.5.1.	Fraturabilidade.....	98
4.5.2.	Dureza.....	101
4.6.	Armazenamento	104
4.7.	Análises microbiológicas	109
4.8.	Análise sensorial	111
5.	CONCLUSÕES	119
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.	Batata	4
Figura 2.2.	Mandioca	6
Figura 2.3.	Arroz vermelho.....	9
Figura 2.4.	O grão de trigo e sua constituição.....	13
Figura 3.1.	Moinho industrial utilizado para obtenção da farinha de arroz vermelho.....	27
Figura 3.2.	Máquina multifuncional RIVAL® PASTA CHEF e detalhe ampliado do molde para a obtenção do formato espaguete.....	28
Figura 3.3.	Diferentes formulações de massa alimentícia obtidas.....	28
Figura 3.4.	Fluxograma do processamento e caracterização da matéria-prima e das massas alimentícias.	29
Figura 3.5.	Agitador eletromagnético utilizado para caracterização granulométrica.....	30
Figura 3.6	Portas-amostra e metalizador utilizados para a preparação das micrografias.....	30
Figura 3.7	Microscópio Eletrônico de Varredura.....	31
Figura 3.8	DSC modelo Q20.....	31
Figura 3.9	Espectrofotômetro de energia dispersiva.....	35
Figura 3.10	Texturômetro TAXTplus da Stable Micro Systems.....	38
Figura 3.11	Análise sensorial da massa alimentícia isenta de glúten.....	41
Figura 3.12	Formulário para realização do teste de aceitação das massas alimentícias sem glúten.....	41
Figura 3.13	Formulário para realização do teste de intenção de compra das massas alimentícias sem glúten.....	42
Figura 4.1	Micrografias da fécula de batata, obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.....	49
Figura 4.2	Micrografias da fécula de mandioca, obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.....	50
Figura 4.3	Micrografias da farinha de arroz vermelho, obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.....	51

Figura 4.4	Micrografias da primeira formulação (com 5% de fécula de mandioca), obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.....	52
Figura 4.5	Micrografias da segunda formulação (com 10% de fécula de mandioca), obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.....	53
Figura 4.6	Micrografias da terceira formulação (com 15% de fécula de mandioca), obtidas com aumento de 50, 100, 200, 300, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.....	54
Figura 4.7	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua primeira formulação (com 5 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Page nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	57
Figura 4.8	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua segunda formulação (com 10 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Page nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	58
Figura 4.9	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua terceira formulação (com 15 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Page nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	58
Figura 4.10	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua primeira formulação (com 5 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Cavalcanti Mata nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	60
Figura 4.11	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua segunda formulação (com 10 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Cavalcanti Mata nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	61
Figura 4.12	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua terceira formulação (com 15 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Cavalcanti Mata nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	61

Figura 4.13	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua primeira formulação (com 5 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Thompson nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	64
Figura 4.14	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua segunda formulação (com 10 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Thompson nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	65
Figura 4.15	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua terceira formulação (com 15 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Thompson nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	65
Figura 4.16	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua primeira formulação (com 5 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Fick nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	68
Figura 4.17	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua segunda formulação (com 10 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Fick nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	68
Figura 4.18	Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua terceira formulação (com 15 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Fick nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	69
Figura 4.19	Efeito da temperatura de secagem na difusividade efetiva da massa alimentícia isenta de glúten em sua primeira formulação (com 5% de fécula de mandioca).....	71
Figura 4.20	Efeito da temperatura de secagem na difusividade efetiva da massa alimentícia isenta de glúten em sua segunda formulação (com 10% de fécula de mandioca).....	72
Figura 4.21	Efeito da temperatura de secagem na difusividade efetiva da massa alimentícia isenta de glúten em sua terceira formulação (com 15% de fécula de mandioca).....	72

Figura 4.22	Gráficos relativos à fraturabilidade da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 5% de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90°C.....	100
Figura 4.23	Gráficos relativos à fraturabilidade da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 10% de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90°C.....	100
Figura 4.24	Gráficos relativos à fraturabilidade da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 15% de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90°C.....	101
Figura 4.25	Gráficos relativos à dureza da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 5% de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90°C.....	103
Figura 4.26	Gráficos relativos à dureza da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 10% de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90°C.....	103
Figura 4.27	Gráficos relativos à dureza da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 15% de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90°C.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Características físicas e físico-químicas da batata inglesa (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	5
Tabela 2.2	Características físicas e físico-químicas da mandioca (<i>Manihot esculenta</i> , Crantz).....	7
Tabela 2.3	Características físicas e físico-químicas das féculas de batata e mandioca.....	8
Tabela 2.4	Características físicas e físico-químicas do arroz vermelho (<i>Oryza sativa</i> L.).....	10
Tabela 3.1	Formulações da massa alimentícia isenta de glúten.....	27
Tabela 3.2	Modelos matemáticos empregados na secagem da massa alimentícia.....	33
Tabela 4.1	Análise granulométrica para a farinha de arroz vermelho.....	43
Tabela 4.2	Análise granulométrica para a fécula de batata.....	44
Tabela 4.3	Análise granulométrica para a fécula de mandioca.....	45
Tabela 4.4	Análise granulométrica para a formulação contendo 5% de fécula de mandioca.....	46
Tabela 4.5	Análise granulométrica para a formulação contendo 10% de fécula de mandioca.....	47
Tabela 4.6	Análise granulométrica para a formulação contendo 15% de fécula de mandioca.....	48
Tabela 4.7	Propriedades térmicas da farinha de arroz, fécula de batata e fécula de mandioca.....	55
Tabela 4.8	Propriedades térmicas das diferentes formulações de massa alimentícia.....	56
Tabela 4.9	Parâmetros e coeficientes de determinação (R^2) do modelo de Page, para as massas alimentícias isentas de glúten, em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	59
Tabela 4.10	Parâmetros e coeficientes de determinação (R^2) do modelo de Cavalcanti Mata para as massa alimentícia isenta de glúten em	

	suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	63
Tabela 4.11	Parâmetros e coeficientes de determinação (R^2) do modelo de Thompson para a massa alimentícia isenta de glúten em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	67
Tabela 4.12	Parâmetros e coeficientes de determinação (R^2) do modelo de Fick para as massas alimentícias isentas de glúten em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	70
Tabela 4.13	Propriedades termodinâmicas (entalpia (ΔH), entropia (ΔS) e energia livre de Gibbs (ΔG)) da massa alimentícia isenta de glúten em suas diferentes formulações (5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.....	74
Tabela 4.14	Análise de variância para o parâmetro teor de água da massa alimentícia livre de glúten.....	75
Tabela 4.15	Valores médios do parâmetro teor de água da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	75
Tabela 4.16	Análise de variância para o parâmetro teor de cinzas da massa alimentícia livre de glúten.....	76
Tabela 4.17	Valores médios do parâmetro teor de cinzas da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	77
Tabela 4.18	Valores médios dos minerais encontrados na massa alimentícia isenta de glúten.....	78
Tabela 4.19	Análise de variância para o parâmetro pH da massa alimentícia livre de glúten.....	79
Tabela 4.20	Valores médios do parâmetro pH da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40,	

	50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	79
Tabela 4.21	Análise de variância para o parâmetro amido da massa alimentícia livre de glúten.....	80
Tabela 4.22	Valores médios do parâmetro amido da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	81
Tabela 4.23	Análise de variância para o parâmetro lipídeos da massa alimentícia livre de glúten.....	82
Tabela 4.24	Valores médios do parâmetro lipídeos da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	83
Tabela 4.25	Análise de variância para o parâmetro proteínas da massa alimentícia livre de glúten.....	83
Tabela 4.26	Valores médios do parâmetro proteínas da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	84
Tabela 4.27	Análise de variância para o parâmetro carboidratos totais da massa alimentícia livre de glúten.....	85
Tabela 4.28	Valores médios do parâmetro carboidratos totais da massa alimentícia isenta de glúten, para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	86
Tabela 4.29	Análise de variância para o parâmetro valor calórico total da massa alimentícia livre de glúten.....	86
Tabela 4.30	Valores médios do parâmetro valor calórico total da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	87
Tabela 4.31	Análise de variância para o parâmetro fibras da massa alimentícia livre de glúten.....	88

Tabela 4.32	Valores médios do parâmetro fibras da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	89
Tabela 4.33	Análise de variância para o parâmetro compostos fenólicos da massa alimentícia livre de glúten.....	90
Tabela 4.34	Valores médios do parâmetro compostos fenólicos da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	91
Tabela 4.35	Análise de variância para o parâmetro tempo de cozimento da massa alimentícia livre de glúten.....	92
Tabela 4.36	Valores médios do parâmetro tempo de cozimento da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	93
Tabela 4.37	Análise de variância para o parâmetro aumento de volume da massa alimentícia livre de glúten.....	93
Tabela 4.38	Valores médios do parâmetro aumento de volume da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	94
Tabela 4.39	Análise de variância para o parâmetro perda de sólidos solúveis da massa alimentícia livre de glúten.....	95
Tabela 4.40	Valores médios do parâmetro perda de sólidos solúveis (%) da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	96
Tabela 4.41	Análise de variância para o parâmetro rendimento da massa alimentícia livre de glúten.....	97
Tabela 4.42	Valores médios do parâmetro rendimento da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e	

	temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).....	98
Tabela 4.43	Análise de variância para o parâmetro fraturabilidade da massa alimentícia isenta de glúten.....	98
Tabela 4.44	Valores médios do parâmetro fraturabilidade da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40,50, 60, 70, 80 e 90°C).....	99
Tabela 4.45	Análise de variância para o parâmetro dureza da massa alimentícia isenta de glúten.....	101
Tabela 4.46	Valores médios do parâmetro dureza da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40,50, 60, 70, 80 e 90°C).....	102
Tabela 4.47	Comportamento da atividade de água durante o armazenamento para as formulações com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca e nas temperaturas de secagem 40, 50, 60, 70, 80 e 90°C).....	105
Tabela 4.48	Análise de variância para o parâmetro atividade de água da massa alimentícia isenta de glúten.....	106
Tabela 4.49	Valores médios do parâmetro atividade de água da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90°C).....	107
Tabela 4.50	Valores médios do parâmetro atividade de água da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e tempo de armazenamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias)..	108
Tabela 4.51	Valores médios do parâmetro atividade de água da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e tempo de armazenamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias)..	109
Tabela 4.52	Valores de coliformes totais, coliformes termotolerantes e bolores e leveduras.....	110

Tabela 4.53	Médias das notas atribuídas pelos julgadores e coeficiente de concordância para os atributos sensoriais (aparência, cor, aroma e sabor) e intenção de compra da massa alimentícia isenta de glúten.....	112
Tabela 4.54	Análise de variância para o atributo aparência da massa alimentícia isenta de glúten.....	112
Tabela 4.55	Valores médios do parâmetro aparência da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca).....	113
Tabela 4.56	Análise de variância para o atributo cor da massa alimentícia isenta de glúten.....	113
Tabela 4.57	Valores médios do parâmetro cor da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca).....	114
Tabela 4.58	Análise de variância para o atributo aroma da massa alimentícia isenta de glúten.....	115
Tabela 4.59	Valores médios do parâmetro aroma da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (5, 10 e 15 %)......	115
Tabela 4.60	Análise de variância para o atributo sabor da massa alimentícia isenta de glúten.....	116
Tabela 4.61	Valores médios do parâmetro sabor da massa alimentícia isenta de glúten para a fonte de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca).....	117
Tabela 4.62	Análise de variância para o atributo intenção de compra da massa alimentícia isenta de glúten.....	117
Tabela 4.63	Valores médios do parâmetro intenção de compra da massa alimentícia isenta de glúten para a fonte de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca).....	118

MASSA ALIMENTÍCIA LIVRE DE GLÚTEN ELABORADA A PARTIR DE FÉCULAS DE BATATA E MANDIOCA E FARINHA DE ARROZ VERMELHO

RESUMO

A inserção no mercado de novos produtos isentos de glúten é fundamental para garantir a segurança alimentar dos celíacos, especialmente de massas alimentícias que representam um item básico na dieta do brasileiro; porém a eliminação total do glúten de sua composição, com suas propriedades viscoelásticas ímpares gera um desafio aos pesquisadores que precisam desenvolver um produto com características físicas e sensoriais semelhantes. Pretendeu-se com essa pesquisa desenvolver uma formulação de uma massa livre de glúten elaborada a partir de féculas de batata, fécula mandioca e farinha de arroz vermelho adicionado de goma xantana. Para tanto, foram desenvolvidas massas alimentícias com três formulações (5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) que foram secas em seis temperaturas (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). As matérias-primas básicas e suas formulações foram avaliadas quanto a sua granulometria, morfologia e calorimetria. Os modelos de Page, Cavalcanti Mata, Thompson e Fick foram utilizados para estudar a cinética de secagem das massas. As amostras foram avaliadas quanto ao teor de água, cinzas, minerais, pH, amido, lipídeos, proteínas, carboidratos totais, valor calórico total, fibras, compostos fenólicos, tempo de cozimento, aumento de volume, perda de sólidos solúveis, rendimento, fraturabilidade, dureza e atividade de água (durante armazenamento por 180 dias). Por fim, as amostras foram avaliadas microbiologicamente e sensorialmente. Neste estudo conclui-se que: as frações granulométricas presentes em maior quantitativo, foram as que ficaram retidas na peneira de 32 Mesh, com exceção da fécula de batata. Foi observada uma morfologia: homogênea e caracterizada pelo formato ovalado para as féculas; heterogênea com a presença de estruturas irregulares para a farinha de arroz e heterogênea e com predominância de estruturas ovaladas para as formulações. A fécula de mandioca causou uma antecipação no processo de gelatinização da massa alimentícia. Os modelos de Page, Cavacanti Mata se ajustaram adequadamente aos dados experimentais. Com o aumento da temperatura de secagem ocorre uma redução do tempo de secagem e a perda de água das amostras é mais intensa no início da secagem e proporcional à temperatura; o valor do coeficiente de difusão aumenta com o aumento da temperatura. Os minerais presentes em maiores quantidades foram potássio, fósforo e cálcio. Os valores de amido, proteínas, fibras (para 5% e 90 °C), tempo de cozimento, aumento de volume, rendimento e atividade de água sofreram redução com o aumento da temperatura de secagem; já os valores de cinzas, compostos fenólicos, perda de sólidos, fraturabilidade e dureza sofreram aumento com o aumento da temperatura. Os valores de cinzas (para 40 e 80 °C), lipídeos, valor calórico, fibras (na temperatura de 90°C) e compostos fenólicos sofreram redução com o aumento do percentual de fécula de mandioca; já os valores de amido, carboidratos totais, tempo de cozimento (para 40 °C), fraturabilidade, dureza e atividade de água sofreram aumento com o aumento do percentual de fécula de mandioca. A análise microbiológica realizada indicou que a massa alimentícia foi processada em condições higiênico-sanitárias adequadas. A amostra que teve maior preferência foi a com maior percentual de fécula de mandioca em sua formulação (15 %).

Palavras-chave: celíacos; macarrão enriquecido; composição química

FOOD PASTA GLUTEN-FREE ELABORATED FROM POTATO STARCH, MANIOC STARCH AND RED RICE FLOUR

ABSTRACT

The insertion in the market of new gluten-free products is fundamental to ensure the food safety of celiac, especially pasta which represent a basic item in the Brazilian diet; but the total elimination of gluten from its composition with its unique viscoelastic properties poses a challenge to researchers who need to develop a product with similar physical and sensory characteristics. The aim of this research was to develop a formulation of a gluten-free pasta made from potato starch, manioc starch and red rice flour added with xanthan gum. For this purpose, pasta was developed with three formulations (5, 10 and 15% manioc starch) that were dried at six temperatures (40, 50, 60, 70, 80 and 90 °C). The basic raw materials and their formulations were evaluated for particle-size, morphology and calorimetry. The models of Page, Cavalcanti Mata, Thompson and Fick were used to study the drying kinetics of the masses. The samples were evaluated for water, ash, minerals, pH, starch, lipids, proteins, total carbohydrates, total caloric value, fibers, phenolic compounds, cooking time, volume increase, loss of soluble solids, yield, brittleness, hardness and water activity (during storage for 180 days). Finally, the samples were evaluated microbiologically and sensorial. In this study, it was concluded that: the particle-size fractions present in larger quantities, were those that were retained in the 32 Mesh sieve, except for potato starch. A morphology was observed: homogeneous and characterized by the oval shape for the starches; heterogeneous with the presence of irregular structures for the rice flour and heterogeneous and with predominance of oval structures for the formulations. Manioc starch caused a anticipation in the gelatinization process of the pasta. The Page, Cavacanti Mata models fit the experimental data accordingly. As the drying temperature increases, a reduction in the drying time occurs and the water loss of the samples is more intense at the beginning of drying and proportional to the temperature; the value of the diffusion coefficient increases with increasing temperature. The minerals present in higher amounts were potassium, phosphorus and calcium. The values of starch, proteins, fibers (at 5% and 90 °C), cooking time, volume increase, yield and water activity were reduced with increasing drying temperature; already the values of ash, phenolic compounds, loss of solids, brittleness and hardness have increased with increasing temperature. The values of ash (for 40 and 80° C), lipids, caloric value, fibers (at 90 °C) and phenolic compounds were reduced with increasing percentage of manioc starch; the values of starch, total carbohydrates, cooking time (to 40 °C), brittleness, hardness and water activity increased with increasing percentage of manioc starch. The microbiological analysis indicated that the food was processed under adequate hygienic-sanitary conditions. The sample with the highest preference was the one with the highest percentage of manioc starch in its formulation (15%).

Keywords: celiac; fortified pasta; chemical composition

1. INTRODUÇÃO

As massas alimentícias sendo uma das formas mais antigas de alimentação, são também muito versáteis, tanto do ponto de vista nutricional quanto do ponto de vista gastronômico, podendo ser preparadas e servidas de formas diversas. O Brasil está entre os cinco maiores produtores do mundo e é o 2º maior consumidor desta pasta que já faz parte até da cesta básica dos brasileiros (MARIUSSO, 2008).

Em geral sua formulação, majoritariamente composta de farinha de trigo, contém baixo valor nutricional e baixa qualidade proteica, aliada a deficiente aporte de fibras (NICOLLETTI, 2007). A utilização de novas matérias-primas para a fabricação da massa alimentícia - como as féculas de batata, mandioca e a farinha de arroz vermelho - visa melhorar sua qualidade nutricional, porém a remoção total do glúten resulta em produtos com sabor e textura considerado inferiores aos tradicionais e a adição de hidrocolóides - como a goma xantana - vem como uma opção para melhorar suas características tecnológicas e trazer melhor aceitação a esses produtos.

Os estudos para avaliar potenciais alimentos que tenham condições de substituir total ou parcialmente os produtos ditos convencionais e combinar alimentos com diferentes características digestivas, são justificados pela necessidade de obter dietas que sejam uma alternativa produtiva e viável economicamente (MENEGASSI & LEONEL, 2005).

Uma das razões para a produção de massas alimentícias não convencionais além do fator econômico, seria a possibilidade de consumo por parte dos celíacos. O macarrão representa o segundo produto sem glúten que os celíacos mais buscam, sendo superado apenas pelo pão (ACELBRA, 2004; SILVA *et al.* 2008). Uma década atrás, a doença celíaca era considerada extremamente rara fora da Europa e portanto, foi quase completamente ignorada pelos profissionais de saúde. Em apenas 10 anos ela se espalhou por todo o mundo (SAPONE *et al.*, 2012).

Por faltarem produtos industrializados especiais sem glúten no mercado brasileiro, a maior parte das preparações do cardápio do paciente celíaco é caseira, demandando tempo e dedicação para o preparo. O desenvolvimento de tecnologia para produção de alimentos sem glúten seria um incentivo a sua fabricação para o uso diário, atendendo a essa parcela especial de consumidores (CÉSAR *et al.* 2006). Este tipo de produto tem sido alvo de muitos estudos por possuir um mercado promissor para os

consumidores que não toleram a presença de glúten de trigo e por se apresentar como uma alternativa mais econômica para os países importadores de trigo (NABESHIMA, 2007).

A disponibilidade limitada de produtos destinados para indivíduos celíacos no mercado, o alto custo e a contaminação com glúten, contribui para uma constante situação de insegurança alimentar e nutricional aos detentores desta necessidade dietética especial; a exclusão do glúten do seu cardápio é a única forma de tratamento seguro para esta doença, sendo assim, tal público precisa de ações para materializar este direito e garantir o acesso a uma alimentação adequada (NADAL *et al.*, 2013). Diante disso, surgiu a necessidade de se produzir uma massa alimentícia que atenda ao mercado dos celíacos através da substituição da farinha trigo convencional pelas féculas de batata, fécula de mandioca e farinha de arroz vermelho adicionado de goma xantana e avaliar essa substituição na qualidade no produto final.

1.1. Objetivo geral

Desenvolver formulações de massas alimentícias livres de glúten elaboradas a partir fécula de batata, fécula de mandioca e farinha de arroz vermelho adicionadas de goma xantana.

1.2. Objetivos específicos

- Realizar as análises granulométricas, morfológicas e calorimétricas de cada matéria-prima e das três formulações obtidas;
- Estudar a cinética de secagem das massas pré-cozidas em diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C) em estufa com circulação forçada de ar e realizar o ajuste matemático segundo os modelos de Page, Cavalcanti Mata, Thompson e Fick;
- Determinar a energia de ativação do processo de secagem e suas propriedades termodinâmicas, entalpia, entropia e energia livre de Gibbs;
- Caracterizar as massas produzidas quanto ao teor de água, cinzas, minerais, pH, amido, lipídeos, proteínas, carboidratos totais, valor calórico total, fibras e compostos fenólicos;

- Realizar análises específicas do cozimento (tempo de cozimento, aumento de volume, perda de sólidos solúveis e rendimento) avaliando assim a qualidade tecnológica das massas obtidas;
- Avaliar a textura instrumentalmente da massa crua (fraturabilidade e dureza);
- Armazenar as amostras durante 180 dias e avaliar as alterações em sua atividade de água (a_w);
- Avaliar a qualidade microbiológicas das massas por meio da análise de coliformes totais, coliformes termotolerantes e contagem de bolores e leveduras;
- Analisar sensorialmente as massas alimentícias pelos testes de aceitação e intenção de compra, utilizando a escala hedônica de cinco pontos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Batata

A batata da espécie *Solanum tuberosum* L., comumente conhecida como batata inglesa, teve sua origem na Cordilheira dos Andes na fronteira do Peru com a Bolívia (HOMMA, 2005).

A cultura da batata (Figura 2.1) apresenta grande relevância econômica, destacando-se na agricultura brasileira. Segundo FIGUEIREDO *et al.* (2011) atualmente, constitui a quarta maior fonte de alimento para o homem, superada em termos de produção pelo trigo, milho e arroz. O Brasil apresenta 1% da produção mundial de batatas, sendo autossuficiente na produção e comercialização da batata *in natura*. A batata se destaca como a cultura olerácea com produção de mais de 3 milhões de toneladas em 140 mil hectares por ano.



Figura 2.1. Batata (ABBA, 2008).

Apesar da incontestável importância da cadeia da batata para o agronegócio brasileiro, a industrialização desta hortaliça é ainda incipiente em nível nacional, dando margem a um grande volume de importações do produto processado (PINELI *et al.*, 2006). Sua comercialização é feita principalmente na forma *in natura*, porém com a industrialização podem ser obtidos produtos como a batata *chips*, palito pré-frito congelado, batata palha, fécula, flocos, farinhas e outros (SOUZA, 2010).

A batata é fonte importante de fósforo e vitaminas do grupo B. Como é pobre em proteínas e gorduras, este tubérculo é um alimento de fácil digestão e por seu sabor, é utilizada em muitas preparações (GARMUS *et al.*, 2009). Na Tabela 2.1 tem-se as

características físicas e químicas da batata inglesa cultivar Ágata, reportado por VIRMOND *et al.* (2014).

Tabela 2.1. Características físicas e físico-químicas da batata inglesa (*Solanum tuberosum* L).

Parâmetros	
Teor de água (%)	83,33±0,66
Matéria seca (%)	16,67±0,66
pH	6,10±0,01
Sólidos solúveis Totais (°Brix)	4,00±0,14
Acidez total (%)	0,99±0,40
Relação SST/ATT	4,40±1,90
Carboidratos totais (%)	13,88
Cinzas (%)	0,55±0,07
Fibra bruta (%)	0,31±0,03
Lipídios (%)	0,09±0,03
Atividade de água	0,990±0,004
Proteína (%)	1,02±0,14
Amido (%)	10,05±0,12
Valor Calórico Total (Kcal)	71,89

em que: SST- sólidos totais tituláveis; ATT - acidez total titulável

2.2. Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) (Figura 2.2) tem a sua origem atribuída à região amazônica brasileira. A parte de maior valor econômico do vegetal é a raiz tuberosa, devido o seu elevado teor de amido (fécula) (LADEIRA & PENA, 2012). Sua produção tem grande importância socioeconômica no país e no mundo sendo utilizada na alimentação humana e animal e como matéria-prima em inúmeros produtos industriais.



Figura 2.2. Mandioca (COSTA, 2010).

A mandioca faz parte da dieta de mais de 800 milhões de pessoas e contribui mais para o balanço mundial de calorias do que qualquer outro alimento, com exceção do arroz e trigo, o que a torna um recurso praticamente insubstituível contra a fome e como o macarrão, pão ou arroz, acompanha uma enorme variedade de pratos. A mandioca é item básico da agricultura de subsistência nos trópicos, especialmente na África, onde se concentra mais da metade da produção (NASSAR & ORTIZ, 2010).

A mandioca é cultivada em todas as regiões brasileiras e comercializada na forma crua, em hortifrutigranjeiros, supermercados, feiras e no comércio informal, sob a forma de farinha, fécula (biscoitos, bolos, pudins, molhos), polvilho azedo (biscoitos doces, salgados e pão de queijo), tapioca, amidos naturais ou modificados e outros produtos industrializados. Podem ser citados ainda os produtos regionais (beiju, tapioca, tucupi e tacacá); as mandiocas minimamente processadas, congeladas ou refrigeradas, pré-cozidas e congeladas e mais recentemente, *french fries* e *chipps* aumentando assim o consumo para fins culinários (COUTO, 2013).

Na Tabela 2.2 tem-se os valores obtidos após caracterização físico-química da mandioca estudadas por FERNANDES *et al.* (2013a).

Tabela 2.2. Características físicas e físico-químicas da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz).

Parâmetros	
Teor de água (%)	59,03 ± 0,250
pH	5,73 ± 0,005
Acidez total (meq NaOH/100g)	0,27 ± 0,005
Carboidratos totais (%)	40,22
Cinzas (%)	0,61 ± 0,020
Lipídios (%)	0,06 ± 0,000
Atividade de água	0,98 ± 0,004
Proteína (%)	0,08 ± 0,008
Amido (g /100g)	31,00 ± 0,16
Valor Calórico Total (Kcal/100g)	161,74

2.3. Féculas

Fécula e amido são sinônimos. Entretanto, a legislação brasileira chama de amido a fração amilácea encontrada nos órgãos aéreos, tais como grãos e frutos, e fécula, à encontrada nas raízes e tubérculos. A diferença de denominação indica uma diferença não de composição química, mas sim de origem do produto amiláceo, além de uma forte diferenciação funcional e tecnológica (CARDOSO, 2005).

A fécula e seus derivados têm sido utilizados para a alimentação humana ou como insumos em diversos ramos industriais, incluindo os de alimentos embutidos, de embalagens, de colas, têxtil e farmacêutico (CARDOSO, 2003).

O amido é o principal carboidrato de reserva produzido pelas plantas e fornece de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. O fato de ser armazenado em grânulos insolúveis em água e de ser facilmente extraível torna-o único na natureza, com ampla possibilidade de utilização diretamente na dieta humana ou na indústria alimentícia. Os amidos de milho e trigo e as féculas de batata e de mandioca são os mais utilizados na indústria de alimentos como ligantes, agentes de textura ou eventualmente como substitutos de lipídeos em alimentos dietéticos (LEONEL & CEREDA, 2002; CORDENUNSI, 2006).

HAMACEK *et al.* (2013) desenvolveram como alternativa uma massa de macarrão sem glúten, com a utilização de misturas de farinhas contendo fécula de batata, amido de milho, farinha de arroz, farinha de feijão e farinha de banana verde e APLEVICZ & MOREIRA (2015) desenvolveram pães voltados para o consumo dos celíacos utilizando fécula de batata, farinha de arroz e farinha de soja, ambos os produtos foram analisados sensorialmente e tiveram boa aceitação.

VIEIRA *et al.* (2015) desenvolveram biscoitos sem glúten a base de fécula de mandioca, farinha de soja, de quinoa e de amaranto e concluíram que as formulações que continham farinhas sucedâneas ao trigo podem ser consideradas promissoras, disponibilizando alternativas alimentares àqueles que almejam produtos com valor nutricional superior e posicionamento único no mercado, visto que os produtos disponíveis muitas vezes possuem baixo valor nutritivo ao serem elaborados com farinhas amiláceas. SANTANA *et al.* (2011) desenvolveram biscoitos ricos em fibras utilizando fécula de mandioca e farinha da casca do maracujá e observaram que seus resultados sugerem a viabilidade de produção de biscoitos enriquecidos de qualidade sensorial, nutricional e funcional. Por serem considerados de menor densidade calórica e fonte de fibras.

Na Tabela 2.3 temos os valores de teor de água, lipídeos, cinzas, proteínas e amido das féculas de batata e mandioca respectivamente.

Tabela 2.3. Características físicas e físico-químicas das féculas de batata e mandioca.

Parâmetro	Fécula de Batata	Fécula de Mandioca
Teor de Água (%)	10,1	14,00
Lipídeos (%)	0,10	0,15
Cinzas (%)	0,10	0,21
Proteína (%)	0,17	0,20

FONTE: ALMEIDA (2010) e PERONI (2003).

2.4. Arroz Vermelho

O arroz é uma das culturas alimentares mais importantes do mundo. É o segundo cereal mais produzido após o milho e fornece mais de um quinto do consumo de

calorias, é uma cultura de cereal básica variando na cor dos grãos, de branco (o mais consumido), vermelha e preta (SHAO *et al.*, 2014).

O arroz vermelho (*Oryza sativa* L.), (Figura 2.3) também conhecido como arroz-de-veneza e arroz-da-terra é cultivado em pelo menos quatro continentes: América (Argentina, Brasil, Nicarágua e Venezuela), Europa (França e Rússia), África (Madagascar e Moçambique) e Ásia (Butão, China, Coreia do Sul, Filipinas, Índia, Indonésia, Japão, Malásia, Nepal, Sri Lanka e Tailândia). No Brasil é cultivada por pequenos agricultores, principalmente nos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco, em função de suas características diferenciadas em relação ao arroz branco, como sabor, textura e valor nutricional (PEREIRA, *et al.*, 2009).



Figura 2.3. Arroz vermelho (RIBEIRO, 2016).

Segundo MEZA (2015), o arroz vermelho possui maiores teores de fibras, proteínas, elevados teores de compostos bioativos e apresentam características sensoriais diferenciadas do arroz integral branco. O grande destaque sob o ponto de vista de composição química é seu elevado teor de compostos fenólicos, associada a alta capacidade antioxidante; a demanda por esse produto ainda é reduzida, porém existe uma tendência em produzir alimentos alternativos a partir desses grãos como flocos de arroz, cereais matinais entre outros.

O arroz vermelho é conhecido como planta invasora em lavouras de arroz branco, apesar disso é grandemente consumido na Ásia e nordeste brasileiro, devido principalmente as suas características sensoriais, além de alguns estudos afirmarem que ele possui melhor características nutricionais com relação ao teor de proteínas, minerais, vitaminas e compostos fenólicos (WALTER, 2009; MENEZES *et al.*, 2011).

A utilização do arroz vermelho é uma alternativa para a elaboração de novos produtos com características diferenciadas, agregando valor, permitindo o máximo

aproveitamento e a diversificação do consumo deste ingrediente alimentar (BOÊNO, 2014). As propriedades desse tipo de arroz não foram suficientemente estudadas, apesar da importância dessa cultura no Brasil. Dessa forma faz-se necessário conhecê-lo de modo a atender as exigências do consumidor quanto à preferência e aceitabilidade como produto comestível (BOÊNO *et al.*, 2011).

Tabela 2.4. Características físicas e físico-químicas do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.).

Parâmetros	
Carboidratos totais (%)	81,01±0,18
Cinzas (%)	1,5 ± 0,1
Fibra total (%)	7,19 ± 0,18
Lipídios (%)	2,86 ±0,13
Proteína (%)	7,78 ± 0,01
Amilose (%)	27,62±0,35
Valor Calórico (Kcal/100g)	357,5

FONTE: WALTER (2009).

2.5. Goma Xantana

A goma xantana é um polissacarídeo extracelular produzido pelas bactérias do gênero *Xanthomonas* e é de enorme interesse para as indústrias de alimentos, farmacêuticas e de petróleo. A goma apresenta capacidade de formar soluções viscosas e géis hidrossolúveis que lhe fornece propriedades reológicas únicas. Atualmente toda a goma xantana consumida no Brasil provém de importações, porém o Brasil tem um grande potencial para a fabricação deste polímero em escala industrial, já que temos matéria-prima básica para sua produção: açúcar, extrato de levedura e álcool do setor sucro-alcooleiro (LUVIELMO & SCAMPARINI, 2009).

O glúten com sua particular reologia é um desafio aos pesquisadores no desenvolvimento de produtos sem glúten. Esse engloba barreiras tecnológicas não exclusivas ao campo das matérias-primas, mas também no processamento e na vida útil. Para se obter a qualidade desejada deve-se usar algum aditivo, tal como gomas, emulsificantes, ingredientes lácteos, ou fibra alimentar que tem a capacidade de imitar

as propriedades viscoelásticas do glúten, a exemplo da goma xantana (DEMIRKESEN *et al.*, 2013).

VALLEJOS *et al.* (2015) concluíram que a adição de goma xantana permitiram o desenvolvimento de um bolo sem glúten com atributos semelhantes ao de um bolo de farinha de trigo.

FRANCO (2015) utilizou a goma xantana como aditivo ao pão sem glúten produzido a partir de farinha de arroz e de batata-doce para melhorar a qualidade tecnológica e sensorial do seu produto final.

ZANDONADI *et al.* (2012) desenvolveram massas alimentícias sem glúten a partir de farinha de banana verde e adicionaram goma xantana na sua composição.

SIMON (2014) produziu brownie de chocolate sem glúten com a utilização de farinha de arroz, trigo sarraceno e goma xantana, e a considerou um agente espessante muito eficaz.

PREICHARDT *et al.* (2009) concluíram que a adição de goma xantana melhorou as características sensoriais dos bolos, marcadamente retardando o envelhecimento, reduzindo a formação de migalhas e aumentando a sensação de umidade na boca, portanto, a goma pode ser utilizada de maneira satisfatória na produção de bolos isentos de glúten.

2.6. Massas alimentícias

Existem diversas versões para a origem das massas alimentícias, a mais aceita pelos historiadores faz referência aos árabes que as levaram para a Sicília no século IX, quando conquistaram a maior ilha italiana. Os árabes chamavam o macarrão de *itrjia*. Era uma massa seca para melhor conservação nas longas travessias pelo deserto. Nessa época a Sicília tornou-se o centro mais importante do comércio e exportação do macarrão. Os navegadores genoveses transportavam o produto para importantes portos do mediterrâneo como Nápoles, Roma, Piombino e Viareggio. Independente das divergências sobre a origem do macarrão a partir do século XIII, os italianos foram os maiores difusores e consumidores do macarrão por todo o mundo e inventaram mais de 500 variedades de tipos e formatos (SANTOS, 2003).

Uma alimentação rápida e versátil, tem se tornado necessidade básica nos últimos anos, o que decorre das mudanças na estrutura familiar e das transformações

socioeconômicas advindas da era moderna. Neste contexto, o macarrão se tornou alimento rotineiro na dieta das diversas populações pela sua versatilidade, rapidez de preparo e baixo custo (NICOLETTI, 2007).

Do ponto de vista nutricional, as massas alimentícias são ricas em carboidratos complexos, apresentam baixos teores de gordura e calorias e geralmente não possuem sódio ou colesterol. Assim, encaixam-se na tendência atual de uma dieta mais saudável, em que se recomenda o consumo de alimentos ricos em carboidratos complexos e fibras e com baixos teores de gordura. Por isso, as massas alimentícias, assim como os pães e os próprios grãos de cereais, são indicados como a base da dieta moderna, reduzindo o consumo de gordura, açúcares e derivados de origem animal. Se forem enriquecidas com vitaminas e minerais podem ser utilizadas como um dos meios mais baratos para melhorar a dieta nos países desenvolvidos, além de poderem minimizar a fome nos países mais pobres (GUERREIRO, 2006).

O Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia (BRASIL, 2000), fornece em seu texto as seguintes definições:

Massa alimentícia: é o produto não fermentado, apresentado sob várias formas, recheado ou não, obtido pelo empasto, amassamento mecânico de farinha de trigo comum e ou sêmola/semolina de trigo e ou farinha de trigo integral e ou farinha de trigo durum e ou sêmola/semolina de trigo durum e ou farinha integral de trigo durum e ou derivados de cereais, leguminosas, raízes ou tubérculos, adicionado ou não de outros ingredientes e acompanhado ou não de temperos e ou complementos, isoladamente ou adicionados diretamente à massa.

Massa alimentícia de vegetais: é o produto obtido, exclusivamente, de derivados de leguminosas, raízes, tubérculos e ou cereais, excetuando-se o trigo.

2.7. Glúten

O glúten é um complexo protéico insolúvel em água e de origem vegetal presente no endosperma de alguns tipos de grãos de cereais, principalmente no grão de trigo (Figura 2.4). Estas proteínas estão classificadas em dois grupos: as prolaminas (solúveis em etanol) e as gluteninas (insolúveis em etanol) (VICENTINI, 2003; PITÉ, 2007).

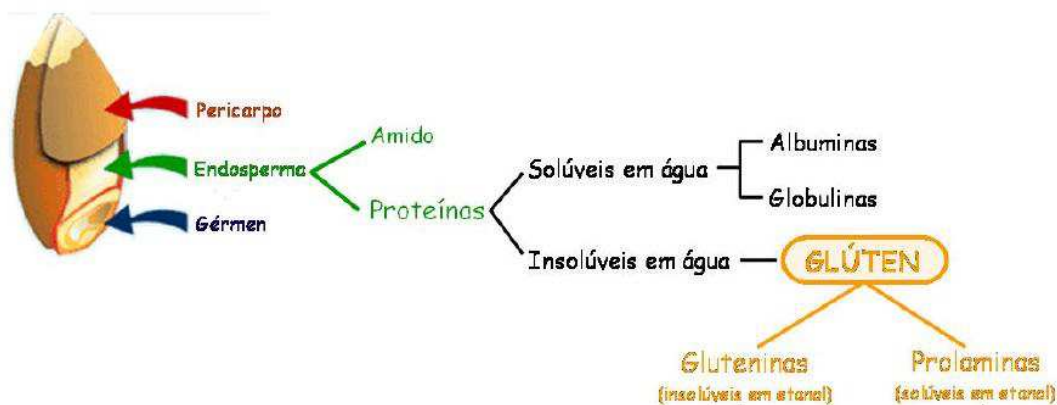


Figura 2.4. O grão de trigo e sua constituição. FONTE: PITÉ (2007).

O glúten é formado pela hidratação dessas proteínas que se ligam entre si e a outros componentes macromoleculares por meio de diferentes tipos de ligações químicas. O trigo é o único cereal que apresenta gliadina e glutenina em quantidade adequada para formar o glúten. No entanto, essas proteínas podem ainda estar presentes em outros cereais, como cevada, centeio e aveia, nas formas, respectivamente, de hordeína, secalina e avenina (ARAÚJO, 2010).

O trigo é o principal cereal que dá origem à rede de glúten mais apropriada para a panificação, pastelaria e similares. Apesar de todos os outros cereais terem uma fração proteica semelhantes às gliadinas, só o trigo tem uma fração em glutenina em quantidades apreciáveis que confere elasticidade à massa. Depois do trigo o cereal mais apto para o fabrico é o centeio (PEREIRA, 2015).

O glúten confere à massa propriedades tecnológicas como elasticidade, coesividade, hidratação, conformação e tamanho molecular, contribuindo assim para aumento no rendimento, redução no teor de sólidos solúveis e firmeza em água quente, embora favoreça o aumento do tempo de cozimento (BORGES *et al.*, 2003).

2.8. Doença celíaca

A doença celíaca é uma afecção inflamatória crônica caracterizada por permanente intolerância ao glúten contido nos alimentos elaborados com trigo, centeio, cevada e aveia, que em sua forma clássica manifesta-se por diarreia, distensão abdominal e desnutrição progressiva, resultante da má absorção de nutrientes gerada pela atrofia da mucosa intestinal. Pequenas quantidades de glúten ou produtos que

contenham glúten são suficientes para desencadear alterações intestinais, mesmo na ausência de sintomas aparentes, entretanto, com a introdução de uma rigorosa dieta sem glúten, as manifestações clínicas desaparecem e o intestino tende a recuperar a sua capacidade de digestão e absorção (TEBA, 2009).

Os portadores da doença têm que seguir uma dieta rigorosa por toda a vida, o que restringe muito o poder de escolha desses consumidores que são obrigados a abolir de sua alimentação produtos comuns como macarrão, pães, bolos, bolachas, cervejas, entre outros. O glúten não é transformado quando os alimentos são assados ou cozidos, por isso deve ser substituído por outras opções como a farinha de arroz, amido de milho, farinha de milho, fubá, farinha de mandioca, polvilho doce, polvilho azedo e fécula de batata (CÉSAR *et al.*, 2006).

No Brasil para garantir a prática da dieta isenta de glúten foi promulgada a Lei 10.674, de 16 de maio de 2003, a qual determina que todos alimentos industrializados deverão conter em seu rótulo e bula, obrigatoriamente, as inscrições "*contém glúten*" ou "*não contém glúten*" (BRASIL, 2003). Segundo BRASIL (2009), três formas de apresentação clínica da doença celíaca são reconhecidas, quais sejam: clássica ou típica, não clássica ou atípica, e assintomática ou silenciosa:

Forma Clássica: caracterizada pela presença de diarreia crônica, em geral acompanhada de distensão abdominal e perda de peso. O paciente também pode apresentar diminuição do tecido celular subcutâneo, atrofia da musculatura glútea, falta de apetite, alteração de humor (irritabilidade ou apatia), vômitos e anemia. Esta forma clínica pode ter evolução grave, conhecida como crise celíaca, que ocorre quando há retardo no diagnóstico e tratamento adequado, particularmente entre o primeiro e o segundo ano de vida e frequentemente desencadeada por infecção. Esta complicação potencialmente fatal se caracteriza pela presença de diarreia com desidratação hipotônica grave, distensão abdominal por hipopotassemia e desnutrição grave, além de outras manifestações como hemorragia e tetania.

Forma Atípica: caracteriza-se por quadro mono ou oligossintomático, em que as manifestações digestivas estão ausentes ou quando presentes, ocupam um segundo plano. Os pacientes deste grupo podem apresentar manifestações isoladas, como por exemplo, baixa estatura, anemia por deficiência de ferro refratária à reposição de ferro por via oral, anemia por deficiência de folato e vitamina B12, osteoporose, hipoplasia do esmalte dentário, artralguas ou artrites, constipação intestinal refratária ao tratamento,

atraso puberal, irregularidade do ciclo menstrual, esterilidade, abortos de repetição, ataxia, epilepsia, neuropatia periférica, miopatia, manifestações psiquiátricas, úlcera, elevação das enzimas hepáticas sem causa aparente, fraqueza, perda de peso sem causa aparente, edema de aparição abrupta após infecção ou cirurgia e dispepsia não ulcerosa.

Forma Silenciosa: caracterizada por alterações sorológicas e histológicas da mucosa do intestino delgado compatíveis com doença celíaca, na ausência de manifestações clínicas. Esta situação pode ser comprovada especialmente entre grupos de risco para a doença celíaca como por exemplo, parentes de primeiro grau de pacientes com doença celíaca e vem sendo reconhecida com maior frequência nas últimas duas décadas, após o desenvolvimento dos marcadores sorológicos para esta doença.

De acordo com a comissão do *Codex Alimentarius* glúten é a fração proteica do trigo, cevada, centeio e aveia, suas variedades cruzadas e derivados, a que algumas pessoas são intolerantes e que é insolúvel em água e numa solução de 0,5 M de cloreto de sódio”. Um alimento “sem glúten” é definido como “um produto que contém menos de 20 mg de glúten /kg de alimento.

2.9. Desenvolvimento de novos produtos sem glúten

Vários pesquisadores têm estudado alternativas a utilização da farinha de trigo na fabricação de massas alimentícias produzindo massas mistas ou totalmente isentas de glúten.

FIORDA (2011) utilizou a farinha de amaranto, fécula de mandioca e farinha pré-gelatinizada na produção de massa alimentícia sem glúten, visando avaliar a influência de cada componente da mistura na qualidade de cozimento e sensorial das formulações obtidas e verificou também o seu efeito sobre as características físicas, tecnológicas e nutricionais de massas alimentícias instantâneas por extrusão termoplástica isentas de glúten.

BORGES *et al.* (2003) avaliaram as propriedades de cozimento e as características físico-químicas de macarrões pré-cozidos, obtidos a partir da mistura de farinha integral de quinoa e de farinha de arroz polido.

ORMENESE & CHANG (2003) compararam uma amostra de macarrão de arroz com uma amostra padrão de macarrão de trigo no que diz respeito às características de

cozimento e de textura além da aceitação desse macarrão de arroz junto a consumidores portadores da doença celíaca, público-alvo do produto produzido.

NABESHIMA (2007) desenvolveu uma massa alimentícia instantânea de arroz, pelo processo de extrusão termoplástica, utilizando farinhas quimicamente modificadas (acetiladas ou fosfatadas).

SILVA *et al.* (2008) produziram amostras pré-cozidas de macarrão, elaboradas a partir de farinha mista de arroz integral e milho e avaliaram a viscosidade da pasta e seu índice de absorção de água.

APLEVICZ & MOREIRA (2015) desenvolveram pães a base de farinha de arroz, farinha de soja, fécula de batata, sal, açúcar e goma xantana.

2.10. Granulometria

A granulometria das matérias-primas tem significativa influência nos resultados de cozimento durante o processamento e também na textura do produto final. Sua importância está relacionada, por um lado à difusividade da água nas partículas que segundo o tamanho das mesmas, poderão ter maior ou menor condição de absorver água durante o condicionamento da matéria-prima e por outro lado, essas variações poderão influenciar no grau de cozimento e homogeneização da massa elaborada (CARVALHO, *et al.*, 2010).

Segundo BORGES *et al.* (2003), que estudaram as propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa e de farinha de arroz (polido por extrusão termoplástica), a característica granulométrica da matéria-prima constitui aspecto importante na elaboração de massas alimentícias, pois a distribuição adequada de partículas permite maior uniformidade no produto elaborado. Durante a mistura da farinha e da água, partículas mais finas tendem a absorver água mais rapidamente que as grossas, o que exige tempo de mistura mais prolongado para a homogeneização. Desta forma, a distribuição ou regularidade no tamanho das partículas é mais importante que o tamanho propriamente dito e exerce influência sobre características sensoriais como aparência, sabor, textura e no tempo de cozimento.

2.11. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

O microscópio eletrônico de varredura é um instrumento muito versátil e usado rotineiramente para a análise microestrutural de materiais sólidos usado em diversas áreas como: eletrônica, geologia, ciências, engenharia, etc. Em particular o desenvolvimento de novos materiais tem exigido um número de informações bastante detalhado das características microestruturais que só podem ser observados no microscópio eletrônico de varredura. Apesar da complexidade de mecanismos para a obtenção da imagem, o resultado é uma imagem de muito fácil interpretação (GONÇALVEZ, 2004).

Diversos autores tem utilizado a microscopia eletrônica de varredura para observar a morfologia da matéria-prima dos produtos propostos. GUSMÃO *et al.* (2016) analisou as micrografias de farinha de algaroba seca para produção de biscoitos. VIEIRA *et al.* (2010) estudaram a morfologia da fécula de batata e da farinha de trigo para obtenção de pães. FIORDA *et al.* (2013) verificaram a estrutura morfológica da farinha de bagaço de mandioca como alternativa a fécula de mandioca para a produção de mingaus, cremes, alimentos infantis e, principalmente, em alimentos *diet* ou *light*.

2.12. Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

O emprego de técnicas de análise térmica consiste em geral, na medida de uma propriedade do material que muda conforme a variação da temperatura. A análise de calorimetria exploratória diferencial (DSC) fornece dados de entalpia de um material quando aquecido ou resfriado a uma determinada taxa. As informações são úteis para a determinação de pontos de gelatinização, fusão, ebulição, cristalização e transição vítrea, dentre outros eventos térmicos. A técnica acompanha as mudanças do calor na amostra durante o aquecimento ou resfriamento, em relação a um material de referência inerte (pequenos cadinhos herméticos) (ABREU, 2008; BANNACH *et al.*, 2011).

Diversos autores tem feito a análise de calorimetria exploratória diferencial para observar o amido das matérias primas para produção de diversos tipos de massas. MARTI *et al.* (2011) observaram as propriedades térmicas do amido de arroz utilizado para produção de massa alimentícia sem glúten. GÜLER *et al.* (2002) estudaram os efeitos das temperaturas de secagem industriais da massa em propriedades de amido e

qualidade da massa alimentícia. IGLESIAS-PUIG *et al.* (2015) estudaram as propriedades térmicas do amido para a produção de pães que visava a substituição da farinha de trigo por farinha de quinoa.

2.13. Secagem

A secagem é um processo combinado de transferência de calor e massa, na qual reduz a disponibilidade de água, inibindo o crescimento microbiano e reações químicas e bioquímicas. O aumento da temperatura do material a ser desidratado promove a evaporação da água, enquanto a circulação do ar remove o teor de água evaporado (ALMEIDA *et al.* 2006).

Uma das principais motivações para a realização de trabalhos sobre secagem de alimentos é obter informações técnicas sobre o produto que possam ser utilizadas na otimização do processo de secagem, de forma a garantir a qualidade que satisfaça as exigências da legislação e dos consumidores. A vantagem econômica associada à operação de secagem é que, como consequência da redução de peso e volume do alimento pela retirada da água, têm-se menores custos de transporte e armazenamento. Por outro lado, a desvantagem observada é que em função da aplicação do calor durante a secagem, ocorre perda de qualidade e do valor nutricional do alimento (MARCINKOWSKI, 2006).

Segundo VILELA & ARTUR (2008) a cinética de secagem fornece a informação de qual o tempo necessário para que o produto atinja um certo teor de água relativa em uma atmosfera com condições específicas de temperatura, teor de água, velocidade, pressão, etc. e apresenta três estágios típicos:

O *estágio 1* é caracterizado por um período muito curto de tempo com alta taxa de secagem transiente e sequente período de alta taxa de secagem constante. Após o regime permanente ter sido atingido, a temperatura do meio sólido é a mesma temperatura de bulbo úmido do gás secante e permanece estável até iniciar o estágio 2, momento em que o meio atinge o teor de água crítico.

O *estágio 2* é caracterizado por uma taxa de secagem decrescente, pelo aumento da temperatura do meio sólido e a água é retirada de forma mais lenta.

O *estágio 3* é caracterizado pela menor taxa de secagem durante todo o processo, próxima a zero, e o teor de água do sólido tende a atingir o teor de água de equilíbrio, que é a menor que pode ser conseguida nas condições atuais de secagem.

Segundo LUCATO (2009), o macarrão é uma massa alimentícia que ao ser produzida apresenta um elevado teor de água, expressa em massa de água por massa de macarrão seco, da ordem de 43% ou até superior. Não pode assim, ser armazenada à temperatura ambiente sem se degradar. Para que possa ser armazenada e comercializada de forma conveniente a massa deve ser seca a teores de água da ordem de 15% ou inferiores. 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 a um teor de água relativo. 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.

DANTAS *et al.* (2015) estudaram a cinética de secagem de macarrão integral tipo espaguete em secador de bandeja utilizando o processo convencional na temperatura na faixa de 40, 55 e 60 °C ajustaram os modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli aos seus dados experimentais e concluíram que os mesmos representam o processo com precisão, R² acima de 99,48%, para o modelo que melhor representa o conjunto de dados, o modelo de Midilli, pois apresentou coeficiente de determinação (R²) variando entre 99,48% a 99,82%, respectivamente para as temperaturas de 40 °C e 55 °C. TEBA *et al.* (2009) submeteram suas amostras - de massa alimentícia pré-cozidas e isentas de glúten, elaboradas a partir de farinha mista de arroz polido e feijão preto sem tegumento - a secagem em estufa a 50 °C, com circulação de ar e umidade relativa interna mais elevada, a fim de que a massa mantivesse a sua integridade e obtiveram massas com teores de água variando de 9 a 11% durante uma hora. ORMENESE *et al.* (1998) avaliaram o efeito do processo de secagem à alta temperatura nas características organolépticas, microbiológicas e nutricionais de massas com ovos comparativamente ao processo convencional e concluíram que os macarrões secos através dos processos de alta temperatura apresentaram melhor cor e características de cozimento (maior firmeza, menor perda de sólidos e menor gomosidade) que o macarrão seco pelo processo convencional.

O conhecimento das propriedades termodinâmicas nos processos de secagem é importante fonte de informação para projetar equipamentos de secagem, calcular a energia requerida nesse processo, estudar as propriedades da água adsorvida e avaliar a microestrutura dos alimentos e o estudo dos fenômenos físicos que ocorrem na superfície dos alimentos (CORRÊA *et al.* 2010). A energia de ativação pode ser definida como a superação das moléculas de água a uma barreira de energia, durante a sua migração (CORRÊA *et al.*, 2007), com sua determinação aliada ao valor do coeficiente de difusividade podemos obter o valor da entalpia, entropia e energia livre de Gibbs.

A entalpia pode ser definida como o calor liberado ou absorvido pelo sistema a pressão constante e fornece a intensidade da força de ligação entre o sólido e a água. Mudanças de seu valor fornecem uma medida da variação de energia que ocorre na interação das moléculas de água com os constituintes do produto durante os processos de sorção. Já a entropia revela o grau de desordem do sistema, sendo útil na interpretação de processos de dissolução, cristalização e hidratação e também pode estar associada com a ligação ou repulsão das moléculas de água dos componentes do alimento no sistema e com o arranjo espacial da relação água-produto (MARCINKOWSKI, 2006; OLIVEIRA *et al.* 2015).

A energia livre de Gibbs é considerada como uma medida do trabalho feito pelo sistema para realizar o processo de secagem e pode ser um indicativo da afinidade dos absorventes com a água, ou seja, se ocorre um processo espontâneo ($\Delta G < 0$) ou um processo não-espontâneo ($\Delta G > 0$) (VÉLEZ, 2011; ARAÚJO *et al.* 2017).

2.14. Qualidade da massa alimentícia

A massa alimentícia pode ser classificada de acordo com alguns critérios de qualidade tecnológica, entre eles destacam-se o tempo de cozimento (tempo necessário para a gelatinização do amido em toda seção da massa), aumento de volume (incremento de volume após a cocção), a perda de sólidos solúveis (sólidos detectados na água de cozimento) e o rendimento (incremento de massa após a cocção).

É desejável que uma massa alimentícia tenha baixo tempo de cozimento, pouca perda de sólidos na água de cozimento e grande aumento de peso quando cozido (FERNANDES *et al.*, 2013b). Segundo HUMMEL (1966), uma massa de boa qualidade

deve ter um aumento de volume de 2 a 3 vezes em relação ao volume inicial; a perda de sólidos solúveis de até 6% e rendimento acima de 200%.

Diversos autores estudaram a qualidade tecnológica de massas alimentícias alternativas: GIUBERTI *et al.* (2015) estudaram a qualidade de um macarrão sem glúten composto de arroz e farelo de feijão. SILVA *et al.* (2016) avaliaram a qualidade da macarrão sem glúten preparado com arroz integral e mistura de milho através de extrusão termoplástica. ROSA-SIBAKOV *et al.* (2016) estudaram o efeito do bioprocessamento e do fracionamento nas propriedades estruturais e sensoriais da massa de feijão sem glúten. SUSANNA & PRABHASANKAR (2013) fizeram um estudo sobre o desenvolvimento de macarrão sem glúten e seus produtos bioquímicos e validação imunológica. ZANDONADI *et al.* (2012) estudaram as propriedades tecnológicas de uma massa alimentícia alternativa feita a base de banana verde.

2.15. Textura

Textura é a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e superficiais dos alimentos, detectadas pelos sentidos da visão, audição, tato e sinestésicas (SZCZESNIAK, 2002).

A textura se manifesta quando o alimento sofre uma deformação (quando é mordido, prensado, cortado, etc.), e é através dessa interferência na integridade do alimento que se pode ter noção da resistência, coesividade, fibrosidade, granulidade, aspereza, crocância, entre outras (TEIXEIRA, 2009). A análise de textura pode assumir uma grande importância na indústria de alimentos no controle do processo de fabricação, matérias primas, produto final e pesquisa de desenvolvimento de novos produtos (CARNEIRO *et al.*, 2011).

A textura é uma característica mensurável de maneira direta através da análise sensorial. Obtêm-se, assim, características visuais, de toque e de degustação (contato com a língua, resistência ao corte dos dentes, mastigação e deglutição) do produto alimentício. Entretanto, um método instrumental tem utilização simples, fácil de padronizar e requer pouco pessoal treinado (CARDARELLI, 2006). O equipamento utilizado para a determinação instrumental da textura é denominado texturômetro, acompanhado por uma grande variedade de acessórios, que permitem realizar diferentes tipos de análises (SANTOS, 2013).

Segundo SCARANTO (2010), dentro da textura vários atributos podem ser analisados como a:

Elasticidade: a capacidade da amostra retornar à posição original;

Dureza: força necessária para comprimir a amostra;

Fraturabilidade: força necessária para romper ou fraturar a amostra;

Coesividade: força que mantém a amostra íntegra ou coesa;

Mastigabilidade: número de mastigações necessárias antes da deglutição;

Adesividade: força necessária para superar a atração entre o alimento e o palato.

Outros pesquisadores também quantificaram a textura de massas alimentícias, entre eles: CHANG & FLORES (2004) que avaliaram a firmeza de massas alimentícias elaboradas de farinha de trigo e semolina de trigo durum utilizando o texturômetro TA-XT2 Texture analyzer (Stable Micro Systems, Haslemer, Surrey, England), concluíram que os produtos com maior porcentagem de semolina de trigo durum são mais firmes e mais soltos, em relação aos que foram feitos somente com farinha de trigo e com baixas proporções de semolina de trigo durum. ORMENESE & CHANG (2003) avaliaram a textura da massa (firmeza, mastigabilidade e elasticidade) do macarrão de arroz por eles produzido e concluíram que ele era mais firme e menos pegajoso que o macarrão de trigo (convencional). ORMENESE *et al.* (2004) estudaram o efeito do uso de ovo líquido pasteurizado e ovo desidratado na firmeza da massa alimentícia e concluíram existe uma tendência de aumento da firmeza com o aumento do teor de ovo desidratado.

2.16. Atividade de água

Segundo SILVA FILHO (2012) a atividade de água tem sido um dos mais importantes parâmetros para avaliação da preservação dos alimentos e seu processamento, ela pode ser definida como a razão entre a pressão parcial de vapor d'água no alimento (P) e a pressão parcial de vapor da água pura (P₀), ambas na mesma temperatura conforme a Equação 1:

$$a_w = \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

A atividade de água (a_w) é um objeto de estudo essencial para a indústria de alimentos, pois influencia a velocidade de reações enzimáticas, químicas e microbiológicas (BRAGA, 2015). Importantes aplicações da medida de a_w para a indústria de alimentos são: a escolha do processo a que o alimento será submetido, a

seleção de ingredientes usados no desenvolvimento de um produto e seleção da melhor embalagem para o produto (RAHMAN, 2007).

2.17. Análise microbiológica

A qualidade microbiológica dos produtos disponíveis para o consumo é de extrema importância para garantir a segurança alimentar. A presença de microrganismos patogênicos, aliada as práticas inadequadas de processamento, armazenamento e falta de higiene durante a preparação, podem alterar as características sensoriais, resultando em deterioração e infecções alimentares, constituindo potencial risco a saúde pública (GOMES *et al.* 2012).

O alimento por si próprio é um meio de cultura excelente para a proliferação de microrganismos. E é através destes microrganismos que podemos avaliar o grau e a procedência da contaminação, bem como o período previsto para o consumo do alimento antes da sua deterioração. Tem-se, portanto, tornado normal a prática de analisar nos alimentos a existência de bactérias produtoras de toxinfecções alimentares. Estas bactérias são denominadas microrganismos indicadores e são geralmente consideradas como sendo de grande significância quando da avaliação da segurança e qualidade microbiológicas de alimentos (CUNHA, 2009).

Diversos pesquisadores também avaliaram massas alimentícias microbiologicamente entre eles: COMELLI *et al.* (2011) que realizaram avaliação microbiológica e da rotulagem de massas alimentícias frescas e refrigeradas comercializadas em feiras livres e supermercados de Ribeirão Preto/SP e região. Os autores concluíram que dentre as amostras avaliadas, 5% não atenderam aos padrões microbiológicos determinados pela legislação brasileira em vigor. ORMENESE *et al.* (1998) avaliaram a qualidade microbiológica de macarrão com ovos e concluíram que produto final estava de acordo com os padrões microbiológicos impostos pela legislação brasileira. MALUF *et al.* (2010) avaliaram a massa fresca de macarrão enriquecida com pescado defumado através das análises de coliformes a 45°C (NMP/g) e isolamento de bolores e leveduras e observaram que os resultados obtidos apresentaram-se em conformidade com os valores exigidos pela RDC nº 93/2000 e, portanto, adequado para o consumo humano.

2.18. Análise sensorial

Por meio da análise sensorial é possível medir, analisar e interpretar reações características dos alimentos e outros produtos quando estes são submetidos à percepção dos órgãos do sentido humano (SILVA *et al.*, 2009).

A análise sensorial pode ser aplicada para diferentes objetivos nos dias de hoje, como, por exemplo, para a determinação de normas e estabelecimento de critérios e referências de qualidade, pelos quais a matéria prima, os ingredientes e o produto final podem ser classificados e avaliados. Outra importante aplicação é no controle de qualidade da produção industrial que visa manter as características comerciais do produto, atendendo as exigências dos consumidores. A análise sensorial desempenha também papel de destaque no desenvolvimento de novos produtos (TEIXEIRA, 2009). A substituição da farinha de trigo que provoca alterações no sabor, textura, aroma e cor da massa alimentícia produzida deve ser avaliada para verificar a aceitação do consumidor frente às possíveis modificações nas características sensoriais do produto final.

Aparência, cor e comportamento durante e após o cozimento são considerados as características básicas para a determinação da qualidade das massas. Entretanto, a palatabilidade após o cozimento é o parâmetro principal que define a seleção e aceitação por parte do mercado consumidor desses produtos (SPANHOLI & OLIVEIRA, 2009).

A análise sensorial é um instrumento largamente utilizado por diversos autores para avaliar a aceitação de massas alimentícias não convencionais, podemos citar ROCHA *et al.* (2008) que caracterizaram sensorialmente o macarrão tipo talharim com diferentes proporções de ora-pro-nóbis e concluíram que o macarrão acrescido de 2,0 % de ora-pro-nóbis, apresentou aceitabilidade de 92,0%, sendo bem aceito pelos julgadores; SPANHOLI & OLIVEIRA (2009) avaliaram diferentes concentrações de farinha de albedo de maracujá na formulação de uma massa alimentícia e sua aceitação sensorial e observaram que os consumidores tiveram maior interesse no macarrão padrão seguido do macarrão elaborado com 10% de farinha de albedo de maracujá; NICOLETTI *et al.* (2008) produziram uma massa alimentícia enriquecida com a quirera de arroz e o farelo de soja e estudaram sua aceitação através da análise sensorial e demonstrou elevado grau de aceitabilidade, sendo que 97,30% dos julgadores optaram

por gostei muito, enquanto uma pequena parcela escolheu a opção desgostei muito (2,70%).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

Esta pesquisa foi desenvolvida nos seguintes laboratórios:

- Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba;
- Laboratório de Grãos e Cereais (LGC), do Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal, Paraíba;
- Laboratório de Caracterização de Materiais (LCM), da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba;
- Laboratório de Microbiologia e Bioquímica dos Alimentos (LMBA) da Unidade Acadêmica de Nutrição, do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Paraíba;
- Laboratório de Operações Unitárias (LOU) da Unidade Acadêmica de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba;
- Laboratório de Microscopia Eletrônica (LME) e Laboratório Multidisciplinar de Materiais e Estruturas Ativas (LAMMEA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba.

3.2. Matérias-primas

Foram utilizados para a formulação do macarrão: fécula de batata (marca Yoki), fécula de mandioca (marca Mistura Nordestina) e grãos de arroz vermelho (marca Patoense) adquiridas no comércio local.

3.3. Processamento da massa alimentícia

Os grãos de arroz vermelho foram triturados em moinho industrial marca BOTINI® (Figura 3.1) até que se obtivesse uma farinha homogênea, a qual foi misturada manualmente a fécula de batata e fécula de mandioca obedecendo às formulações previamente testadas conforme Tabela 3.1.



Figura 3.1. Moinho industrial utilizado para obtenção da farinha de arroz vermelho (O AUTOR, 2016).

Tabela 3.1. Formulações da massa alimentícia isenta de glúten.

Formulações	Fécula de batata (%)	Farinha de arroz vermelho (%)	Fécula de mandioca (%)
I	47,5	47,5	5
II	45	45	10
III	42,5	42,5	15

A cada 100 gramas de amostra foi adicionada 1 grama de goma xantana e adicionada água destilada aquecida (facilitando o processo de extrusão) em quantidade necessária para a boa homogeneização. A massa foi extrusada e seccionada em máquina multifuncional RIVAL® PASTA CHEF (Figura 3.2), no formato de espaguete.



Figura 3.2. Máquina multifuncional RIVAL® PASTA CHEF e detalhe ampliado do molde para a obtenção do formato espaguete (O AUTOR, 2015).

As três formulações de espaguete obtidas (Figura 3.3) foram pré-cozidas por 3 minutos e escorridas para a retirada da água superficial, em seguida foram levadas à estufa com circulação de ar, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C, até que fosse atingido o teor de água de 13%, conforme prevê a legislação no Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia (BRASIL, 2000), quando foram acondicionadas em sacos de polietileno, de onde foram retiradas para as análises físico-químicas, microbiológicas, atributos de textura (fraturabilidade e dureza). Estes produtos, provenientes de cada formulação, foram armazenados por 180 dias para avaliação de sua atividade de água (a_w). As amostras também foram avaliadas após a cocção através das análises específicas do cozimento (tempo de cozimento, aumento de volume, perda de sólidos solúveis e o rendimento) e sensorial.



Figura 3.3. Diferentes formulações de massa alimentícia obtidas.

Na Figura 3.4 encontra-se o fluxograma das etapas do processamento, caracterização da matéria-prima e das massas alimentícias obtidas nesta pesquisa.

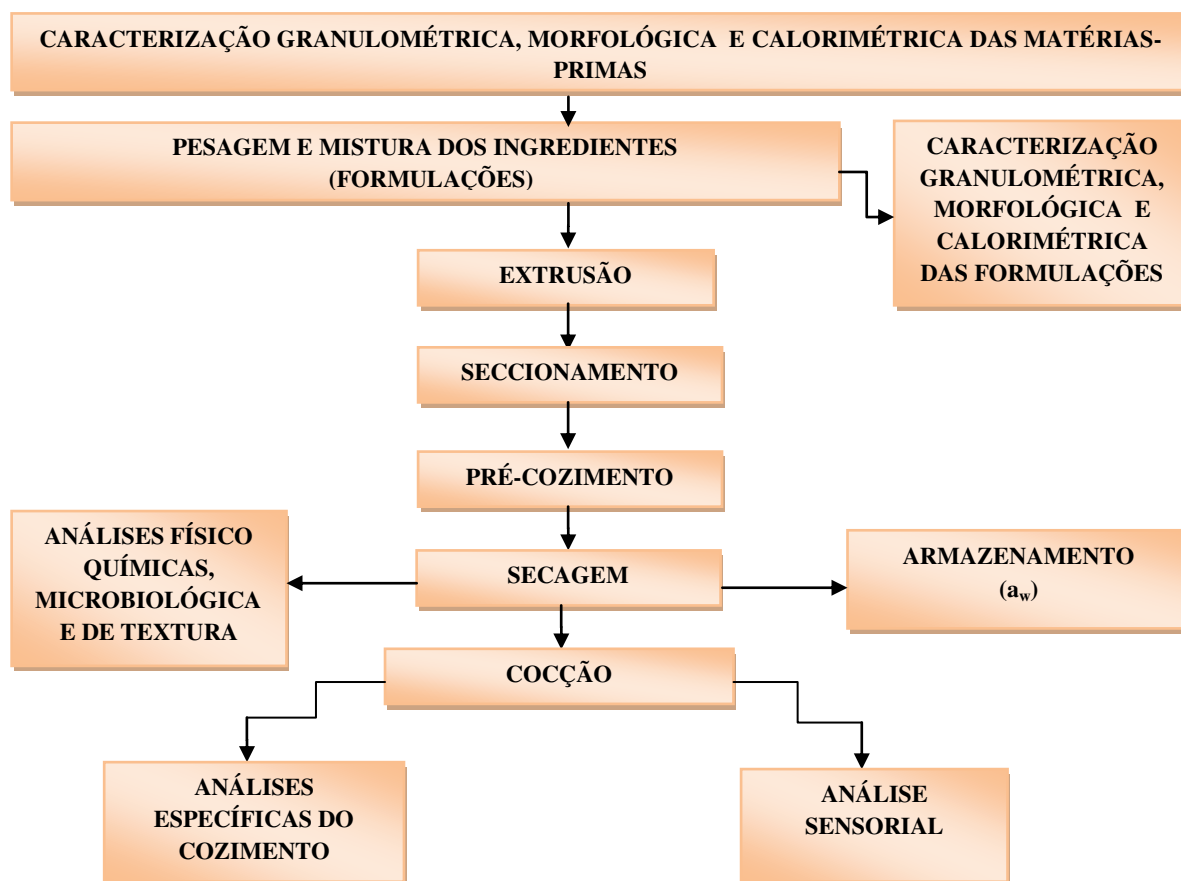


Figura 3.4. Fluxograma do processamento e caracterização da matéria-prima e das massas alimentícias.

3.4. Análise granulométrica, morfológica e calorimétrica da matéria-prima e formulações

3.4.1. Análise granulométrica

A caracterização granulométrica foi realizada através do peneiramento de 50 g de cada fécula, da farinha de arroz vermelho e das três formulações, por meio de pesagens, em cada peneira de um conjunto de seis peneiras, com aberturas entre 32 a 115 Mesh, que foram agitadas durante 10 minutos com o auxílio de um agitador eletromagnético para peneiras redondas (Figura 3.5), fabricante Bertel.



Figura 3.5. Agitador eletromagnético utilizado para caracterização granulométrica (O AUTOR, 2015).

3.4.2. Análise morfológica

Inicialmente as amostras foram fixadas no portas-amostra (Figura 3.6) através de uma fita de carbono e expostas ao metalizador para a deposição iônica de ouro, da marca SANYU ELECTRON e modelo SC-701A (Figura 3.6), o processo de metalização durou 3 minutos e foi utilizada uma amperagem de 10 mA.



Figura 3.6. Portas-amostra e metalizador utilizados para a preparação das micrografias (O AUTOR, 2017).

Em seguida as amostras foram levadas ao Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV (Figura 3.7), modelo VEGA 3, fabricante TESCAN - que operou com uma tensão entre 15 a 20 kV- para a sua caracterização morfológica de onde foram obtidas ampliações de 50, 100, 200, 300, 500, 1000 e 2000 vezes.



Figura 3.7. Microscópio Eletrônico de Varredura (O AUTOR, 2017).

3.4.3. Análise Calorimétrica: calorimetria exploratória diferencial (DSC)

Para a análise de Calorimetria Exploratória Diferencial foi utilizado o equipamento DSC modelo Q20 marca TA INSTRUMENTS (Figura 3.8), utilizando as temperaturas de -20° a 120° °C com taxa de aquecimento de 10° °C por minuto em atmosfera de N_2 , utilizou-se como referência um cadinho de alumínio vazio.



Figura 3.8. DSC modelo Q20 (O AUTOR, 2017).

3.5. Secagem

As massas alimentícias foram levadas a estufa com circulação de ar para a realização da cinética de secagem nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C. As amostras foram submetidas à secagem até atingirem o teor de água de equilíbrio. Os dados da cinética de secagem foram obtidos por meio das pesagens consecutivas das amostras com o tempo expresso em termos de razão de teor de água (RX), dada pela relação entre as diferenças de teores de água no tempo, t, e teor de água de equilíbrio (X - Xe) e teores de água inicial e de equilíbrio (X₀ - Xe). Como descrito na Equação 2:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_0 - X} \quad (2)$$

em que,

RX - Razão de teor de água (adimensional)

X_e - Teor de água de equilíbrio (base seca)

X - Teor de água (base seca)

X₀ - Teor de água inicial (base seca)

Os modelos matemáticos de Page, Cavalcanti Mata, Thompson e Fick, (cujas Equações 4 a 7 estão descritas na Tabela 3.2), foram ajustados aos dados experimentais de secagem utilizando-se o software STATISTICA 8.0, segundo o método numérico Quasi-Newton. Os critérios de escolha do melhor modelo foi o coeficiente de determinação (R²) e o desvio quadrático médio (DQM) (Equação 3).

$$DQM = \sqrt{\frac{(RX_{exp} - RX_{pre})^2}{N}} \quad (3)$$

em que,

RX_{exp} - Razão de teor de água obtida experimentalmente

RX_{pre} - Razão de teor de água predito pelo modelo matemático

N - número de observações ao longo da cinética de secagem

Tabela 3.2. Modelos matemáticos empregados na secagem das massas alimentícias.

Modelo	Equação
Page	$RX = \exp(-Kt^n)$ (4)
Cavalcanti Mata	$RX = a \exp(-Kt^b) + c \exp(-Kt^d) + e$ (5)
Thompson	$t = a \ln(RX) + b [\ln(RX)]^2$ (6)
Fick	$RX = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{\lambda_n^2} \exp\left(-\frac{\lambda_n^2}{R^2} D_{ef} t\right)$ (7)

Em que: RX - razão de teor de água, adimensional; t - Tempo, min; a, b, c, d, e e n - constantes do modelo; K - constante de secagem; D_{ef} - difusividade efetiva; λ_n = raízes da equação de Bessel.

Através dos valores da difusividade efetivas, obtidos a partir do modelo de Fick, podemos determinar o valor da energia de ativação a partir da Equação de Arrhenius (Equação 8).

$$D_{ef} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (8)$$

em que,

D_0 - coeficiente de difusão limite, $m^2.s^{-1}$;

E_a - energia de ativação, $J.mol^{-1}$;

R - constante universal dos gases, $8,314 J.mol^{-1}K^{-1}$;

T - temperatura de secagem, K.

Com a determinação da energia de ativação obtemos o valor das diferentes propriedades termodinâmicas: entalpia, entropia e energia livre de Gibbs, utilizando-se o método descrito por JIDEANI & MPOTOKWANA (2009), de acordo com as Equações 9 a 11:

$$\Delta H = E - R T \quad (9)$$

$$\Delta S = R \left[\ln D_0 - \ln\left(\frac{k_b}{k_p}\right) - \ln T \right] \quad (10)$$

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S \quad (11)$$

em que,

ΔH - entalpia, J mol⁻¹;

ΔS - entropia, J mol⁻¹ K⁻¹;

ΔG - energia livre Gibbs, J mol⁻¹;

k_b - constante de Boltzmann, 1,38 x 10⁻²³ J K⁻¹;

k_p - constante de Planck, 6,626 x 10⁻³⁴ J s⁻¹.

3.6. Caracterização físico-química

A caracterização físico-química foi realizada em triplicata para as massas alimentícias. Os parâmetros avaliados foram: teor de água, cinzas, minerais, pH, amido, lipídeos, proteínas, carboidratos, fibras e compostos fenólicos.

3.6.1. Teor de água

O teor de água foi determinado através do método da estufa a 105 °C durante 24 horas, conforme metodologia do Instituto Adolf Lutz (IAL) (2008).

3.6.2. Cinzas

O teor de cinzas foi determinado através da metodologia descrita pelo IAL (2008), ou seja, incineração da amostra em mufla a 550 °C, até a obtenção de um resíduo isento de carvão.

3.6.3. Minerais

Foi utilizado o equipamento de espectrofotômetro de energia dispersiva, modelo EDX-720, da marca Shimadzu (Figura 3.9), onde a partir das cinzas obtidas no experimento quantificou-se os minerais presentes na massa alimentícia isenta de glúten.



Figura 3.9. Espectrofotômetro de energia dispersiva (O AUTOR, 2016).

3.6.4. pH

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado através do uso de um pHmetro, calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0 segundo a metodologia do IAL (2008).

3.6.5. Amido

A determinação de amido foi feita por titulação da amostra com a solução titulante de licor de Fehling, até o aparecimento da coloração vermelho tijolo pelo método do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

3.6.6. Lipídeos

A quantidade de lipídeos foi determinada pelo método de Bligh-Dyer (FOLCH *et al.*, 1957) na qual utiliza-se clorofórmio e metanol.

3.6.7. Proteínas

O teor de proteínas foi determinado pelo método Micro-Kjeldahl, que consiste na determinação do nitrogênio total utilizando-se o fator de conversão 5,75, de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2010).

3.6.8. Carboidratos totais

Os carboidratos totais foram calculados por diferença de 100, menos a soma das porcentagens dos teores de água, lipídeos, proteínas e cinzas, conforme Equação 12.

$$CT (\%) = 100 - (TA + L + P + C) \quad (12)$$

em que,

CT - Carboidratos totais

TA - Teor de água

L - Teor de lipídeos

P - Teor de proteínas

C - Teor de cinzas

3.6.9. Valor calórico total

O valor calórico total foi obtido multiplicando-se os teores de carboidratos e proteínas da amostra pelo fator de conversão 4,0 Kcal/g e o teor de lipídeos pelo fator de conversão 9,0 Kcal/g (ANVISA, 2005), conforme Equação 13.

$$VC \left(\frac{Kcal}{100g} \right) = [4(P + C) + 9(L)] \quad (13)$$

em que,

VCT - Valor calórico

P - Teor de proteínas

C - Teor de carboidratos

L - Teor de lipídeos

3.6.10. Fibras

A metodologia para determinação de fibras totais, solúveis e insolúveis foi a proposta pela AOAC (2010).

3.6.11. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos foram determinados utilizando-se ácido gálico como padrão de acordo com a metodologia proposta por SINGLETON & ROSSI (1965).

3.7. Análises específicas do cozimento

As análises específicas de cozimento das massas alimentícias (tempo de cozimento, aumento de volume, perda de sólidos solúveis e rendimento) foram realizadas de acordo com o método AACC 666-50 (2002).

3.7.1. Tempo de cozimento

Foi determinado mediante a imersão de 10 g do produto em 300 ml de água destilada em ebulição e a compressão das amostras do produto entre duas lâminas de vidro, em intervalos de tempo determinados, até que houvesse a gelatinização completa do amido em toda a seção da amostra.

3.7.2. Aumento de volume

O aumento de volume foi realizado medindo-se, numa proveta graduada, o volume de querosene deslocado por 10 g de produto, antes e depois do cozimento. O coeficiente de aumento de volume foi dado pela Equação 14.

$$\text{Volume (\%)} = \frac{\text{volume do produto cozido}}{\text{volume do produto cru}} \times 100 \quad (14)$$

3.7.3. Perda de sólidos solúveis

A perda de sólidos solúveis foi dada pela percentagem de sólidos solúveis presentes na água de cozimento do macarrão; foi determinada coletando-se e medindo-se numa proveta, a água de cozimento, depois escorrido o produto. Uma alíquota de 10 mL foi colocada numa placa de Petri, previamente secada em estufa e pesada. Em

seguida levada para a estufa durante 5 horas, a 95°C, e se pesou novamente. A percentagem de perda de sólidos solúveis foi dada pela Equação 15.

$$\text{Perda de sólidos solúveis (\%)} = \frac{\text{volume de água x resíduo seco}}{\text{massa do produto cru x 10}} \times 100 \quad (15)$$

3.7.4. Rendimento

O rendimento foi quantificado pela relação de aumento de peso durante o cozimento. Foram colocados 10 g do produto em 300 ml de água destilada em ebulição e cozidos; em seguida, o produto foi drenado em escorredor, durante 10 minutos e pesado. A equação abaixo mostra que o rendimento foi dado pela Equação 16

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{massa do produto cozido}}{\text{massa do produto cru}} \times 100 \quad (16)$$

3.8. Avaliação instrumental de textura

As massas produzidas foram submetidas à análise de textura (fraturabilidade e dureza) utilizando-se um texturômetro TAXTplus da Stable Micro Systems (Figura 3.10).



Figura 3.10. Texturômetro TAXTplus da Stable Micro Systems.

Fraturabilidade – Foi realizado com o probe HDP/3PB, os parâmetros utilizados nos testes foram: velocidade de pré-teste de 1,0 mm/s; de teste de 3,0mm/s e de pós teste de 10mm/s e uma distância de compressão de 3,5mm. Os resultados de fraturabilidade foram expressos em milímetros (mm).

Dureza – Foi realizado com o probe HDP/3PB, os parâmetros utilizados nos testes foram: velocidade de pré-teste de 1,0 mm/s; de teste de 3,0mm/s e de pós teste de 10mm/s e uma distância de compressão 3,5mm. Os resultados de dureza foram expressos em Newton (N).

3.9. Armazenamento

As massas alimentícias obtidas foram acondicionadas em sacos de polietileno por 180 dias em temperatura ambiente e foram avaliadas a cada 30 dias, com relação a sua atividade de água (a_w), que foi determinada por meio de leitura direta da amostra na temperatura de 25 °C, com o auxílio do equipamento Aqualab PRE.

3.10. Análises microbiológicas

As amostras a serem consumidas em teste de análise sensorial, foram previamente analisadas quanto aos coliformes totais, coliformes termotolerantes e contagem de bolores e leveduras, cujas metodologias estão descritas abaixo, conforme SILVA *et al.* (2010a).

3.10.1. Coliformes totais

Foram pesados 10 g da amostra que foram diluídas em 90 ml de água destilada. A partir desta primeira diluição foram analisadas 3 séries de 3 tubos contendo caldo verde brilhante bile, todos com tubo de Durhan. Na primeira série foi inoculado 1 ml da amostra diluída em cada tubo; na segunda série foram inoculados 10^{-1} ml da amostra em cada tubo e, na terceira série, inoculados 10^{-2} ml da amostra em cada tubo. Os tubos foram incubados a 35 °C, por 24 horas. A positividade dos tubos foi observada pela presença de bolhas nos tubos de Durhan e/ou turbidez no meio. O Número Mais

Provável (NMP) foi determinado pela tabela de NMP apropriada às diluições inoculadas.

3.10.2. Coliformes termotolerantes

Os tubos positivos de caldo verde brilhante bile foram transferidos para uma alçada bem carregada para tubos contendo Caldo EC e incubados os tubos em banho-maria, a 45 °C, por 24 horas. O número de tubos positivos, foi anotado e o Número Mais Provável (NMP) foi determinado pela tabela de NMP apropriada às diluições inoculadas.

3.10.3. Bolores e leveduras

Para realização da contagem de bolores e leveduras foram retiradas, da primeira diluição, alíquotas de 1ml que foram semeadas em placas de Petri contendo Ágar Batata Dextrose; com auxílio de uma alça de Drigalski, foi espalhado o inóculo sobre o meio e as placas foram incubadas sem inverter nas temperaturas de 22 e 25 °C durante 7 dias. As unidades formadoras de colônias foram contadas de acordo com as respectivas diluições.

3.11. Análise sensorial

Previamente à análise sensorial os julgadores responderam a um questionário sobre alergias - para inscrição e recrutamento de julgadores e um termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE. Na análise sensorial as amostras foram submetidas inicialmente ao teste de aceitação, avaliando-as quanto aos atributos de aparência, cor, aroma e sabor e posteriormente ao teste de intenção de compra.

A análise sensorial foi realizada por 60 provadores não treinados de ambos os sexos, escolhidos aleatoriamente entre diferentes faixas etárias e classes sociais, do Laboratório de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Campina Grande; eles receberam amostras (aleatoriamente codificadas com três algarismos) e água (para ser consumida entre as diferentes amostras, para eliminar a influência do sabor da amostra anterior na subsequente), além dos dois formulários de avaliação, representados

na Figura 3.12 (teste de aceitação) que contém uma escala de 1 a 5, representando conceitos de julgamento de desgostei muito a gostei muito, respectivamente e formulário ilustrado na Figura 3.13 (teste de intenção de compra), que contém uma escala de 1 a 5 que correspondia ao julgamento certamente não compraria e certamente compraria, conforme Figura 3.11.

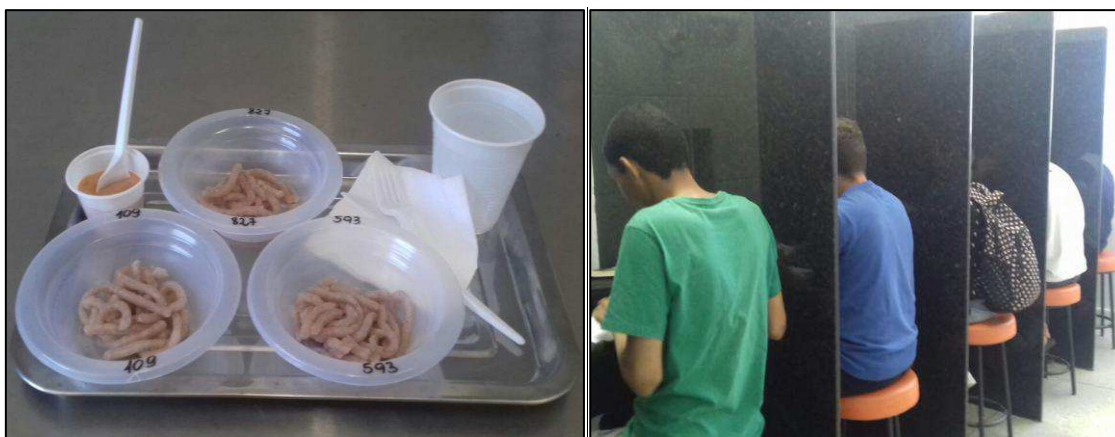


Figura 3.11. Análise sensorial da massa alimentícia isenta de glúten.

TESTE DE ACEITAÇÃO DA MASSA ALIMENTÍCIA LIVRE DE GLÚTEN

Avalie a amostra recebida quanto a cada atributo sensorial abaixo utilizando a escala abaixo.

(5) Gostei muito
 (4) Gostei
 (3) Não gostei, nem desgostei
 (2) Desgostei
 (1) Desgostei muito

Número da amostra	Notas atribuídas			
	Aparência	Cor	Aroma	Sabor

Figura 3.12. Formulário para realização do teste de aceitação das massas alimentícias sem glúten.

TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA DA MASSA ALIMENTÍCIA LIVRE DE GLÚTEN

Avalie segundo a sua intenção de compra, utilizando a escala abaixo.

(5) Certamente compraria
(4) Provavelmente compraria
(3) Tenho dúvidas se compraria
(2) Provavelmente não compraria
(1) Certamente não compraria

Número da amostra	Avaliação

Figura 3.13. Formulário para realização do teste de intenção de compra das massas alimentícias sem glúten.

3.12. Análise estatística

Utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2002) os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O delineamento seguiu um esquema fatorial composto por 3 formulações (5, 10 e 15%) x 6 temperaturas (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C) x 3 repetições.

O programa CONSENSOR (SILVA *et al.*, 2010b) foi utilizado para cálculo do coeficiente de concordância das médias atribuídas pelos provadores, durante análise sensorial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise granulométrica, morfológica e calorimétrica da matéria-prima e das massas formuladas

4.1.1. Análise granulométrica

4.1.1.1. Análise granulométrica da matéria-prima

Os três ingredientes básicos da massa alimentícia - farinha de arroz vermelho, fécula de batata e fécula de mandioca - foram avaliados quanto a sua granulometria.

A Tabela 4.1 contém os resultados da análise granulométrica para a farinha de arroz vermelho.

Tabela 4.1. Análise granulométrica para a farinha de arroz vermelho.

Abertura da peneira (Mesh)	Abertura da peneira (mm)	Massa da peneira vazia (g)	Massa retida + Massa da peneira vazia (g)	Massa do produto retido (g)	Quantitativo de partículas (%)
32	0,500	358,1	380,9	22,8	45,6
42	0,350	362,0	368,9	6,9	13,8
60	0,250	362,2	368,3	6,1	12,2
80	0,180	352,0	356,4	4,4	8,8
100	0,150	344,5	348,5	4,0	8,0
115	0,125	362,0	366,0	4,0	8,0
Base	-	314,2	316,0	1,8	3,6

De acordo com a Tabela 4.1, a fração granulométrica de farinha de arroz vermelho que esteve presente em maior quantitativo, foi na peneira de 32 Mesh, com valor de 45,6% de partículas retidas, já os menores quantitativos foram nas peneiras de 100 e 115 Mesh, correspondendo ao valor de 8,0% cada uma delas. SILVA *et al.* (2015) que caracterizaram a farinha de mandioca utilizando um agitador eletromagnético,

composto por nove crivos com aberturas de diferentes diâmetros e encontraram um valor de 8,31% de partículas retidas na peneira com abertura de 0,125mm e uma retenção de 49,63% na peneira de abertura 0,425mm.

A Tabela 4.2 contém os resultados da análise granulométrica para a fécula de batata.

Tabela 4.2. Análise granulométrica para a fécula de batata.

Abertura da peneira (Mesh)	Abertura da peneira (mm)	Massa da peneira vazia (g)	Massa retida + Massa da peneira vazia (g)	Massa do produto retido (g)	Quantitativo de partículas (%)
32	0,500	358,1	358,1	0,0	0,0
42	0,350	362,0	362,0	0,0	0,0
60	0,250	362,2	368,1	5,9	11,8
80	0,180	352,0	358,0	6,0	12,0
100	0,150	344,5	350,8	6,3	12,6
115	0,125	362,0	366,2	4,2	8,4
Base	-	314,2	341,8	27,6	55,2

De acordo com a Tabela 4.2, para a fécula de batata a maior quantidade de partículas retidas, ficou na peneira de 100 Mesh, com valor de 12,6 %, já a menor quantidade ficou na peneira de 115 Mesh, correspondendo ao valor de 8,4%. MATOS *et al.* (2012) encontraram valores semelhantes de partículas retidas, estudando farinhas de mandioca comercializadas na feira de Salvador com percentuais de retenção de 12,32 na peneira de 0,150mm (100 Mesh). RESCHSTEINER (2005) que quantificou a granulometria da fécula de batata doce para produção em biscoitos extrusados, observou uma retenção inferior (2,78%) na peneira de 0,150mm (100 Mesh).

A Tabela 4.3 contém os resultados da análise granulométrica para a fécula de mandioca.

Tabela 4.3. Análise granulométrica para a fécula de mandioca.

Abertura da peneira (Mesh)	Abertura da peneira (mm)	Massa da peneira vazia (g)	Massa retida + Massa da peneira vazia (g)	Massa do produto retido (g)	Quantitativo de partículas (%)
32	0,500	358,1	378,9	20,8	41,6
42	0,350	362,0	372,5	10,5	21,0
60	0,250	362,2	372,4	10,2	20,4
80	0,180	352,0	360,5	8,5	17,0
100	0,150	344,5	344,5	0,0	0,0
115	0,125	362,0	362,0	0,0	0,0
Base	-	314,2	314,2	0,0	0,0

De acordo com a Tabela 4.3, a fração granulométrica da fécula de mandioca que teve maior retenção de partículas, foi na peneira de 32 Mesh, com valor de 41,6%, já a menor retenção foi na peneira de 80 Mesh, correspondendo ao valor de 17,0%. PEREZ & GERMANI (2004) observaram em suas amostras de farinha de trigo para a peneira de 80 Mesh uma retenção de 17,10% de partículas. FIORDA *et al.* (2013) que realizaram a análise granulométrica da fécula de mandioca, observou uma retenção inferior (18,06%) na peneira de 0,500mm (32 Mesh) e na peneira de 0,250 (60 Mesh) uma retenção de 27,53%.

4.1.1.2. Análise granulométrica das formulações

As três formulações utilizadas 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca - foram avaliadas quanto à sua granulometria.

A Tabela 4.4 contém os resultados da análise granulométrica para a formulação, contendo 5% de fécula de mandioca.

Tabela 4.4. Análise granulométrica para a formulação contendo 5% de fécula de mandioca.

Abertura da peneira (Mesh)	Abertura da peneira (mm)	Massa da peneira vazia (g)	Massa retida + Massa da peneira vazia (g)	Massa do produto retido (g)	Quantitativo de partículas (%)
32	0,500	358,1	376,4	18,3	36,6
42	0,350	362,0	368,3	6,3	12,6
60	0,250	362,2	372,4	10,2	20,4
80	0,180	352,0	360,7	8,7	17,4
100	0,150	344,5	346,9	2,4	4,8
115	0,125	362,0	364,2	2,2	4,4
Base	-	314,2	316,1	1,9	3,8

De acordo com a Tabela 4.4, para a primeira formulação da massa alimentícia (5% de fécula de mandioca), a peneira de 32 Mesh reteve maior quantidade de partículas, com valor de 32,6%, já a peneira de 115 Mesh reteve menor quantidade, correspondendo ao valor de 4,4%. SILVA *et al.* (2009), ao estudarem a aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz com café extrusados e observaram percentuais de retenção próximos quando comparados as peneiras de 60 e 80 Mesh, com valores de 15 e 20%, respectivamente, para o mix contendo 30% de farinha de arroz e café e 70% de farinha de trigo.

A Tabela 4.5 contém os resultados da análise granulométrica para a formulação contendo 10% de fécula de mandioca.

Tabela 4.5. Análise granulométrica para a formulação contendo 10% de fécula de mandioca.

Abertura da peneira (Mesh)	Abertura da peneira (mm)	Massa da peneira vazia (g)	Massa retida + Massa da peneira vazia (g)	Massa do produto retido (g)	Quantitativo de partículas (%)
32	0,500	358,1	379,1	21,0	42,0
42	0,350	362,0	370,6	8,6	17,2
60	0,250	362,2	370,4	8,2	16,4
80	0,180	352,0	358,1	6,1	12,2
100	0,150	344,5	346,8	2,3	4,6
115	0,125	362,0	364,0	2,0	4,0
Base	-	314,2	316,0	1,8	3,6

De acordo com a Tabela 4.5, para a segunda formulação da massa alimentícia (10% de fécula de mandioca) a fração granulométrica presente em maior quantitativo, foi na peneira de 32 Mesh, com valor de 42,0%, de partículas retidas, já o menor quantitativo foi na peneira de 115 Mesh, correspondendo ao valor de 4,0%. UCHÔA THOMAZ *et al.* (2014) que avaliaram a aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (*Psidium Guajava L.*) em pó também observaram maior retenção de partículas nas peneiras entre 30 e 40 Mesh.

A Tabela 4.6 contém os resultados da análise granulométrica para a formulação contendo 15% de fécula de mandioca.

Tabela 4.6. Análise granulométrica para a formulação contendo 15% de fécula de mandioca.

Abertura da peneira (Mesh)	Abertura da peneira (mm)	Massa da peneira vazia (g)	Massa retida + Massa da peneira vazia (g)	Massa do produto retido (g)	Quantitativo de partículas (%)
32	0,500	358,1	379,2	21,1	42,2
42	0,350	362,0	370,9	8,9	17,8
60	0,250	362,2	370,8	8,6	17,2
80	0,180	352,0	358,9	6,9	13,8
100	0,150	344,5	346,8	2,3	4,6
115	0,125	362,0	364,2	2,2	4,4
Base	-	314,2	314,2	0,0	0,0

De acordo com a Tabela 4.6, na terceira formulação da massa alimentícia (15% de fécula de mandioca) a peneira de 32 Mesh reteve maior quantidade de partículas, com valor de 42,2%, já o menor quantitativo retido da sua fração granulométrica foi na peneira de 115 Mesh, correspondendo ao valor de 4,4%. GUSMÃO *et al.* (2016) também observaram maior retenção das partículas de farinha de algaroba na peneira de 32 Mesh com percentual de 51%.

Observa-se então que as três formulações em estudo são indicadas para a produção de massas alimentícias e outros produtos de panificação, variando o tamanho das partículas 0,125 a 0,5 mm.

4.1.2. Análise morfológica

4.1.2.1. Análise morfológica da matéria-prima

Na Figura 4.1 podem ser visualizadas as micrografias da fécula de batata, obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

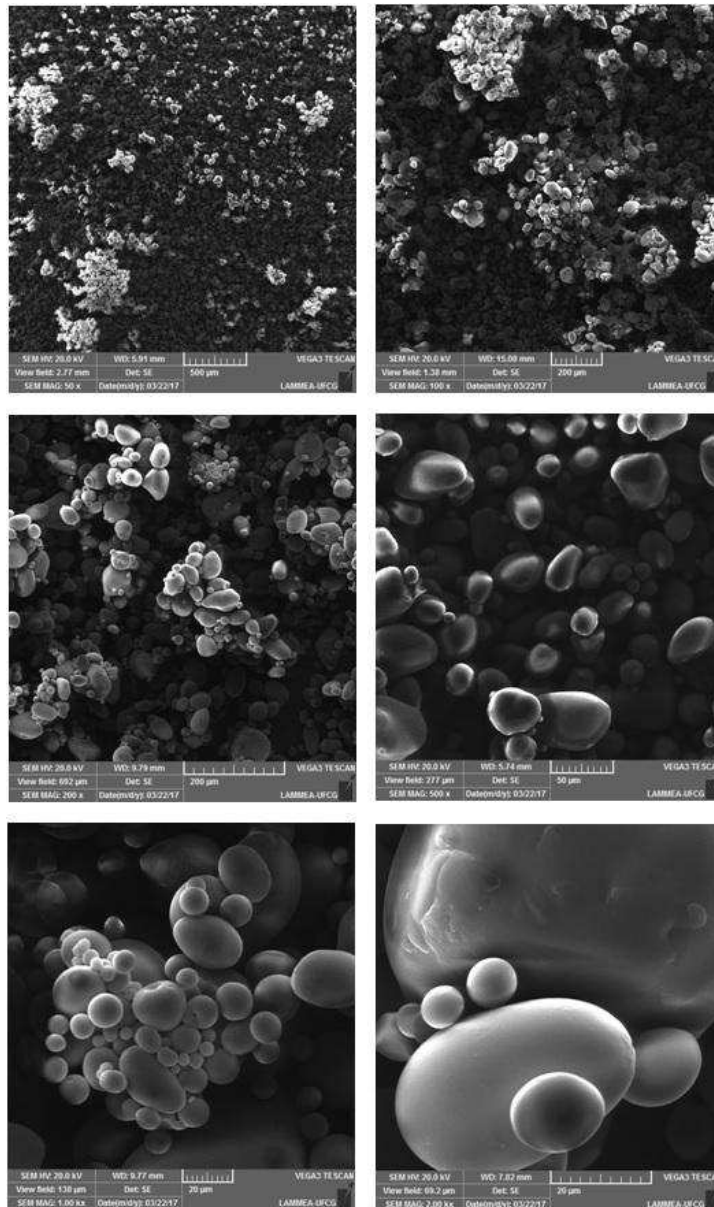


Figura 4.1. Micrografias da fécula de batata, obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

Observa-se que os grânulos fécula de batata mostraram-se circulares e ovalados, comportamento semelhante foi observado por LEONEL (2007) que analisou a forma e tamanho de grânulos de amido de batata sob tensão de 15 kV ou 20 kV.

Na Figura 4.2 podem ser visualizadas as imagens obtidas pelo microscópio eletrônico de varredura, para a fécula de mandioca, obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

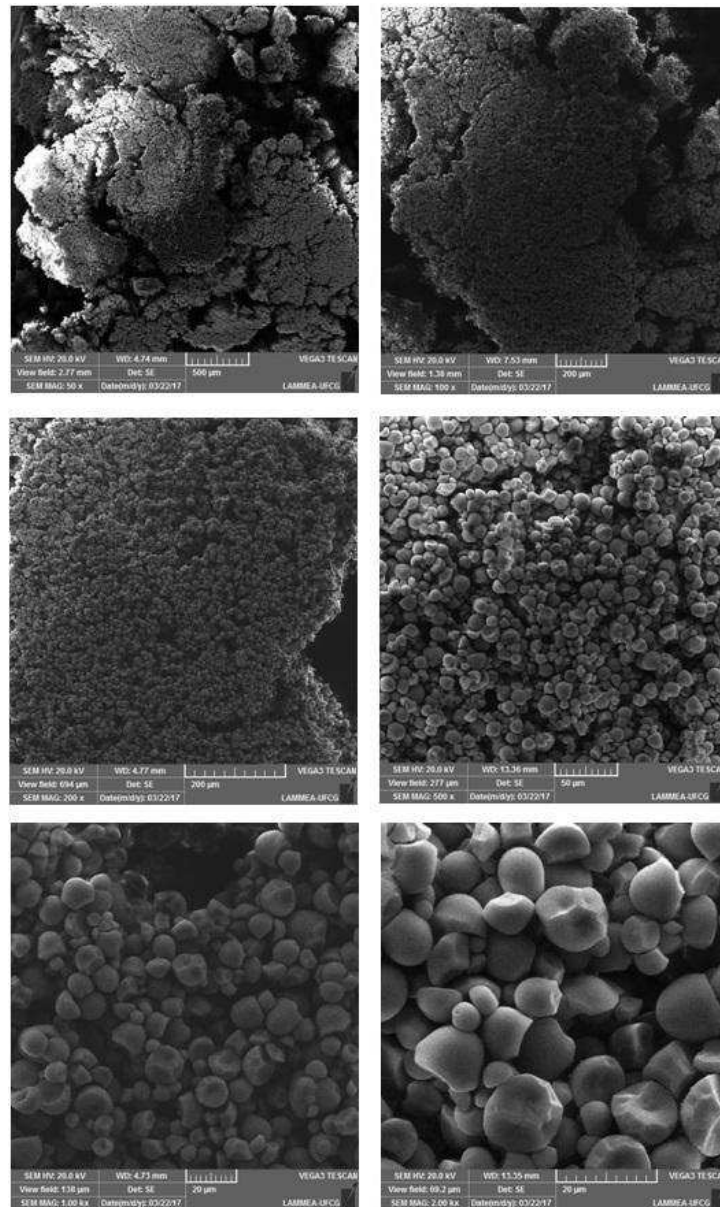


Figura 4.2. Micrografias da fécula de mandioca, obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

Observa-se que fécula de mandioca apresenta uma granulometria homogênea com forma, predominantemente, oval ou esférica que pode ser melhor visualizada nas ampliações maiores (1000 e 2000 vezes), tal comportamento também foi observado por VIEIRA *et al.* (2010) quando analisaram a granulometria da fécula de mandioca - com corrente do feixe de elétrons de 90 μ A, voltagem de aceleração constante de 15 kv, distância de trabalho de 15 mm.

Na Figura 4.3 podem ser visualizadas as imagens obtidas, com auxílio do microscópio eletrônico de varredura, da farinha de arroz vermelho, obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

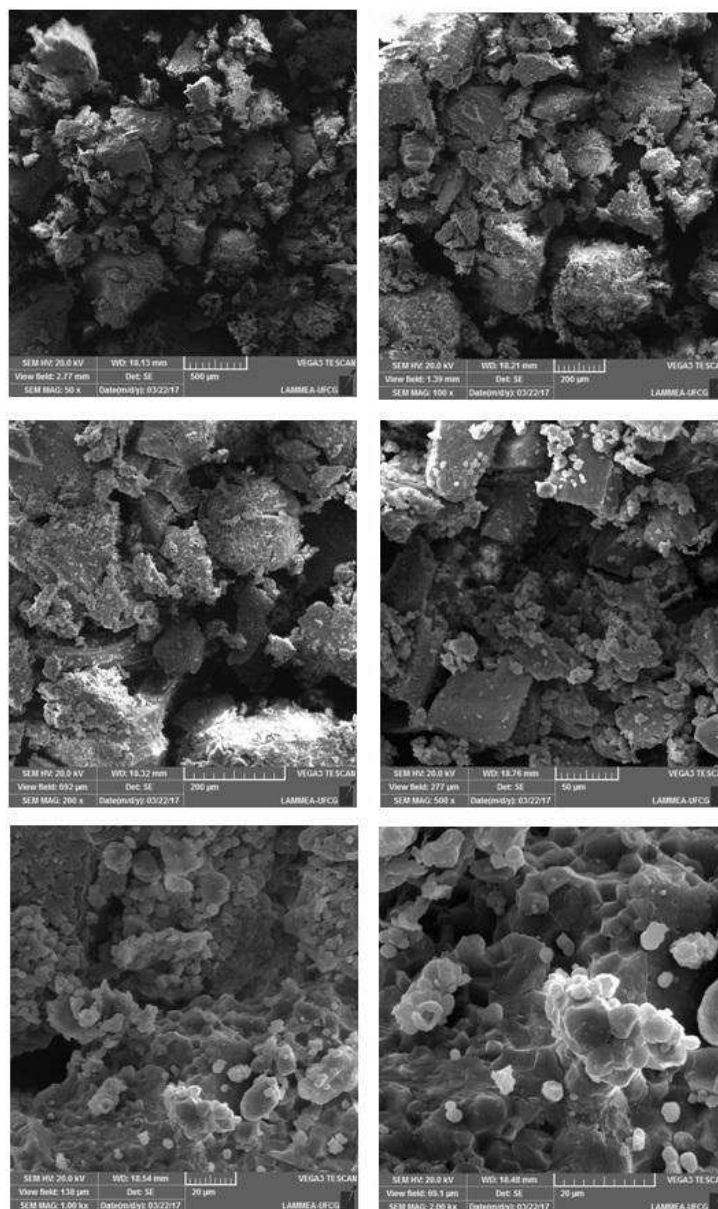


Figura 4.3. Micrografias da farinha de arroz vermelho, obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

Uma composição heterogênea foi observada na micrografia da farinha de arroz, com a presença de estruturas irregulares, formas indefinidas, cavidades e espaços. BECKER (2010) caracterizou morfologicamente farinhas cruas e extrusadas obtidas a partir de grãos quebrados de diferentes genótipos de arroz em microscópio eletrônico de varredura, com aumentos de 120, 500 e 2000 vezes e observou que o material apresenta superfície irregular, com partes lisas, partes estriadas e alguns orifícios.

4.1.2.2. Análise morfológica das formulações

Na Figura 4.4 podem ser visualizadas as micrografias da primeira formulação (com 5% de fécula de mandioca), obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

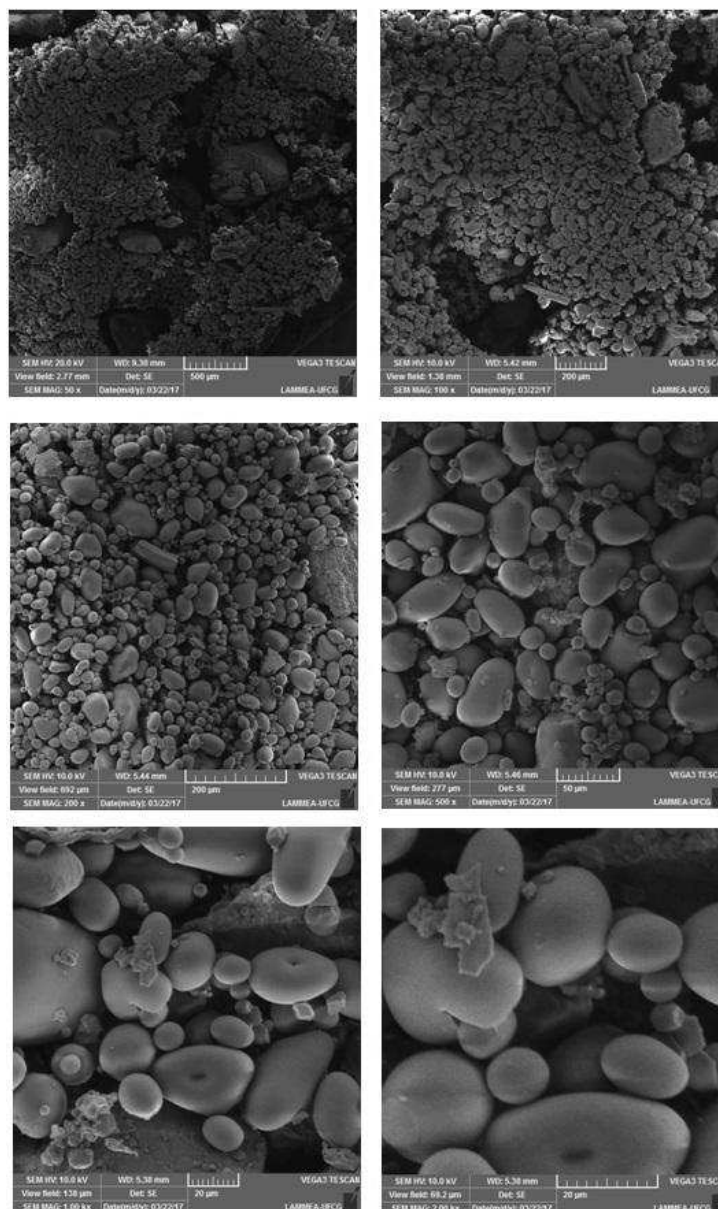


Figura 4.4. Micrografias da primeira formulação (com 5% de fécula de mandioca), obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

Observa-se uma morfologia heterogênea, como já era esperado em virtude de ser um mix de matérias-primas, porém com predominância de formas esféricas, justificado pelo maior percentual de fécula de batata e mandioca e menor percentual de farinha de

arroz vermelho. MARTINS (2013) também observou formato esférico em suas amostras de extrato seco de cumaru, obtidas pelo processo de secagem em leito de jorro.

Na Figura 4.5, podem ser visualizadas as imagens ampliadas da segunda formulação (com 10% de fécula de mandioca), obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

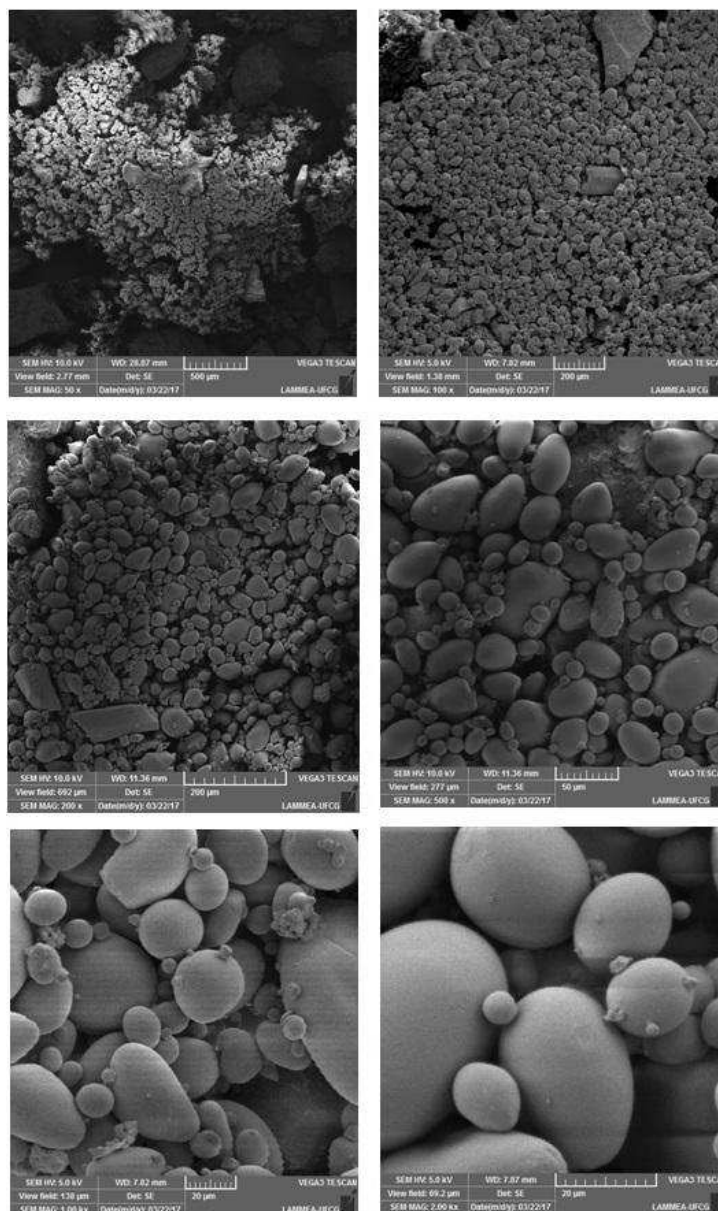


Figura 4.5. Micrografias da segunda formulação (com 10% de fécula de mandioca), obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

Observa-se uma morfologia não uniforme, com presença de superfícies irregulares e arredondadas - representando a farinha de arroz e as féculas, respectivamente SILVA *et al.* (2016), estudaram a morfologia de féculas de três

variedades de mandioca produzidas no estado do Pará, com corrente do feixe de elétrons de 90 μ A, voltagem de aceleração constante de 15 kv, distância de trabalho de 15mm e observaram uma forma arredondada e ligeiramente achatada em uma das extremidades e alguns grânulos com formato irregular, com superfície lisa em suas amostras.

Na Figura 4.6 podem ser visualizadas as micrografias da terceira formulação (com 15% de fécula de mandioca), obtidas com aumento de 50, 100, 200, 300, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

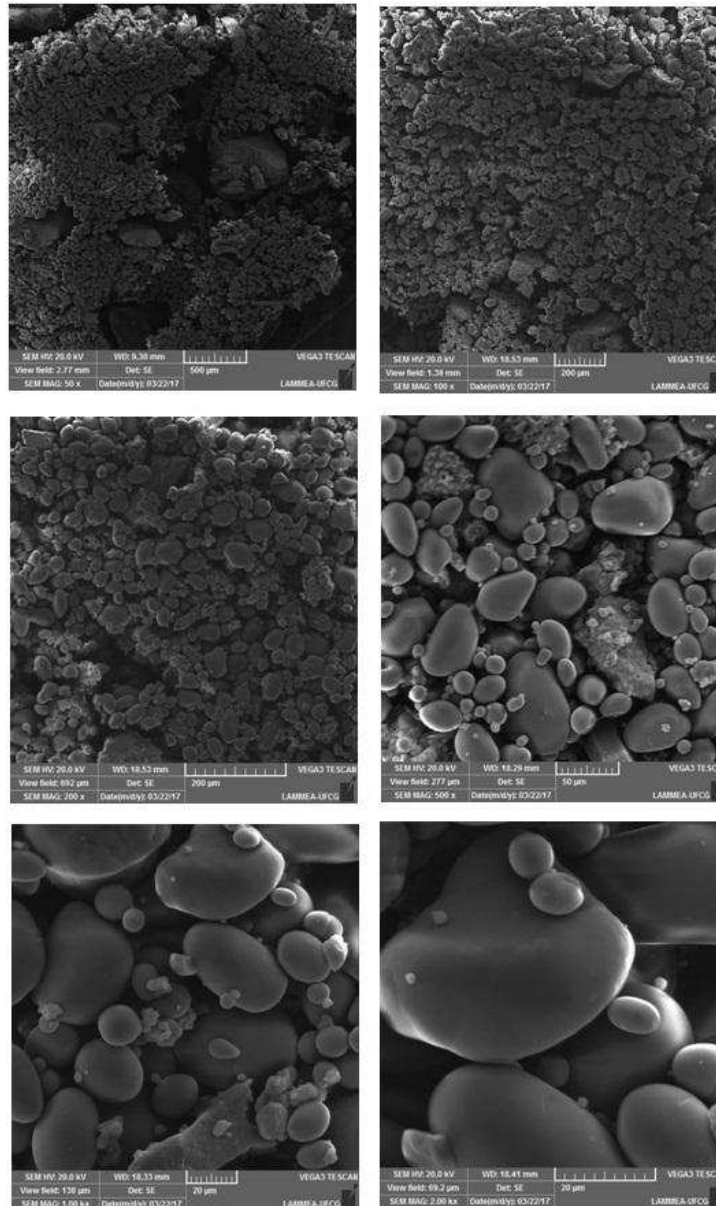


Figura 4.6. Micrografias da terceira formulação (com 15% de fécula de mandioca), obtidas com aumento de 50, 100, 200, 300, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

Semelhantemente às formulações anteriores observa-se nas ampliações uma morfologia irregular, com predominância de formatos arredondados ou ovais e superfícies lisas, devido a menor quantidade de farinha de arroz e maior quantidade de féculas. SILVA (2011), observou que os grânulos de amido das féculas das três variedades de mandioca (Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho), por ele, estudadas apresentaram também formato arredondado e com superfícies lisas.

4.1.3. Análise calorimétrica: calorimetria exploratória diferencial (DSC)

4.1.3.1. Análise calorimétrica da matéria-prima

Os resultados de calorimetria exploratória diferencial das matérias-primas são apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7. Propriedades térmicas da farinha de arroz, fécula de batata e fécula de mandioca.

Amostra	T₀ (°C)	T_P (°C)	T_F (°C)	ΔT (°C)	ΔH(J/g)
Farinha de arroz	70,40	75,50	81,5	11,10	2,730
Fécula de Batata	68,70	79,17	85,30	16,6	2,781
Fécula de Mandioca	62,10	72,48	79,30	17,2	3,274

Em que T₀= temperatura inicial; T_P= temperatura de pico ou de gelatinização; T_F = temperatura final; ΔT = T_F - T₀; ΔH= entalpia de gelatinização

Observa-se que a fécula de mandioca apresentou maior entalpia de gelatinização e a fécula de batata apresentou maior temperatura de pico. Valores semelhantes foram observados por MARTINEZ *et al.* (2015) que realizaram o estudo da farinha de trigo e observaram em suas amostras os seguintes parâmetros T₀= 67,24; T_P =73,37; T_F = 89,66 e ΔH= 2,53. LEORO (2011), desenvolveram um macarrão instantâneo funcional obtido pelos processos de fritura convencional e a vácuo, e ao analisar sua matéria-prima observaram valores de: temperatura inicial (T₀), temperatura de pico (T_P) e temperatura

final (T_f) de gelatinização e a variação da entalpia de gelatinização (ΔH) de $54,42 \pm 0,38$ °C; $60,41 \pm 0,42$ °C; $66,08 \pm 0,14$ °C; $4,45 \pm 0,14$ J/g; respectivamente para a farinha de trigo e $62,42 \pm 0,21$ °C; $66,63 \pm 0,23$ °C; $71,24 \pm 0,11$ °C e $10,8 \pm 0,11$ J/g, respectivamente para a farinha de banana verde.

4.1.3.2. Análise calorimétrica das formulações

Os resultados de calorimetria exploratória diferencial das formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) são apresentados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8. Propriedades térmicas das diferentes formulações de massa alimentícia.

Amostra	T_0 (°C)	T_p (°C)	T_f (°C)	ΔT (°C)	ΔH (J/g)
5 %	82,16	90,83	97,33	15,17	2,809
10%	65,20	75,27	82,33	17,13	2,927
15%	58,28	69,51	77,25	18,97	3,328

Em que T_0 = temperatura inicial; T_p = temperatura de pico ou de gelatinização; T_f = temperatura final; $\Delta T = T_f - T_0$; ΔH = entalpia de gelatinização

Observa-se que as temperaturas iniciais, finais e de pico diminuíram com o aumento da proporção de fécula de mandioca, concluindo-se que a fécula de mandioca causa uma antecipação do processo de gelatinização da massa alimentícia nas amostras e a entalpia - que representa a energia requerida pelo processo de gelatinização - aumentou, o que era esperado observando-se o estudo calorimétrico individual das matérias-primas. WEBER *et al.* (2009) observaram valores semelhantes de entalpia de gelatinização em suas amostras de amido de milho ceroso 3,34 J/g. MARTI *et al.* (2011), que estudaram a organização do amido em macarrão sem glúten de arroz, observaram um valor de entalpia de gelatinização em suas amostras de 3,1 e 3,8 J/g.

4.2. Secagem

4.2.1. Cinética de secagem e ajuste dos modelos matemáticos

Nas Figuras 4.7, 4.8 e 4.9 se encontram, respectivamente, as curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Page nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C aos dados experimentais enquanto na Tabela 4.9 estão os valores dos parâmetros desse modelo matemático.

Observa-se, em todos os tratamentos que com o aumento da temperatura de secagem há uma redução do tempo de secagem até que a amostra atinja o equilíbrio e a perda de água das amostras é mais intensa no início da secagem, o que também foi constatado por SANTOS JÚNIOR (2014), que analisou o processo de secagem industrial de espaguete em secadora de fluxo contínuo e proporcional à temperatura de secagem.

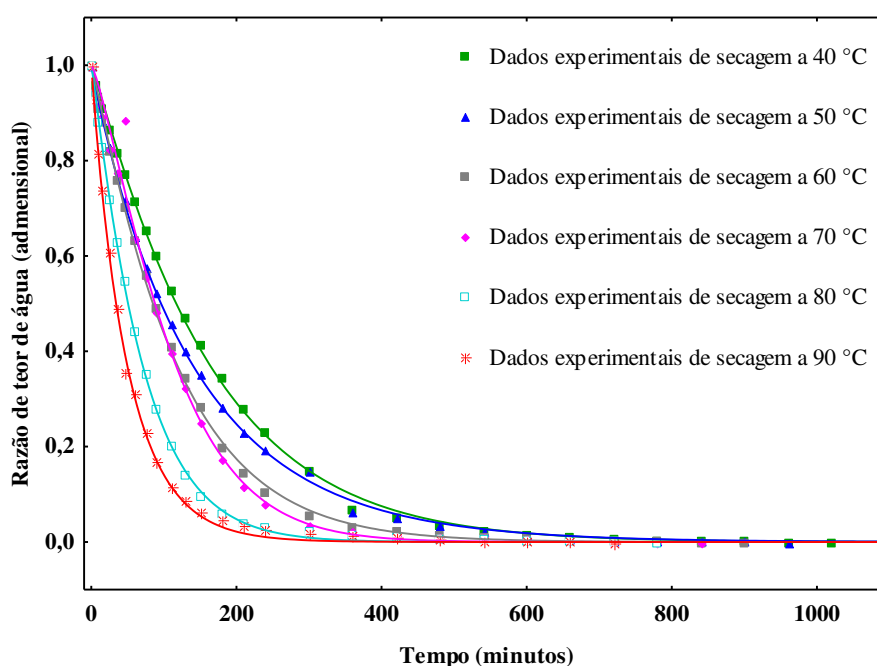


Figura 4.7. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua primeira formulação (com 5 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Page nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

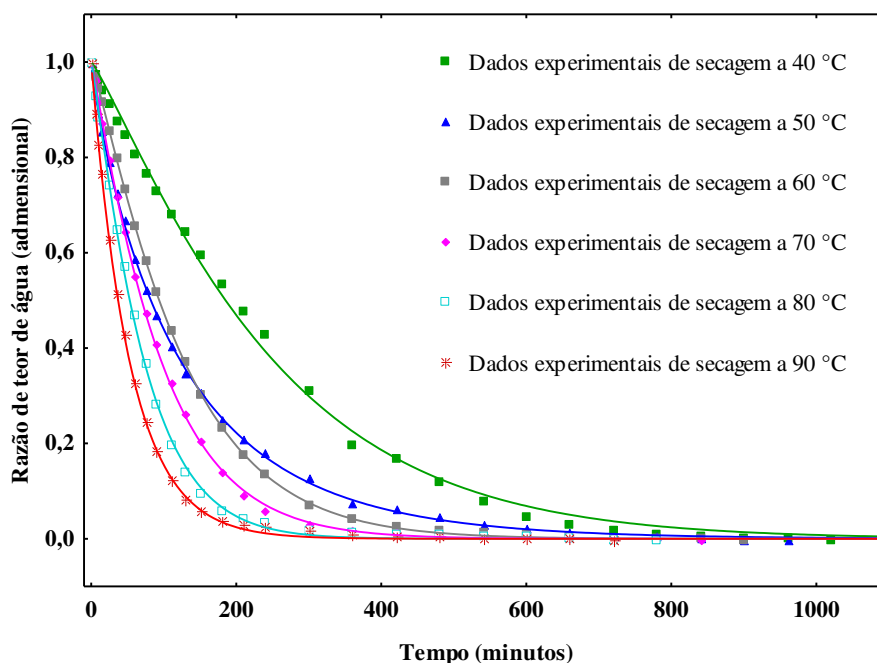


Figura 4.8. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua segunda formulação (com 10 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Page nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

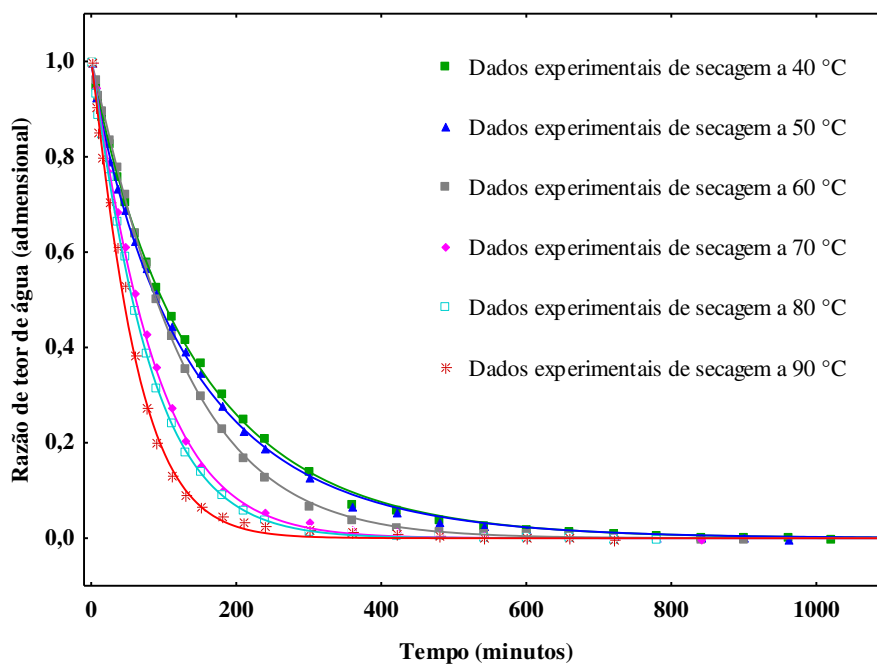


Figura 4.9. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua terceira formulação (com 15 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Page nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

Observa-se que o modelo representou satisfatoriamente os dados experimentais, haja vista que apresentou coeficientes de determinação superiores a 0,992 e DQM inferior a 0,6 em todos os tratamentos estudados. O parâmetro “K” teve tendência de aumento com a elevação da temperatura para as três formulações, já o valor do parâmetro “n” comportou-se de forma aleatória. CASTIGLIONI *et al.* (2013) realizaram a modelagem matemática do processo de secagem da massa fibrosa de mandioca e também obtiveram bons ajustes utilizando o modelo de Page.

Tabela 4.9. Parâmetros e coeficientes de determinação (R^2) do modelo de Page, para as massas alimentícias isentas de glúten, em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

Formulações	Temp. (°C)	Parâmetros		R^2	DQM
		K	n		
5	40	0,004217	1,071366	0,99920	0,5283
	50	0,008813	0,956136	0,99953	0,5034
	60	0,005766	1,078419	0,99911	0,5034
	70	0,002389	1,267288	0,99241	0,5279
	80	0,010141	1,076386	0,99970	0,4500
	90	0,022854	0,966682	0,99794	0,4034
10	40	0,001707	1,150240	0,99766	0,5985
	50	0,014958	0,870112	0,99979	0,4776
	60	0,004080	1,130926	0,99993	0,5156
	70	0,007029	1,081940	0,99983	0,4826
	80	0,008163	1,117981	0,99927	0,4591
	90	0,019054	0,995359	0,99955	0,4168
15	40	0,009513	0,935055	0,99955	0,4961
	50	0,012198	0,896727	0,99907	0,4947
	60	0,005179	1,088589	0,99983	0,5094
	70	0,008030	1,081902	0,99967	0,4669
	80	0,008970	1,076618	0,99977	0,4653
	90	0,009895	1,118856	0,99780	0,4474

As Figuras 4.10, 4.11 e 4.12 correspondem, respectivamente, as curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Cavalcanti Mata nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C, aos dados experimentais. Observa-se que, independente da formulação, o aumento da temperatura proporciona uma diminuição do tempo de secagem e a redução do teor de água é maior na temperatura mais elevada e no início do processo da secagem, fato também observado por MARCINKOWSKI (2006), que estudou a modelagem matemática de dois tipos de proteína texturizada de soja através dos modelos de Page, Logaritmico e Exponencial nas temperaturas 90, 98, 110, 122 e 130 °C.

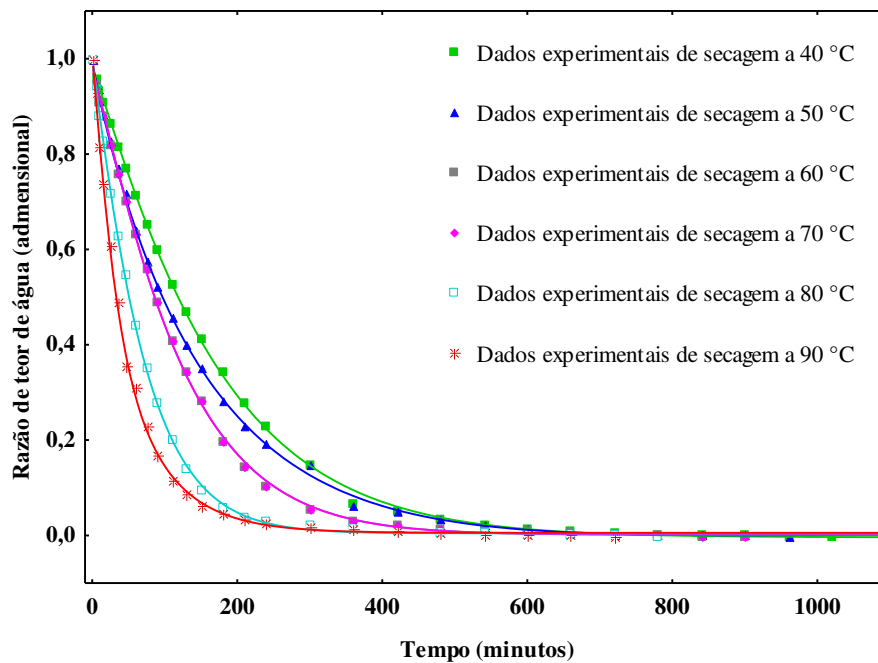


Figura 4.10. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua primeira formulação (com 5 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Cavalcanti Mata nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

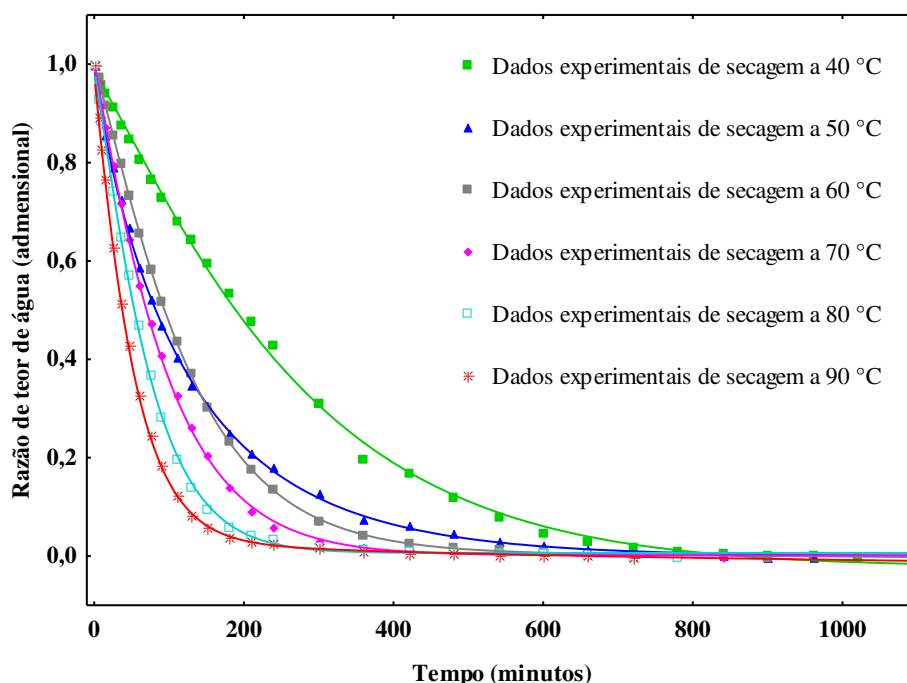


Figura 4.11. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua segunda formulação (com 10 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Cavalcanti Mata nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

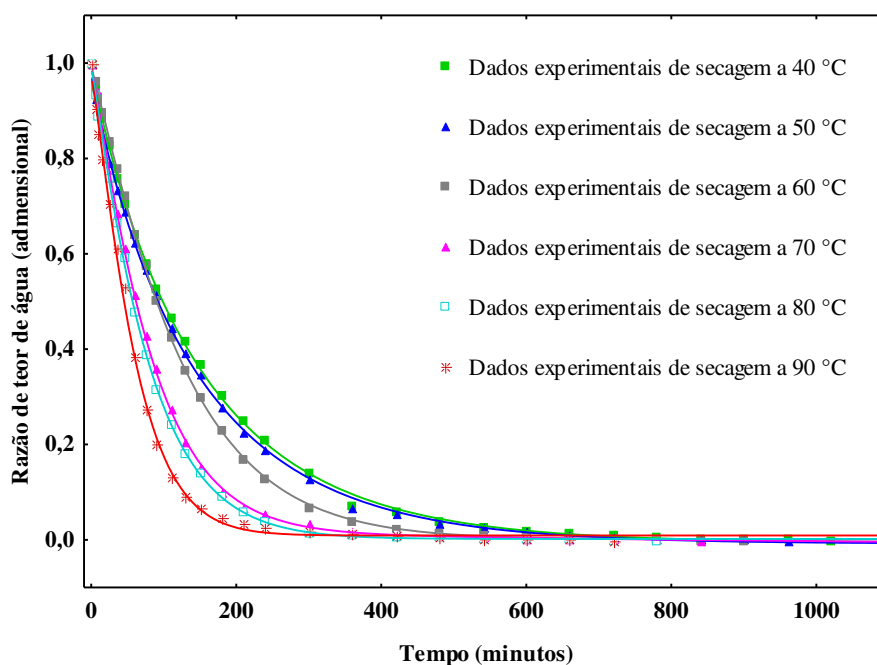


Figura 4.12. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua terceira formulação (com 15 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Cavalcanti Mata nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

Na Tabela 4.10 se encontram os valores dos parâmetros do modelo matemático de Cavalcanti Mata ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem de massa alimentícia isenta de glúten, em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C, contendo os valores dos coeficientes de determinação (R^2) e do desvio quadrático médio (DQM). Observa-se que o modelo representou satisfatoriamente os dados experimentais, pois apresentou coeficientes de determinação superiores a 0,998 e DQM inferior a 0,59, em todos os tratamentos estudados. Observa-se que o valor dos parâmetros "K" e "d" tiveram tendências de aumento com o aumento da temperatura para todas as formulações, como também o valor do parâmetro "a" para a formulação com 5 % de fécula de mandioca; do parâmetro "b" para a formulação de 15%; do parâmetro "c" para a formulação de 10% e do parâmetro "e" para a formulação de 5 e 15%. SILVA (2009), que realizou a cinética de secagem do resíduo da algaroba, com ajuste pelos modelos de Page, Thompson e Cavalcanti Mata nas temperaturas de secagem de 50, 60, 70 e 80°C, observaram melhor ajuste para o modelo Cavalcanti Mata em todas as suas amostras.

Tabela 4.10. Parâmetros e coeficientes de determinação (R^2) do modelo de Cavalcanti Mata para as massa alimentícia isenta de glúten em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

Formulações	Temp. (°C)	Parâmetros						R^2	DQM
		a	K	b	c	d	e		
5	40	0,491939	0,003371	1,108410	0,492082	1,108417	-0,003904	0,99955	0,5209
	50	1,388086	0,009285	0,918548	-0,402083	0,849366	0,009036	0,99967	0,5003
	60	0,485508	0,004215	1,137945	0,488674	1,137911	0,001474	0,99948	0,4958
	70	0,973562	0,001542	1,352783	-0,586854	0,361592	0,583235	0,99817	0,5168
	80	0,499169	0,009224	1,099324	0,489380	1,098286	0,004380	0,99978	0,4484
	90	0,626376	0,016267	0,987270	0,372384	1,212806	0,005452	0,99898	0,4089
10	40	1,003008	0,001487	1,159956	-0,913364	0,146859	0,886952	0,99879	0,5865
	50	0,500732	0,015112	0,867838	0,500704	0,867815	-0,000698	0,99979	0,4777
	60	0,965390	0,003455	1,167941	0,925689	0,348343	-0,891757	0,99996	0,5152
	70	0,497582	0,006728	1,091484	0,497582	1,091484	0,001753	0,99985	0,4819
	80	0,488276	0,006500	1,169139	0,488276	1,169139	0,006464	0,99953	0,4546
	90	0,904928	0,012274	1,107975	2,157936	0,199625	-2,06301	0,99987	0,4159
15	40	0,499983	0,009317	0,934982	0,499965	0,934975	-0,005751	0,99965	0,4937
	50	0,592378	0,010517	0,917476	0,395265	0,917207	-0,008236	0,99953	0,4880
	60	0,494570	0,004583	1,111878	0,494570	1,111878	0,001176	0,99990	0,5062
	70	0,053088	0,006673	0,706475	0,961833	1,128446	-0,024775	0,99978	0,4649
	80	0,494531	0,008081	1,098647	0,494531	1,098647	0,001814	0,99983	0,4627
	90	0,480416	0,006625	1,211336	0,480416	1,211336	0,009068	0,99848	0,4397

Estão representadas nas Figuras 4.13, 4.14 e 4.15, as curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Thompson nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C, aos dados experimentais. Observa-se que a maior temperatura promoveu uma redução do teor de água mais intenso e mais rápido que as menores temperaturas, o que também foi observado por VILLENEUVE & GÉLINAS (2007) que estudaram a cinética de secagem da massa inteira de trigo duro de acordo com a temperatura e a umidade relativa; e essa redução ocorre principalmente no início do processo de secagem.

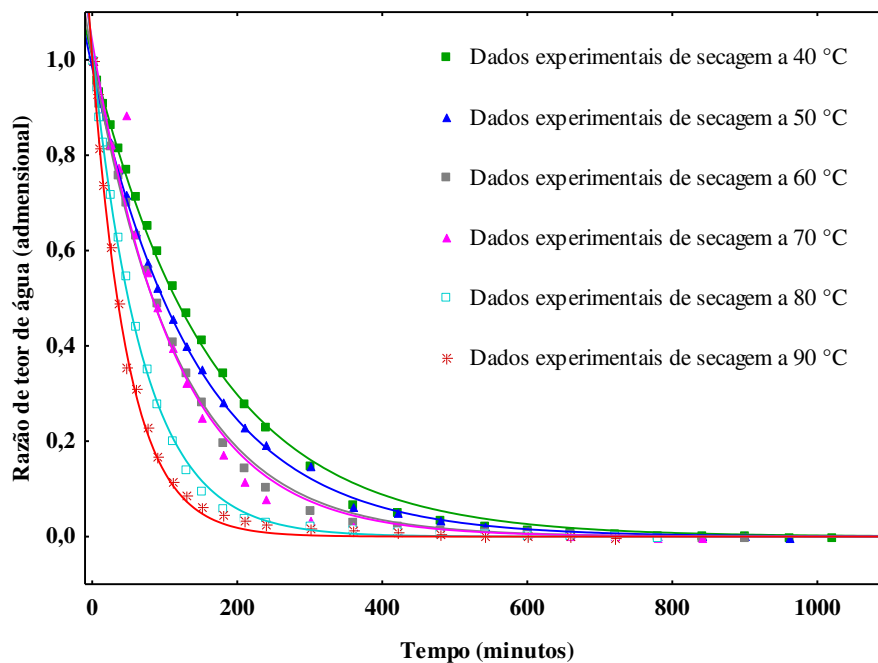


Figura 4.13. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua primeira formulação (com 5 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Thompson nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

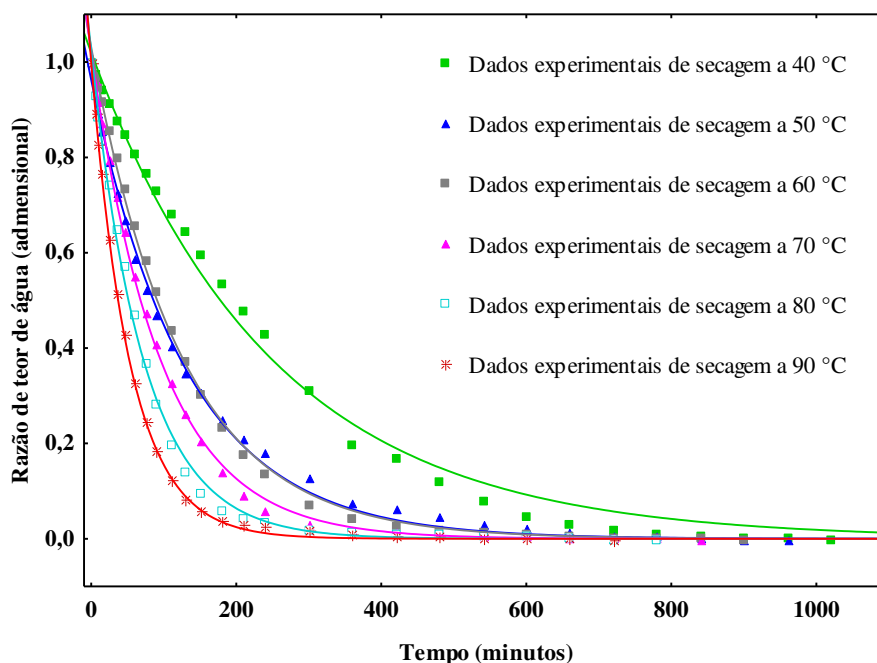


Figura 4.14. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua segunda formulação (com 10 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Thompson nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

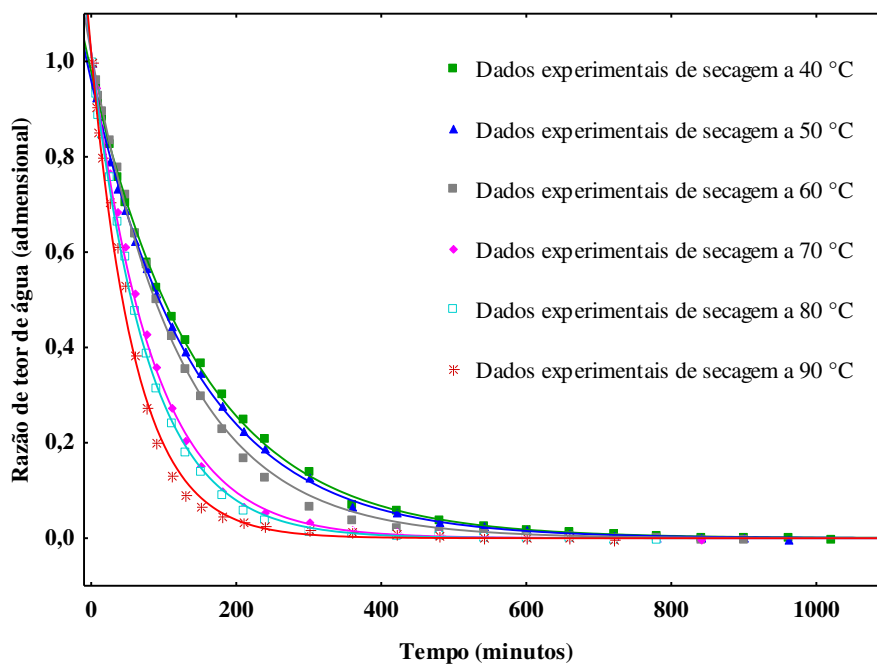


Figura 4.15. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua terceira formulação (com 15 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Thompson nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

Na Tabela 4.11 se encontram os valores dos parâmetros do modelo matemático de Thompson ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C, os valores dos coeficientes de determinação (R^2) e do desvio quadrático médio (DQM). Observa-se que o modelo representou parcialmente os dados experimentais, pois apresentou coeficientes de determinação acima de 0,98 e os desvios quadráticos médios foram inferiores a 0,59 em todos os tratamentos estudados. Observa-se que o valor do parâmetro "a" se apresenta na forma negativa e aumentou com o incremento da temperatura; já o parâmetro "b" tem valores maiores que 1 apresentou tendência aleatória com a variação da temperatura. DANTAS *et al.* (2015) realizaram a modelagem matemática do processo de secagem de massa alimentícia integral nas temperaturas de 40, 55 e 60 °C e utilizaram os modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli, obtendo melhor ajuste para o modelo de Midilli.

Tabela 4.11. Parâmetros e coeficientes de determinação (R^2) do modelo de Thompson para a massa alimentícia isenta de glúten em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

Formulações	Temp. (°C)	Parâmetros		R^2	DQM
		a	b		
5	40	-660,284	2,013435	0,99843	0,5210
	50	-565,761	1,966380	0,99953	0,5003
	60	-477,299	2,014938	0,99824	0,4958
	70	-471,465	2,076577	0,98630	0,5164
	80	-283,078	2,034488	0,99911	0,4484
	90	-198,388	2,005059	0,99781	0,4089
10	40	-1018,91	2,039278	0,99407	0,5865
	50	-504,115	1,923843	0,99796	0,4777
	60	-518,078	2,060378	0,99860	0,5152
	70	-389,280	2,039299	0,99923	0,4818
	80	-293,316	2,043719	0,99783	0,4546
	90	-213,407	1,994823	0,99956	0,4159
15	40	-583,626	1,955749	0,99935	0,4937
	50	-551,699	1,917376	0,99907	0,4879
	60	-503,008	2,033569	0,99898	0,5062
	70	-344,252	2,035307	0,99900	0,4649
	80	-317,378	2,030885	0,99911	0,4626
	90	-246,227	2,031940	0,99614	0,4397

Nas Figuras 4.16, 4.17 e 4.18 se encontram, as curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em suas três formulações (5, 10 e 15 %), respectivamente, com ajuste do modelo matemático de Fick nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C, aos dados experimentais. O aumento da temperatura proporciona diminuição do tempo de secagem também observada por BAKKER (2010) que realizou a secagem de espaguete a altas temperaturas (80 e 90 °C) e a redução do teor de água é maior na temperatura mais elevada e nos primeiros minutos do processo de secagem.

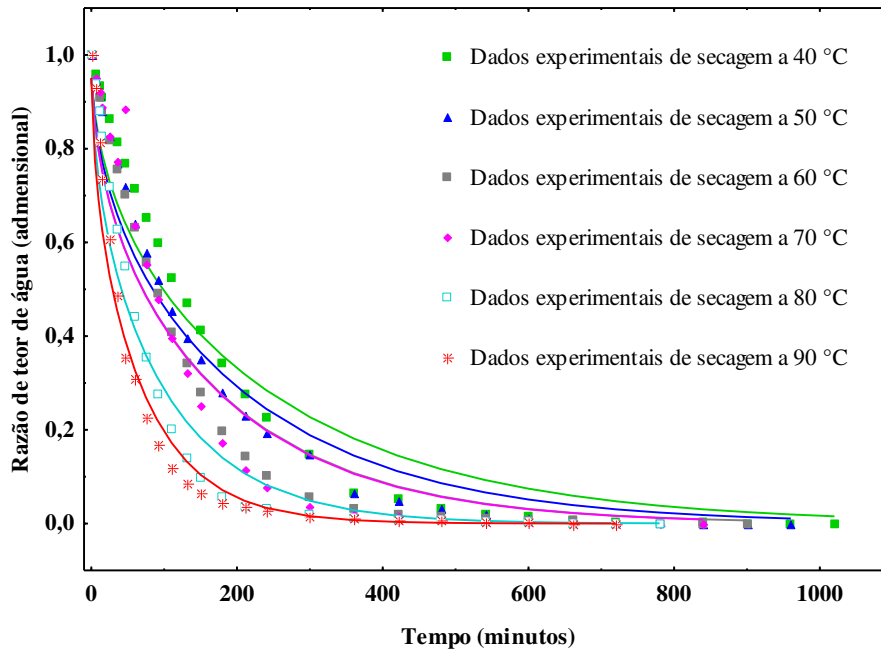


Figura 4.16. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua primeira formulação (com 5 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Fick nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

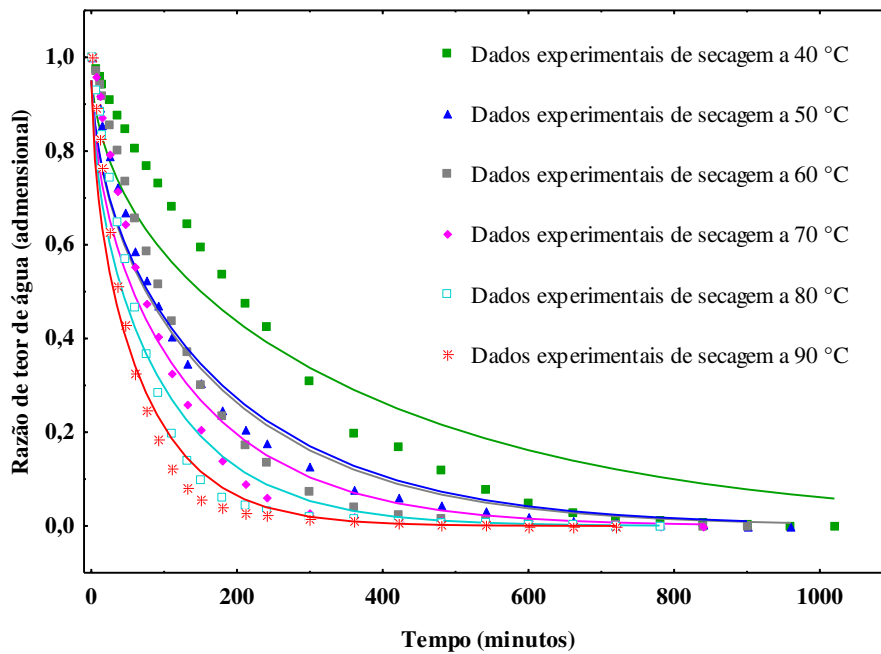


Figura 4.17. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua segunda formulação (com 10 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Fick nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

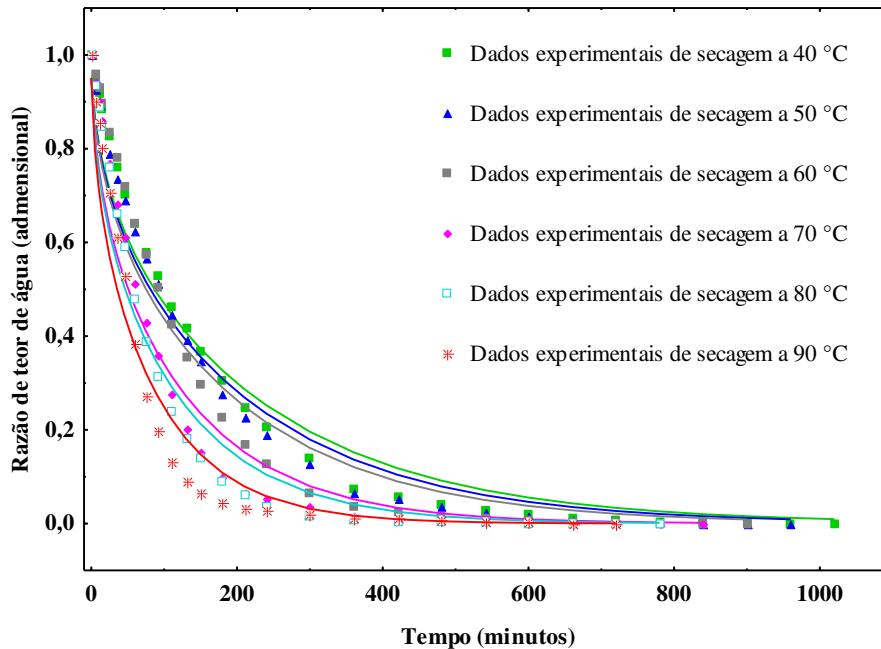


Figura 4.18. Curvas de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em sua terceira formulação (com 15 % de fécula de mandioca), com ajuste do modelo matemático de Fick nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

Na Tabela 4.12 se encontram os valores dos parâmetros do modelo matemático de Fick ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem para as massas alimentícias isentas de glúten em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C, os valores dos coeficientes de determinação (R^2) e do desvio quadrático médio (DQM). Observa-se que o modelo representou parcialmente os dados experimentais, pois apresentou coeficientes de determinação, entre 0,92 e 0,98 e os desvios quadráticos médios foram inferiores a 0,47. Observa-se que o valor do coeficiente de difusividade aumenta com o aumento da temperatura de secagem. O que também foi observado por MENEZES *et al.* (2013) que estudaram a difusividade do bagaço do maracujá e encontraram para as temperaturas de 35, 45, 55 e 65 °C os valores de $0,81 \cdot 10^{-9}$; $1,13 \cdot 10^{-9}$; $1,62 \cdot 10^{-9}$ e $2,11 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

Tabela 4.12. Parâmetros e coeficientes de determinação (R^2) do modelo de Fick para as massas alimentícias isentas de glúten em suas três formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

Formulações	Temp. (°C)	Parâmetro	R^2	DQM
		D_{ef} (m^2/s)		
5	40	$3,07 \times 10^{-11}$	0,95377	0,4235
	50	$3,58 \times 10^{-11}$	0,96956	0,4212
	60	$4,26 \times 10^{-11}$	0,95576	0,4049
	70	$4,30 \times 10^{-11}$	0,92621	0,4071
	80	$7,33 \times 10^{-11}$	0,95800	0,3624
	90	$10,44 \times 10^{-11}$	0,96952	0,3401
10	40	$2,00 \times 10^{-11}$	0,92769	0,4648
	50	$3,87 \times 10^{-11}$	0,98065	0,4155
	60	$4,02 \times 10^{-11}$	0,94644	0,4100
	70	$5,23 \times 10^{-11}$	0,95506	0,3885
	80	$7,08 \times 10^{-11}$	0,95303	0,3653
	90	$9,83 \times 10^{-11}$	0,96925	0,3456
15	40	$3,48 \times 10^{-11}$	0,97293	0,4182
	50	$3,72 \times 10^{-11}$	0,97860	0,4231
	60	$4,01 \times 10^{-11}$	0,95299	0,4091
	70	$5,96 \times 10^{-11}$	0,95669	0,3761
	80	$6,51 \times 10^{-11}$	0,95704	0,3747
	90	$8,52 \times 10^{-11}$	0,95358	0,3559

Avaliando os quatro modelos matemáticos testados pode-se concluir que os modelos de Page e Cavacanti Mata se ajustaram adequadamente aos dados experimentais, pois apresentaram os melhores valores de coeficientes de determinação (R^2), superiores a 0,99 e menores valores de desvios quadráticos médios (DQM), inferiores a 0,60 em todos os tratamentos estudados; os modelos de Thompson e Fick representaram parcialmente os dados de secagem da massa alimentícia isenta de glúten, pois em algumas curvas, apresentaram coeficientes de determinação entre 0,92 a 0,98. Observou-se em todos os casos que, com o aumento da temperatura de secagem ocorre uma redução do tempo de secagem até que a amostra atinja o equilíbrio, a perda de água

das amostras é mais intensa no início da secagem e proporcional à temperatura de secagem.

4.2.2. Energia de ativação, entalpia, entropia e energia livre de Gibbs

Nas Figuras 4.19, 4.20 e 4.21 são apresentados os valores do coeficiente de difusividade para a massa alimentícia para suas três formulações (5, 10 e 15% de fécula de mandioca) em diferentes condições de temperaturas (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Observa-se que a energia de ativação diminuiu com o aumento do percentual de mandioca apresentando os valores de 28,28; 27,70 e 19,29 kJ mol⁻¹ para as formulações de 5, 10 e 15% de fécula de mandioca, respectivamente. De acordo com CORRÊA *et al.* (2007), a energia de ativação é a facilidade com que as moléculas de água superam a barreira de energia durante a migração no interior do produto, desta forma observa-se que quanto mais fécula de mandioca havia na formulação da massa alimentícia isenta de glúten, mais difícil se tornou o processo de migração da água durante a secagem.

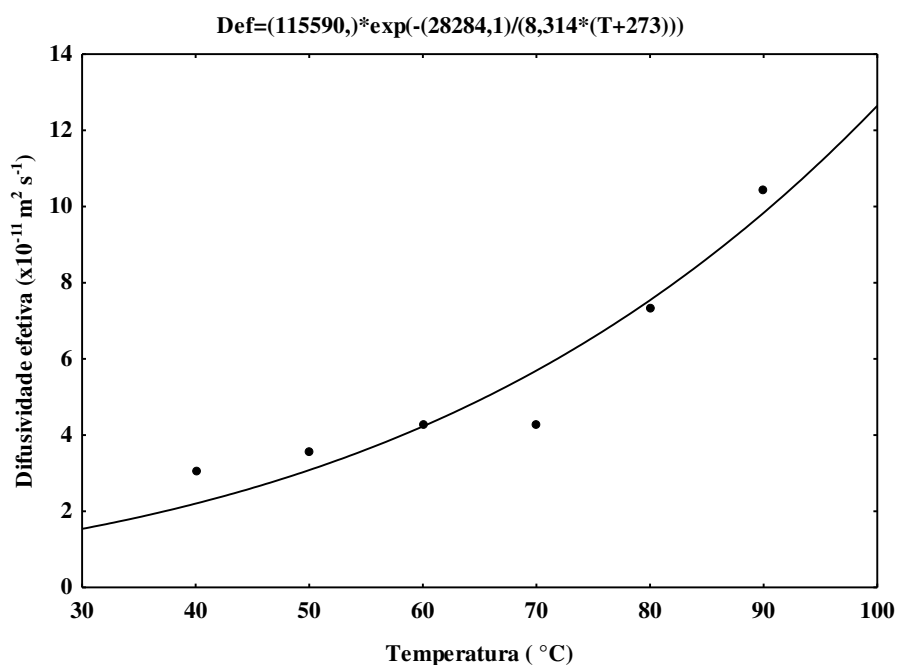


Figura 4.19. Efeito da temperatura de secagem na difusividade efetiva da massa alimentícia isenta de glúten em sua primeira formulação (com 5% de fécula de mandioca).

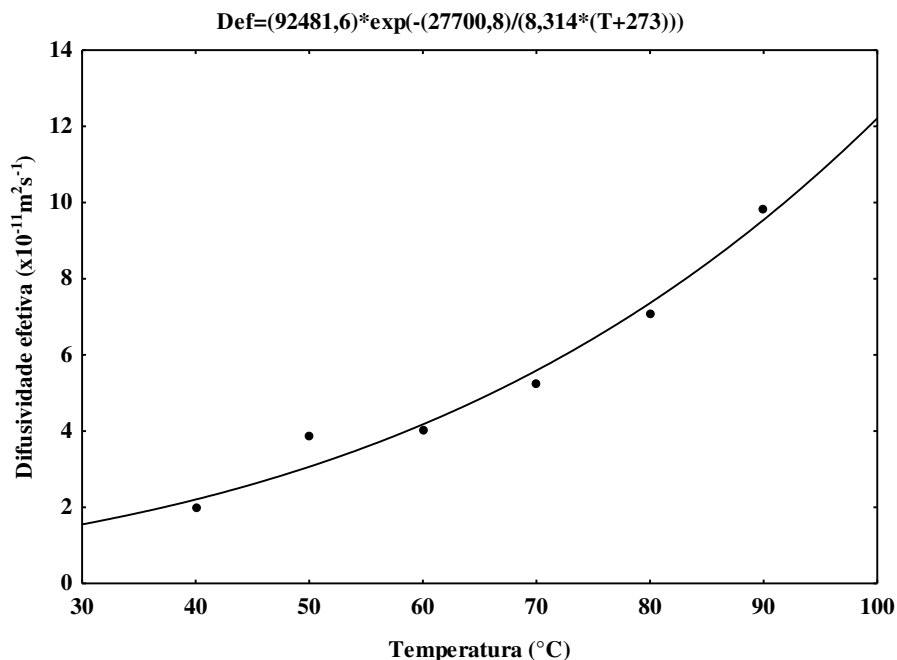


Figura 4.20. Efeito da temperatura de secagem na difusividade efetiva da massa alimentícia isenta de glúten em sua segunda formulação (com 10% de fécula de mandioca).

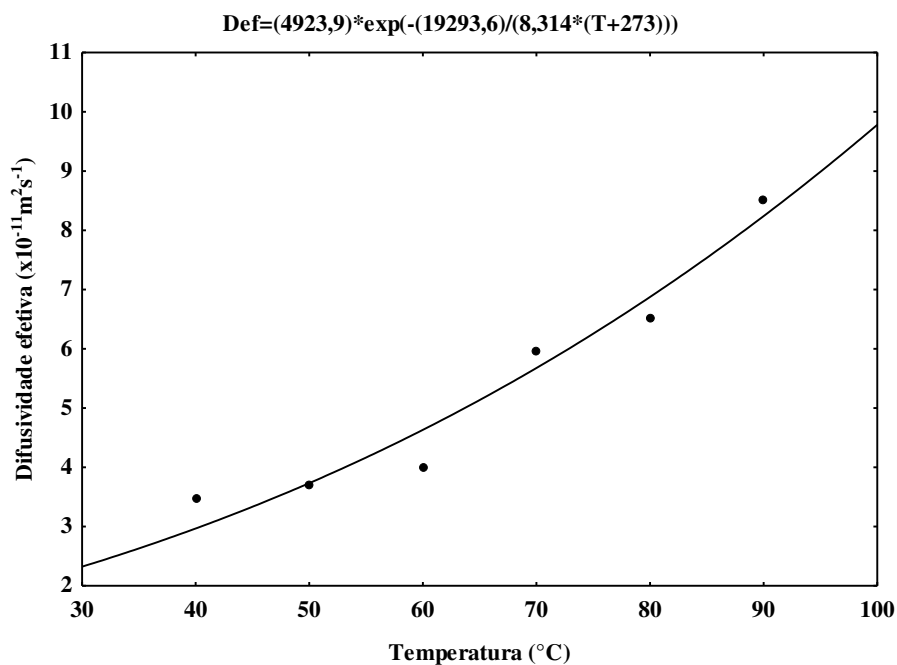


Figura 4.21. Efeito da temperatura de secagem na difusividade efetiva da massa alimentícia isenta de glúten em sua terceira formulação (com 15% de fécula de mandioca).

As propriedades termodinâmicas entalpia, entropia, energia livre de Gibbs encontradas no processo de secagem da massa alimentícia isenta de glúten em suas

diferentes formulações (5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C são apresentados na Tabela 4.13.

Observa-se que numa mesma temperatura quanto maior o percentual de fécula de mandioca, menor será o valor da entalpia e que o valor da entalpia diminui com o valor da temperatura de secagem para todas as formulações estudadas, o que também foi observado por SOUSA *et al.* (2016) ao avaliarem a cinética de secagem em camada fina do arroz vermelho em casca.

Constata-se que o valor da entropia diminuiu com o aumento do percentual de fécula de mandioca e com o aumento da temperatura de secagem. Segundo JIDEANI & MPOTOKWANA (2009), isso ocorre em virtude da menor excitação das moléculas de água e aumento grau de ordem entre o sistema água e produto.

A energia livre de Gibbs aumentou com o aumento da temperatura de secagem, sendo seus valores positivos para todas as formulações e temperaturas estudadas. Segundo TELIS *et al.* (2000), quando os valores da energia livre de Gibbs forem negativos o processo é considerado espontâneo (que não requer acréscimo de energia do meio para que ocorra o processo), caso os valores forem positivos o processo é caracterizado como não espontâneo, sendo então o processo de secagem da massa alimentícia isenta de glúten considerado como não espontâneo.

Tabela 4.13. Propriedades termodinâmicas (entalpia (ΔH), entropia (ΔS) e energia livre de Gibbs (ΔG)) da massa alimentícia isenta de glúten em suas diferentes formulações (5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

Formulação (%)	Temperatura (°C)	ΔH	ΔS	ΔG
		J mol ⁻¹	J mol ⁻¹ K ⁻¹	J mol ⁻¹
5	40	25681,83	-358,97	138038,87
	50	25598,69	-359,23	141629,87
	60	25515,55	-359,48	145223,44
	70	25432,41	-359,73	148819,50
	80	25349,27	-359,97	152418,00
	90	25266,13	-360,20	156018,84
10	40	25098,53	-360,82	138035,98
	50	25015,39	-361,08	141645,52
	60	24932,25	-361,34	145257,64
	70	24849,11	-361,58	148872,25
	80	24765,97	-361,82	152489,28
	90	24682,83	-362,05	156108,68
15	40	16691,29	-385,21	137261,00
	50	16608,15	-385,47	141114,38
	60	16525,01	-385,72	144970,34
	70	16441,87	-385,97	148828,79
	80	16358,73	-386,21	152689,67
	90	16275,59	-386,44	156552,90

4.3. Caracterização físico-química

4.3.1. Teor de água

Tem-se, na Tabela 4.14, a análise de variância para o parâmetro teor de água da massa alimentícia livre de glúten, para as fontes de variação temperatura de secagem e formulação. Observa-se que não houve efeito significativo pelo teste F para as duas fontes de variação avaliadas e também para a interação entre elas.

Tabela 4.14. Análise de variância para o parâmetro teor de água da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	0,96421	0,48211	1,1057 ns
Temperatura (F ₂)	5	0,49983	0,09997	0,2293 ns
F ₁ x F ₂	10	1,64720	0,16472	0,3778 ns
Tratamentos	17	3,11124	0,18301	0,18301
Resíduo	36	15,69656	0,43602	
Total	53	18,80779		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns = não significativo

Na Tabela 4.15 se encontram os valores médios do parâmetro teor de água (% b.s.) da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que os valores não diferiram estatisticamente, o que era esperado porque as amostras foram secas artificialmente até um teor de água padrão para que fossem feitas as demais análises físico-químicas. BIERNACKA *et al.* (2017) obtiveram um valor de teor de água de 11,23% em suas amostras de massa de trigo mole enriquecido com fibra de alfarroba. TAZRART *et al.* (2016), que estudaram as propriedades de macarrão enriquecido com farinha de feijão largo observaram um teor de água em suas amostras de 11,2%. REIS (2013) em seu estudo para a produção de macarrão com adição de farinha de polpa de pescado obteve um valor próximo de teor de água de 12,90 %.

Tabela 4.15. Valores médios do parâmetro teor de água da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	13,029 aA	13,081 aA	12,929 aA	13,293 aA	13,174 aA	13,144 aA
10	13,306 aA	13,449 aA	13,832 aA	13,164 aA	13,002 aA	13,606 aA
15	13,661 aA	13,357 aA	13,219 aA	13,365 aA	13,173 aA	13,569 aA

DMS p/ colunas = 1,3165; DMS p/ linhas = 1,6215 ; CV (%) = 4,97; MG = 13,2974; PM = 13,5686

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.3.2. Cinzas

A análise de variância para o parâmetro teor de cinzas da massa alimentícia livre de glúten, encontra-se na Tabela 4.16 para as fontes de variação temperatura de secagem e formulação. Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para as duas fontes de variação avaliadas, porém a interação entre as mesmas não foi significativa.

Tabela 4.16. Análise de variância para o parâmetro teor de cinzas da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	0.01277	0.00639	12.6653 **
Temperatura (F ₂)	5	0.20962	0.04192	83.1565 **
F ₁ x F ₂	10	0.01191	0.00119	2.3629 ns
Tratamentos	17	0.23430	0.01378	27.3378 **
Resíduo	36	0.00907	0.00050	
Total	53	0.24338		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo

Os valores médios do parâmetro teor de cinzas (%) da massa alimentícia isenta de glúten, estão representados na Tabela 4.17, para as fontes de variação formulações (5, 10 e 15 %) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para todas as formulações houve uma tendência de aumento do teor de cinzas com o aumento da temperatura, porém são considerados estatisticamente iguais para a formulação com 5% de fécula de mandioca os valores obtidos para as temperaturas de 50 a 80 °C; para a formulação com 10 % de fécula de mandioca os valores obtidos para as temperaturas de 60 a 80 °C e 40 e 70 °C e para a formulação com 15 % de fécula de mandioca os valores obtidos para as temperaturas de 80 a 90 °C e 40 e 70 °C.

Analisando a influência das formulações, observa-se que somente nas temperaturas de 40 e 80 °C houve uma tendência de aumento no teor de cinzas com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia. REIS (2013), em seu estudo para a produção de macarrão com adição de farinha de polpa de pescado, obteve um valor de 0,58 % de cinzas. CICCORITTI *et al.* (2017) em seu estudo usando frações de farelo e grãos desidratados para o desenvolvimento de macarrão com alto potencial nutricional e saudável obtiveram um valor de cinzas de 0,85 %. TAZRART *et al.* (2016), que estudaram as propriedades de macarrão enriquecido com farinha de feijão largo, observaram valores de cinzas variando de 0,7 a 1,8 %. REMONATO *et al.* (2017), em seu estudo para a produção de uma massa alimentícia adicionada de farinha de batata-doce Beaugard, obtiveram um valor de 0,5 % de cinzas.

Tabela 4.17. Valores médios do parâmetro teor de cinzas da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	0,433 bC	0,548 aB	0,552 aB	0,563 aB	0,617 bB	0,726 aA
10	0,517 aC	0,553 aC	0,566 aBC	0,571 aBC	0,637 bB	0,728 aA
15	0,545 aB	0,557 aB	0,578 aB	0,583 aB	0,710 aA	0,743 aA

DMS p/ colunas = 0,0573; DMS p/ linhas = 0,0713 ; CV (%) = 3,77; MG = 0,59603; PM = 0,60230

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.3.3. Minerais

Os valores médios dos minerais (mg/100g) encontrados na massa alimentícia estão representados na Tabela 4.18. Observa-se que os minerais presentes em maiores quantidades foram potássio, fósforo e cálcio. A suplementação mineral oferecida por produtos sem glúten é essencial, pois a perda desses nutrientes é significativa, devido às diarreias e ao quadro de má absorção, característico da doença celíaca (REWERS, 2005). CUBADDA *et al.* (2009), que estudaram o efeito da moagem na fabricação de macarrão de trigo durum, observaram a presença dos seguintes minerais em suas

amostras: cálcio (200 mg/100g), cobre (2,76 mg/100g), ferro (11,3 mg/100g), potássio (2,29 mg/100g), fósforo (1,82 mg/100g) e zinco (10,3 mg/100g).

Tabela 4.18. Valores médios dos minerais encontrados na massa alimentícia isenta de glúten.

Amostra		Minerais (mg/100g)							
Form.	Temp.	K	P	Ca	Zn	Fe	Mn	Cu	Sr
5	40	187,20	133,03	86,67	4,64	3,09	1,88	0,63	0,21
	50	232,69	153,36	118,97	5,25	4,08	2,25	0,65	0,16
	60	233,69	163,55	115,13	4,05	4,00	2,38	0,52	0,28
	70	234,36	170,76	115,61	5,85	4,81	2,32	0,94	0,15
	80	262,51	179,26	126,96	5,46	5,43	2,74	0,87	0,18
	90	296,94	211,73	146,77	3,51	2,33	1,96	1,81	0,13
10	40	202,12	155,20	121,57	5,54	4,58	2,32	0,68	0,23
	50	240,94	154,74	127,27	5,27	4,54	2,25	0,66	0,35
	60	253,02	169,83	123,14	4,50	4,49	2,42	0,54	0,39
	70	240,58	179,21	117,63	8,05	5,64	2,38	0,95	0,36
	80	264,94	194,56	128,03	6,53	6,10	2,94	1,09	0,22
	90	306,002	222,723	156,638	4,334	3,381	2,842	2,354	0,266
15	40	231,918	186,450	121,940	6,995	5,586	2,542	1,125	0,324
	50	252,505	169,051	134,693	5,817	5,045	2,530	2,193	0,354
	60	255,003	169,834	126,848	4,658	5,811	2,488	0,540	0,529
	70	255,709	193,700	122,665	12,083	5,875	2,452	1,370	0,426
	80	315,748	208,009	152,817	12,206	7,356	3,398	1,193	0,398
	90	323,781	237,001	169,021	4,859	3,934	2,868	2,686	0,282

4.3.4. pH

Tem-se, a análise de variância para o parâmetro pH, da massa alimentícia livre de glúten para as fontes de variação temperatura de secagem e formulação, na Tabela 4.19. Constata-se que não houve efeito significativo pelo teste F para as duas fontes de variação avaliadas e para a interação entre elas.

Tabela 4.19. Análise de variância para o parâmetro pH da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	0,00018	0,00009	2,5789 ns
Temperatura (F ₂)	5	0,00006	0,00001	0,3368 ns
F ₁ x F ₂	10	0,00024	0,00002	0,6842 ns
Tratamentos	17	0,00048	0,00003	0,8050 ns
Resíduo	36	0,00127	0,00004	
Total	53	0,00175		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade

Na Tabela 4.20 se encontram os valores médios do parâmetro pH da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que os valores médios não diferiram estatisticamente com a alteração das formulações, nem das temperaturas estudadas. SANGUINETTI *et al.* (2015) que estudaram a influência da adição de goma xantana e goma guar nas propriedades do macarrão sem glúten observaram um valor de pH variando de 5,30 a 5,60. ROCHA *et al.* (2008) encontraram um valor próximo de 6,23 para o pH do macarrão produzido com adição de ora-pro-nóbis desidratado.

Tabela 4.20. Valores médios do parâmetro pH da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	6,3667 aA	6,3633 aA	6,3633 aA	6,3700 aA	6,3633 aA	6,3700 aA
10	6,3600 aA	6,3633 aA	6,3600 aA	6,3633 aA	6,3633 aA	6,3633 aA
15	6,3667 aA	6,3633 aA	6,3700 aA	6,3667 aA	6,3667 aA	6,3633 aA

DMS p/ colunas = 0,0118; DMS p/ linhas = 0,0146; CV (%) = 0,09; MG = 6,36481; PM = 6,36000

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.3.5. Amido

O parâmetro amido da massa alimentícia livre de glúten foi submetido a análise de variância e seus dados estão representados na Tabela 4.21, para as fontes de variação temperatura de secagem e formulação. Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para as duas fontes de variação avaliadas, porém a interação entre as mesmas não foi significativa.

Tabela 4.21. Análise de variância para o parâmetro amido da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	382,14051	191,07026	40,7500 **
Temperatura (F ₂)	5	3387,40611	677,48122	144,4880 **
F ₁ x F ₂	10	20,25927	2,02593	0,4321 ns
Tratamentos	17	3789,80589	222,92976	47,5447 **
Resíduo	36	84,39915	4,68884	
Total	53	3874,20504		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo

Os valores médios do parâmetro amido (%) da massa alimentícia isenta de glúten, se encontram na Tabela 4.22, para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para todas as formulações houve uma tendência de diminuição do teor de amido com o aumento da temperatura, porém são considerados estatisticamente iguais os valores obtidos para as temperaturas de 40 a 60 °C, 60 e 70°C e 80 e 90 °C para a formulação com 5 % de fécula de mandioca; também são estatisticamente iguais, os valores obtidos para as temperaturas de 40 e 50 °C, 50 e 60 °C, 60 e 70 °C e 80 e 90 °C, para a formulação com 10 e 15 % de fécula de mandioca; essa diminuição do teor de amido pode ter ocorrido em virtude da degradação dos seus grânulos que se intensifica com o aumento da temperatura de secagem. Observa-se também que houve uma tendência de aumento do teor de amido com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia. LORUSSO *et al.* (2017) encontrou valores 69,61 % de

amido em seu estudo em que utilizaram farinha de quinoa para fabricação de massas e avaliaram as características tecnológicas e nutricionais desse novo produto. CICCORITTI *et al.* (2017) em seu estudo usando frações de farelo e grãos desidratados para o desenvolvimento de macarrão, com alto potencial nutricional e saudável, obtiveram valores de amido variando de 62,20 até 75,07 %. TAZRART *et al.* (2016), que estudaram as propriedades de macarrão enriquecido com farinha de feijão largo, observaram um valor de amido em suas amostras variando de 56,7 a 69,2 %.

Tabela 4.22. Valores médios do parâmetro amido da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	70,03 bA	67,39 bA	63,17 bAB	58,68 bB	48,53 bC	44,73 bC
10	74,42 abA	71,70 abAB	65,17 abBC	59,17 bC	49,89 bD	45,95 bD
15	78,93 aA	74,59 aAB	70,19 aBC	65,77 aC	57,01 aD	52,64 aD

DMS p/ colunas = 5,5275; DMS p/ linhas = 6,8749 ; CV (%) = 3,49; MG = 62,11078; PM = 60,76450

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.3.6. Lipídios

Tem-se, na Tabela 4.23, a análise de variância para o parâmetro lipídios da massa alimentícia livre de glúten para as fontes de variação temperatura de secagem e formulação. Consta-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para a fonte de variação formulação, efeito significativo a 5% de probabilidade para a fonte de variação temperatura e a interação entre elas não foi estatisticamente significativa.

Tabela 4.23. Análise de variância para o parâmetro lipídeos da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	21,03715	10,51857	1153,6254 **
Temperatura (F ₂)	5	0,15461	0,03092	3,3914 *
F ₁ x F ₂	10	0,02948	0,00295	0,3234 ns
Tratamentos	17	21,22124	1,24831	136,9083 **
Resíduo	36	0,16412	0,00912	
Total	53	21,38536		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; **Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade, ns = não significativo

Na Tabela 4.24 tem-se os valores médios do parâmetro lipídeos da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para todas as formulações não houve diferença significativa no valor dos lipídeos com a alteração da temperatura de secagem. Observando a contribuição da formulação, nota-se que para todas as temperaturas estudadas houve uma redução do teor de lipídeos com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia, o que se deve ao fato desse aumento do percentual de fécula de mandioca ter como consequência a redução de farinha de arroz vermelho (matéria-prima com maior teor de lipídeos). LORUSSO *et al.* (2017) encontrou valores 2,64 % de lipídeos em seu estudo em que utilizaram farinha de quinoa para fabricação de massas e avaliaram as características tecnológicas e nutricionais desse novo produto. TAZRART *et al.* (2016) que estudaram as propriedades de macarrão enriquecido, com 10 % de farinha de feijão largo, observaram um valor de lipídeos de 1,48 %. REMONATO *et al.* (2017) em seu estudo para a produção de uma massa alimentícia adicionada de farinha de batata-doce Beaugard obtiveram um valor de 2,40 % de lipídeos.

Tabela 4.24. Valores médios do parâmetro lipídeos da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	4,2772 aA	4,2505 aA	4,2590 aA	4,2010 aA	4,1785 aA	4,1417 aA
10	3,5541 bA	3,5426 bA	3,4586 bA	3,4443 bA	3,3181 bA	3,2868 bA
15	2,4325 cA	2,3814 cA	2,3488 cA	2,3778 cA	2,3027 cA	2,2770 cA

DMS p/ colunas = 0,2437; DMS p/ linhas = 0,3032; CV (%) = 2,86; MG = 3,33511; PM = 3,27335

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.3.7. Proteínas

Na Tabela 4.25, observa-se a análise de variância para o parâmetro proteínas da massa alimentícia livre de glúten, para as fontes de variação temperaturas de secagem (40, 50, 60, 70, 80, e 90 °C) e formulações (5, 10 e 15 % de fécula de mandioca). Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para a fonte de variação temperatura e sua interação com a formulação, porém isoladamente a fonte de variação formulação foi considerada estatisticamente não significativa.

Tabela 4.25. Análise de variância para o parâmetro proteínas da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	0,01384	0,00692	1,1666 ns
Temperatura (F ₂)	5	0,59818	0,11964	20,1673 **
F ₁ x F ₂	10	0,00887	0,00089	0,1495 **
Tratamentos	17	0,62089	0,03652	6,1567 **
Resíduo	36	0,21356	0,00593	
Total	53	0,83445		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo

Os valores médios do parâmetro proteínas (%) da massa alimentícia isenta de glúten, estão dispostos na Tabela 4.26, para as fontes de variação formulações (5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para todas as formulações houve uma tendência de diminuição do teor de proteínas com o aumento da temperatura, porém são considerados estatisticamente iguais para a formulação com 5% de fécula de mandioca os valores obtidos para as temperaturas de 40 a 60 °C, 50 a 70 °C, 60 a 80 °C e 70 a 90 °C; também foram estatisticamente iguais, para a formulação com 10 % de fécula de mandioca os valores obtidos para as temperaturas de 40 a 70 °C, 60 a 80 °C e 70 a 90 °C e para a formulação com 15 % de fécula de mandioca foram estatisticamente iguais os valores obtidos para as temperaturas de 40 a 70 °C, 50 a 80 °C e 60 a 90 °C. Já quando observa-se nas colunas, nota-se que não houve variação significativa do teor de proteínas com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia. Segundo a RDC n. 54, de 12 de Novembro (BRASIL, 2012) é necessário um mínimo de 6% de proteína para ser considerado um alimento “fonte de proteína”, dessa forma, todas as amostras de macarrão isento de glúten não podem ser consideradas fonte de proteína. REMONATO *et al.* (2017) em seu estudo para a produção de uma massa alimentícia adicionada de farinha de batata-doce Beaugard, obtiveram um valor superior de 12% de proteínas. MENEGASSI & LEONEL (2005) observaram um valor de proteínas de 3,63 e 14,47% para massas de macarrão suplementados com farinha de mandioca e farinha de mandioca-salsa, respectivamente.

Tabela 4.26. Valores médios do parâmetro proteínas da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	1,383 aA	1,285 aAB	1,242 aABC	1,148 aBCD	1,070 aCD	1,047 aD
10	1,299 aA	1,271 aA	1,225 aAB	1,135 aABC	1,067 aBC	1,031 aC
15	1,289 aA	1,245 aAB	1,203 aABC	1,127 aABC	1,057 aBC	1,022 aC

DMS p/ colunas = 0,1536; DMS p/ linhas = 0,1891 ; CV (%) = 6,56 ; MG = 1,17482; PM = 1,19010

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.3.8. Carboidratos totais

Tem-se, na Tabela 4.27, a análise de variância para o parâmetro carboidratos totais da massa alimentícia livre de glúten, para as fontes de variação temperatura de secagem e formulação. Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para a fonte de variação formulação, porém para a temperatura de secagem e interação entre as fontes de variação, não foram observadas diferenças significativas.

Tabela 4.27. Análise de variância para o parâmetro carboidratos totais da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	22,64618	11,32309	27,0141 **
Temperatura (F ₂)	5	1,29896	0,25979	0,6198 ns
F ₁ x F ₂	10	1,45903	0,14590	0,3481 ns
Tratamentos	17	25,40417	1,49436	3,5652 **
Resíduo	36	15,08957	0,41915	
Total	53	40,49375		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo

Os valores médios do parâmetro carboidratos totais (%) da massa alimentícia isenta de glúten, podem ser visualizados na Tabela 4.28, para as duas fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para todas as formulações não houve variação significativa do teor de carboidratos totais com a variação da temperatura de secagem. Analisando as colunas observa-se que em todas as temperaturas houve aumento do teor de carboidratos com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia. ROCHA *et al.* (2008) encontraram um valor inferior de 64,96 para o teor de carboidratos do macarrão produzido com adição de ora-pro-nóbis desidratado. REMONATO *et al.* (2017), em seu estudo para a produção de uma massa alimentícia

adicionada de farinha de batata-doce Beaugard, obtiveram um valor de 76,60 % de carboidratos.

Tabela 4.28. Valores médios do parâmetro carboidratos totais da massa alimentícia isenta de glúten, para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	80,88 bA	80,83 bA	81,01 bA	80,82 bA	80,96 bA	80,93 bA
10	81,33 aA	81,18 abA	80,99 bA	81,68 abA	81,97 abA	81,33 abA
15	82,12 aA	82,38 aA	82,63 aA	82,47 aA	82,78 aA	82,39 aA

DMS p/ colunas = 1,2908; DMS p/ linhas = 1,5899; CV (%) = 0,79; MG = 81,59520; PM = 81,80215

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.3.9. Valor calórico total

A análise de variância para o parâmetro valor calórico total da massa alimentícia livre de glúten, está representada na Tabela 4.29, para as fontes de variação temperatura de secagem e formulação. Observa-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para a fonte de variação formulação, porém para a temperatura de secagem e interação entre as fontes de variação, não foram estatisticamente significativas.

Tabela 4.29. Análise de variância para o parâmetro valor calórico total da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	1018,49539	509,24769	72,0547 **
Temperatura (F ₂)	5	30,23469	6,04694	0,8556 ns
F ₁ x F ₂	10	26,98420	2,69842	0,3818 ns
Tratamentos	17	1075,71428	63,27731	8,9533 **
Resíduo	36	254,43072	7,06752	
Total	53	1330,14501		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo

Na Tabela 4.30, se encontram os valores médios (dados em Kcal/100g) do parâmetro valor calórico da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para todas as formulações não houve diferença estatística no valor calórico das amostras com a variação da temperatura de secagem. Analisando a contribuição da formulação, observa-se que em todas as temperaturas houve uma tendência de redução do valor calórico com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia, em virtude da farinha de arroz vermelho ser mais rica em lipídeos e proteínas do que a fécula. ROCHA *et al.* (2008) encontraram um valor um pouco inferior de 338,22 Kcal/100g para o valor calórico do macarrão produzido com adição de ora-pro-nóbis desidratado. TOMICKI *et al.* (2015) que estudaram um macarrão isento de glúten produzido a partir de diferentes proporções de farinha de milho e farinha de arroz observou um valor calórico total variando entre 231,3 a 273,9 Kcal/100g. OLIVEIRA (2014) que estudou as propriedades de um macarrão enriquecido com farinha de linhaça observou um valor calórico total variando entre 318 a 360 Kcal/100g nas diferentes formulações propostas.

Há uma relação diretamente proporcional entre o teor de lipídio e seu valor calórico, quanto mais elevado o índice de lipídio maior será seu valor calórico total. O teor lipídico, proteico e de carboidratos da massa alimentícia, fornece em média 18,05% das necessidades calóricas de uma dieta de 2.000 Kcal de um indivíduo adulto.

Tabela 4.30. Valores médios do parâmetro valor calórico total da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	367,54 aA	366,73 aA	367,37 aA	365,58 aA	365,73aA	365,23 aA
10	362,48 aA	361,71 aA	359,70 bA	362,28 aA	362,03 aA	359,10 bA
15	355,34 bA	356,25 bA	356,56 bA	356,09 bA	355,98 bA	354,14 bA

DMS p/ colunas = 5,3004; DMS p/ linhas = 6,5283; CV (%) = 0,74; MG = 361,10192; PM = 361,38295

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio
 Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.10. Fibras

Tem-se, na Tabela 4.31, a análise de variância para o parâmetro fibras da massa alimentícia livre de glúten para as fontes de variação temperatura de secagem e formulação. Consta-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para a fonte de variação formulação, efeito significativo a 5 % de probabilidade para a temperatura de secagem e a interação entre elas não foi considerada estatisticamente significativa.

Tabela 4.31. Análise de variância para o parâmetro fibras da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	1,65522	0,82761	15,8694 **
Temperatura (F ₂)	5	1,03560	0,20712	3,9715 *
F ₁ x F ₂	10	1,17008	0,11701	2,2436 ns
Tratamentos	17	3,86089	0,22711	4,3549 **
Resíduo	36	0,93872	0,05215	
Total	53	4,79961		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo

Na Tabela 4.32 se encontram os valores médios do parâmetro fibras (%) da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para a formulação de 5% houve um aumento do teor de fibras significativo apenas na temperatura de 90 °C, pois nas demais temperaturas dessa formulação os valores obtidos são considerados estatisticamente iguais e nas formulações de 10 e de 15 % não houve diferença estatística com a variação da temperatura. Analisando as colunas observa-se que somente na temperatura de 90 °C

houve uma tendência de diminuição no teor de fibras com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia. Segundo a RDC n. 54, de 12 de Novembro (BRASIL, 2012) é necessário um mínimo de 3 % para ser considerado um alimento “fonte de fibra”, dessa forma, todas as amostras de macarrão isento de glúten podem ser consideradas fontes de fibra alimentar. LORUSSO *et al.* (2017) encontraram valores 4,64 % de fibras em seu estudo que utilizaram farinha de quinoa para fabricação de massas e avaliaram as características tecnológicas e nutricionais desse novo produto. CICCORITTI *et al.* (2017) em seu estudo usando frações de farelo e grãos desidratados para o desenvolvimento de uma massa alimentícia com alto potencial nutricional e saudável obtiveram um valor de fibras de 3,63 %. REMONATO *et al.* (2017) em seu estudo para a produção de uma massa alimentícia adicionada de farinha de batata-doce Beauregard obtiveram um valor de 2,3 % de fibras. TOMICKI *et al.* (2015) que estudaram uma massa alimentícia isenta de glúten produzida a partir de diferentes proporções de farinha de milho e farinha de arroz observaram um valor variando entre 0,61 a 0,84 % de fibras.

Tabela 4.32. Valores médios do parâmetro fibras da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	4,0452 aB	4,0785 aB	4,1026 aB	4,1115 aB	4,3975 aB	5,2322 aA
10	3,9245 aA	3,9271 aA	3,9526 aA	3,9817 aA	4,0121 aA	4,0347 bA
15	3,7209 aA	3,7221 aA	3,8166 aA	3,8607 aA	3,8701 aA	3,9021 bA

DMS p/ colunas = 0,5829; DMS p/ linhas = 0,7250; CV (%) = 5,65; MG = 4,03846; PM = 4,46000

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.3.11. Compostos fenólicos

Os dados de compostos fenólicos foram submetidos a análise de variância que gerou as informações da Tabela 4.33, para as fontes de variação temperatura de

secagem e formulação. Consta-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para as duas fontes de variação avaliadas e para a interação entre elas.

Tabela 4.33. Análise de variância para o parâmetro compostos fenólicos da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	124840,66	62420,33	374,7930 **
Temperatura (F ₂)	5	31852,96	6370,59	38,2512 **
F ₁ x F ₂	10	11616,28	1161,63	6,9748 **
Tratamentos	17	168309,90	9900,58	59,4465 **
Resíduo	36	5995,66	166,546	
Total	53	174305,56		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade

Na Tabela 4.34 se encontram os valores médios do parâmetro compostos fenólicos (dados em mg de ácido gálico/100g de amostra) da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para todas as formulações houve uma tendência de aumento de compostos fenólicos com o aumento da temperatura, porém são considerados estatisticamente iguais, para as formulações com 5 e 10% de fécula de mandioca os valores obtidos para as temperaturas de 40 a 70 °C, 50 a 80 °C e 60 a 90 °C, também são estatisticamente iguais para a formulação com 15 % de fécula de mandioca os valores obtidos para as temperaturas de 60 a 90 °C. Analisando nas colunas observa-se que em todas as temperaturas houve uma tendência de diminuição dos compostos fenólicos com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia, o que era esperado em virtude do maior teor de compostos fenólicos presente na farinha de arroz vermelho e não na fécula de mandioca. KHAN *et al.* (2013) estudaram uma massa alimentícia enriquecida com sorgo e observaram quantidades próximas de compostos fenólicos, variando de 109 a 236 mg de ácido gálico/100g de amostra. RODRÍGUEZ DE MARCO *et al.* (2014), que estudaram o efeito da biomassa da spirulina na qualidade tecnológica e nutricional da massa de trigo, detectaram um valor de compostos fenólicos de 408 mg

de ácido gálico/100g de amostra. SECZYK *et al.* (2016) obtiveram um valor de compostos fenólicos de 351 mg de ácido gálico/100g de amostra ao estudarem o efeito da alfarrobeira no potencial antioxidante, qualidade nutricional e características sensoriais de sua massa alimentícia. ORLANDIN (2016) observou em seu estudo desenvolvimento e avaliação da qualidade de massas alimentícias sem glúten à base de farinhas de sorgo um teor de compostos fenólicos variando de 25,2 a 69,9 mg de ácido gálico/100g de amostra.

Tabela 4.34. Valores médios do parâmetro compostos fenólicos da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	224,6aC	232,1aBC	245,8aABC	249,5aABC	262,7 aAB	274,1aA
10	184,0bC	188,7bBC	198,9bABC	206,2bABC	218,2bAB	220,8bA
15	55,0cC	87,2cB	153,2cA	157,7cA	160,2 cA	174,6cA

DMS p/ colunas = 25,73; DMS p/ linhas = 31,69; CV (%) = 6,6; MG = 194,09; PM = 167,14

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4. Análises específicas do cozimento

4.4.1. Tempo de cozimento

A análise de variância para o parâmetro tempo de cozimento da massa alimentícia, encontra-se na Tabela 4.35, para as duas fontes de variação estudadas (temperatura de secagem e formulação). Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para as duas fontes de variação avaliadas, já a interação elas não foi estatisticamente significativa.

Tabela 4.35. Análise de variância para o parâmetro tempo de cozimento da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	0,69410	0,34705	9,8190 **
Temperatura (F ₂)	5	18,94142	3,78828	107,1817 **
F ₁ x F ₂	10	0,17749	0,01775	0,5022 ns
Tratamentos	17	19,81301	1,16547	32,9746 **
Resíduo	36	0,63620	0,03534	
Total	53	20,44921		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo

Na Tabela 4.36 se encontram os valores médios do parâmetro tempo de cozimento (dados em minutos) da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para todas as formulações houve uma tendência de diminuição do tempo de cozimento com o aumento da temperatura de secagem, porém são considerados estatisticamente iguais, para a formulação com 5 % de fécula de mandioca, os valores obtidos para as temperaturas de 40 e 50 °C, 60 a 80 °C e 80 e 90 °C; para a formulação de 10 % os valores obtidos para as temperaturas de 40 e 50 °C e 60 a 80 °C e para a formulação com 15 % de fécula de mandioca, os valores obtidos para as temperaturas de 60 e 70 °C, 70 e 80 °C e 80 e 90 °C. Verifica-se também que somente na temperatura de 40 °C houve uma tendência significativa de aumento no do tempo de cozimento com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia. SUSANNA & PRABHASANKAR (2013) observaram em seu estudo, na produção de macarrão sem glúten com a adição de goma xantana, um tempo menor de cozimento, 5,27 minutos. SILVA *et al.* (2016), que avaliaram a qualidade de um macarrão sem glúten preparado com arroz integral e mistura de milho através de extrusão termoplástica, observaram um tempo de cozimento que variou de 5,20 a 11,30 minutos. ZANDONADI *et al.* (2012) que estudaram uma alternativa para uma dieta sem glúten utilizando massa de banana verde obervaram um tempo de cozimento de 8 minutos em sua amostra.

Tabela 4.36. Valores médios do parâmetro tempo de cozimento da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	11,166bA	10,758aA	10,091aB	9,841aB	9,591aBC	9,200aC
10	11,308abA	10,991aA	10,108aB	9,891aB	9,891aB	9,291aC
15	11,767aA	11,142aB	10,450aC	10,058aCD	9,725aD	9,500aD

DMS p/ colunas = 0,4799; DMS p/ linhas = 0,5969; CV (%) = 1,83; MG = 10,25322; PM = 10,45850

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4.2. Aumento de volume

Tem-se, na Tabela 4.37, a análise de variância para o parâmetro aumento de volume da massa alimentícia para as fontes de variação temperatura de secagem (40 a 90 °C) e formulação (com 5 a 15 % de fécula de mandioca). Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para as duas fontes de variação avaliadas, já a interação elas não foi estatisticamente significativa.

Tabela 4.37. Análise de variância para o parâmetro aumento de volume da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	1772,60091	886,30046	8,2391 **
Temperatura (F ₂)	5	29049,10104	5809,82021	54,0087 **
F ₁ x F ₂	10	478,75270	47,87527	0,4451 ns
Tratamentos	17	31300,45465	1841,20321	17,1160 **
Resíduo	36	1936,29544	107,57197	
Total	53	33236,75010		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo

Na Tabela 4.38 se encontram os valores médios do parâmetro aumento de volume (%) da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Constata-se que para todas as formulações houve uma tendência de redução do parâmetro aumento de volume com o aumento da temperatura, porém são considerados estatisticamente iguais os valores obtidos para as temperaturas de 40 e 50 °C, 50 e 60 °C, 60 a 80 °C e 70 a 90 °C. Verifica-se também que, em todas as temperaturas de secagem, não houve variação significativa do aumento de volume com a mudança da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia em cada formulação estudada. Conforme HUMMEL (1966) uma massa de boa qualidade deve ter um aumento de volume de 2 a 3 vezes em relação ao volume inicial, o que aconteceu na maioria das massas em estudo. SILVA *et al.* (2016), que avaliaram a qualidade de um macarrão sem glúten preparado com arroz integral e mistura de milho, através de extrusão termoplástica, observaram um aumento de volume que variou de 25 a 100% nos diferentes tratamentos propostos. ZANDONADI *et al.* (2012), que estudaram uma alternativa para uma dieta sem glúten utilizando massa de banana verde, observaram um aumento de volume 452,38 % em sua amostra. FERREIRA *et al.* (2016), que utilizaram sorgo, arroz, flocos de milho, amido de batata para a preparação de macarrão sem glúten, observaram um aumento de volume que variou de 256,47 a 286,00 % em suas amostras.

Tabela 4.38. Valores médios do parâmetro aumento de volume da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	287,5aA	256,2aAB	239,3aBC	218,7aCD	208,3aCD	200,0aD
10	265,3aA	253,6aAB	231,2aBC	212,5aCD	207,1aCD	193,7aD
15	262,5aA	250,0aAB	219,8aBC	206,2aCD	187,3aCD	181,2aD

DMS p/ colunas = 26,4754; DMS p/ linhas = 32,9292; CV (%) = 4,57; MG = 226,70856; PM = 237,500

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4.3. Perda de sólidos solúveis

Tem-se, na Tabela 4.39, a análise de variância para o parâmetro perda de sólidos solúveis da massa alimentícia livre de glúten para as fontes de variação temperatura de secagem e formulação. Consta-se efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste F para a fonte de variação formulação, 1% de probabilidade para a temperatura e a interação entre elas não foi significativa.

Tabela 4.39. Análise de variância para o parâmetro perda de sólidos solúveis da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	2,89928	1,44964	4,7620 *
Temperatura (F ₂)	5	98,04788	19,60958	64,4169 **
F ₁ x F ₂	10	3,85027	0,38503	1,2648 ns
Tratamentos	17	104,79742	6,16455	20,2504 **
Resíduo	36	5,47950	0,30442	
Total	53	110,27692		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo

Na Tabela 4.40 se encontram os valores médios do parâmetro perda de sólidos solúveis (%) da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para todas as formulações houve uma tendência de aumento da perda de sólidos com o aumento da temperatura, porém são considerados estatisticamente iguais para a formulação com 5% de fécula de mandioca, os valores obtidos para as temperaturas de 40 e 50 °C, 50 e 60°C, 60 e 70°C e 70 a 90 °C; para a formulação com 10 % de fécula de mandioca, os valores obtidos para as temperaturas de temperaturas de 40 e 50 °C, 50 e 60°C, 60 a 80°C e 80 e 90 °C e para a formulação com 15 % de fécula de mandioca, os valores obtidos para as temperaturas de 40 e 50 °C, 60 e 70°C, 70 a 80°C e 80 e 90 °C. Analisando nas colunas, observa-se em todas as temperaturas que não houve diferença significativa da perda de sólidos solúveis com a

variação da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia. Segundo os critérios descritos por HUMMEL (1966), as massas alimentícias secas que apresentam perda de sólidos solúveis de até 6 %, são consideradas de qualidade muito boa, até 8 % são chamadas massas de média qualidade e valores iguais ou superiores a 10 % caracterizam as massas de baixa qualidade, em virtude de que uma grande perda de sólidos representa alta solubilidade do amido, resultando em alta turbidez na água de cozimento e baixa tolerância ao cozimento. Considerando esta forma de classificação, os produtos elaborados no presente estudo se enquadram nos parâmetros de qualidade muito boa e regular. ZANDONADI *et al.* (2012) que propuseram uma alternativa para uma dieta sem glúten, utilizando massa de banana verde observaram uma perda de sólidos solúveis de 12,75% em sua amostra. SCHMIELE *et al.* (2013) que estudaram uma massa alimentícia sem glúten com elevado teor proteico, obtida por processo convencional, observaram em suas amostras uma perda de sólidos variando entre 2,41 a 9,84%.

Tabela 4.40. Valores médios do parâmetro perda de sólidos solúveis (%) da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	2,749 aD	4,473 aCD	4,834 aBC	6,251 aAB	6,781 aA	7,140 aA
10	2,596 aD	3,195 aCD	4,798 aBC	6,151 aB	6,433 aAB	8,025 aA
15	2,528 aD	3,855 aD	4,624 aC	4,955 aBC	6,387 aAB	6,864 aA

DMS p/ colunas = 1,4084; DMS p/ linhas = 1,7517; CV (%) = 10,84; MG = 5,09104; PM = 5,40045

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4.4. Rendimento

A análise de variância para o parâmetro rendimento da massa alimentícia, para as fontes de variação temperatura de secagem e formulação, está disponível na Tabela 4.41. Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para a fonte de

variação temperatura, já a formulação e a interação entre as fontes não foi considerada estatisticamente significativa.

Tabela 4.41. Análise de variância para o parâmetro rendimento da massa alimentícia livre de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	547,48430	273,74215	2,5200 ns
Temperatura (F ₂)	5	14222,44617	2844,48923	26,1858 **
F ₁ x F ₂	10	358,58163	35,85816	0,3301 ns
Tratamentos	17	15128,51210	889,91248	8,1924 **
Resíduo	36	1955,28806	108,62711	
Total	53	17083,80016		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo

Os valores médios do parâmetro rendimento (%) da massa alimentícia se encontram na Tabela 4.42, para duas fontes de variação objeto de estudo (formulações e temperatura de secagem). Verifica-se que para todas as formulações houve uma tendência de redução do rendimento com o aumento da temperatura, porém são considerados estatisticamente iguais os valores obtidos para as temperaturas de 40 a 60°C, 50 a 80 °C e 70 a 90 °C. Constata-se também que, em todas as temperaturas não houve diferença significativa do rendimento com a variação da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia. Segundo CIACCO & CHANG (1982) e HUMMEL (1966), as massas alimentícias de características adequadas são aquelas que apresentam rendimento acima de 200%, o que ocorreu em todas as formulações e temperaturas. SILVA *et al.* (2016), que avaliaram a qualidade de um macarrão sem glúten preparado com arroz integral e mistura de milho através de extrusão termoplástica, observaram um rendimento que variou de 188,05 a 235,17 % nos diferentes tratamentos propostos. FERREIRA *et al.* (2016), que utilizaram sorgo, arroz, flocos de milho, amido de batata para a preparação de macarrão sem glúten, observaram um rendimento que variou de 360,07 a 391,46 % em suas amostras.

Tabela 4.42. Valores médios do parâmetro rendimento da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulações (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	280,7aA	262,5aAB	254,6aAB	247,3aBC	231,3aBC	226,5aC
10	273,7aA	261,4aAB	252,6aAB	235,6aBC	229,4aBC	218,1aC
15	272,6aA	258,3aAB	250,0aAB	234,4aBC	227,4aBC	202,9aC

DMS p/ colunas = 26,6049; DMS p/ linhas = 33,0903; CV (%) = 4,25; MG = 245,52163; PM = 241,44460
DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio
Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.5. Avaliação instrumental de textura

4.5.1. Fraturabilidade

Os dados do atributo de textura fraturabilidade foram submetidos à análise de variância da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação e temperatura de secagem e tal análise está representada na Tabela 4.43. Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para as duas fontes de variação avaliadas e para a interação entre elas.

Tabela 4.43. Análise de variância para o parâmetro fraturabilidade da massa alimentícia isenta de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	12,86693	6,43347	6224,1511 **
Temperatura (F ₂)	5	1,22215	0,24443	236,4765 **
F ₁ x F ₂	10	0,09791	0,00979	9,4724 **
Tratamentos	17	14,18699	0,83453	807,3770 **
Resíduo	36	0,03721	0,00103	
Total	53	14,22420		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade

Na Tabela 4.44 se encontram os valores médios do parâmetro fraturabilidade (dados em mm) da massa alimentícia para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para todas as formulações houve uma tendência de aumento da fraturabilidade com o aumento da temperatura, porém são considerados estatisticamente iguais para a formulação com 5% de fécula de mandioca, os valores obtidos para as temperaturas de 50 a 70 °C; para a formulação com 10 % de fécula de mandioca os valores obtidos para as temperaturas de 70 e 80 °C e 80 e 90 °C, são também estatisticamente iguais, para a formulação com 15 % de fécula de mandioca os valores obtidos para as temperaturas de 40 e 50 °C, 60 e 70 °C, 70 e 80 °C e 80 e 90 °C. Analisando-se a contribuição da formulação na fraturabilidade, observa-se que em todas as temperaturas ocorreu um aumento desse atributo com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia. MARIOTTI *et al.* (2011) que caracterizou diferentes tipos de espaguete comerciais sem glúten, observou em suas amostras um valor de fraturabilidade que variou de 2,13 a 9,24 mm. LIMA *et al.* (2015) que utilizaram farinha de entrecasca de melancia em biscoitos sem glúten, observaram em suas amostras um valor de fraturabilidade que variou de 0,46 a 1,34 mm.

Tabela 4.44. Valores médios do parâmetro fraturabilidade da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40,50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form,	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	0,790 cD	1,014 cC	1,031 cC	1,090 cC	1,172 cB	1,268 cA
10	1,398 bE	1,556 bD	1,704 bC	1,850 bB	1,892 bAB	1,952 bA
15	2,086 aD	2,130 aD	2,252 aC	2,314 aBC	2,340 aAB	2,402 aA

DMS p/ colunas =0,0641; DMS p/ linhas = 0,0789 ; CV (%) = 1,91; MG = 1,68007; PM =1,585

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nas Figuras 4.22, 4.23, 4.24, estão, respectivamente, os gráficos relativos a fraturabilidade da massa alimentícia isenta de glúten para as formulações com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca e nas seis temperaturas de secagem estudadas (40, 50, 60, 70, 80 e 90°C).

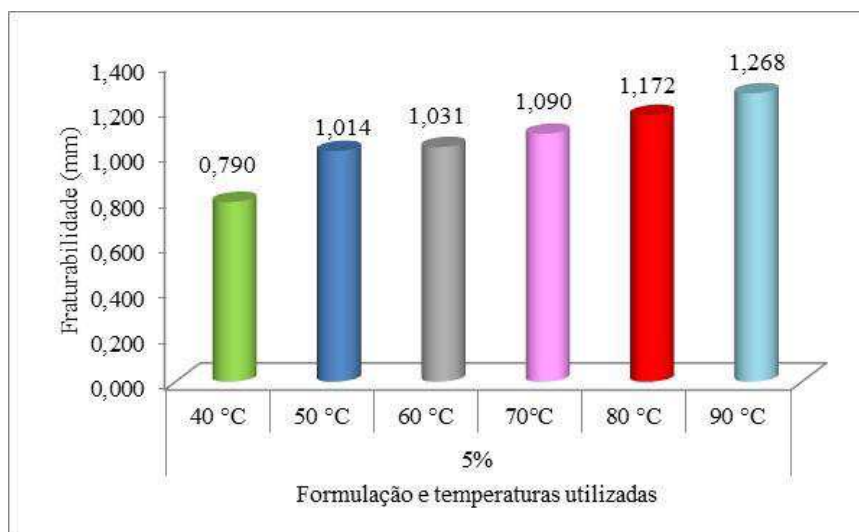


Figura 4.22. Gráficos relativos à fraturabilidade da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 5 % de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90°C.

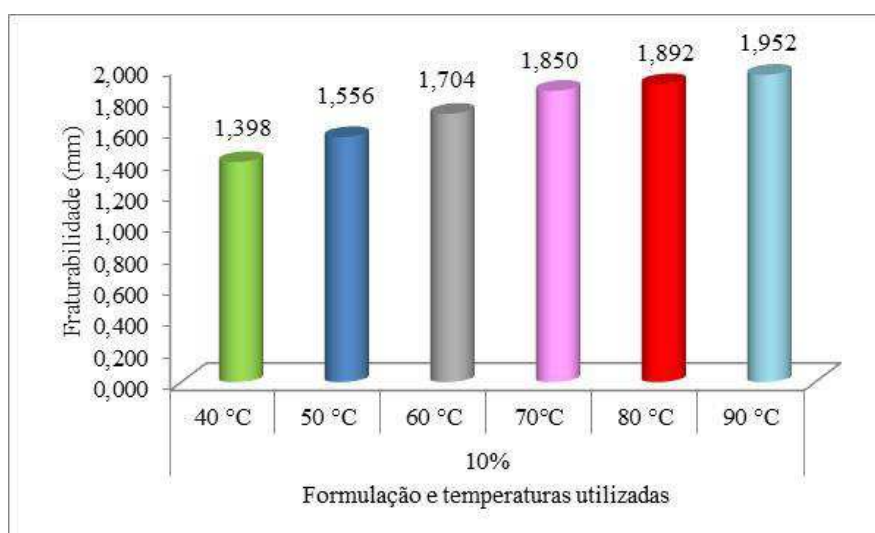


Figura 4.23. Gráficos relativos à fraturabilidade da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 10 % de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90°C.

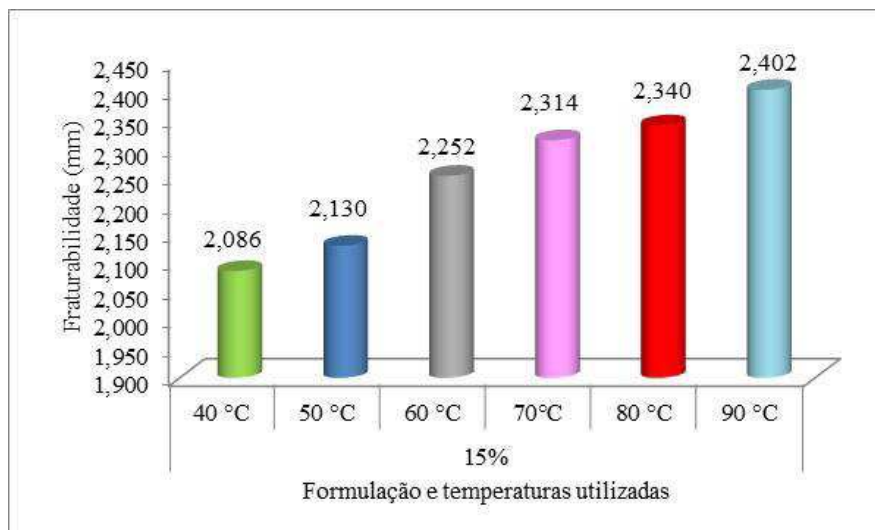


Figura 4.24. Gráficos relativos à fraturabilidade da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 15 % de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90°C.

4.5.2. Dureza

Tem-se, na Tabela 4.45, a análise de variância para o parâmetro dureza da massa alimentícia isenta de glúten, para as fontes de variação formulação e temperatura de secagem. Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para as duas fontes de variação avaliadas e para a interação entre elas.

Tabela 4.45. Análise de variância para o parâmetro dureza da massa alimentícia isenta de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	21704,69324	10852,34662	2671,6189 **
Temperatura (F ₂)	5	2952,78203	590,55641	145,3825 **
F ₁ x F ₂	10	352,82015	35,28201	8,6857 **
Tratamentos	17	25010,29541	1471,19385	362,1769 **
Resíduo	36	146,23511	4,06209	
Total	53	25156,53053		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade

Na Tabela 4.46 se encontram os valores médios do parâmetro dureza da massa alimentícia para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Verifica-se que para todas as formulações houve uma tendência de aumento na dureza com o aumento da temperatura, porém são considerados estatisticamente iguais, para a formulação com 5% de fécula de mandioca, os valores obtidos para as temperaturas de 80 e 90 °C; também são estatisticamente iguais, para a formulação com 10 % de fécula de mandioca, os valores obtidos para as temperaturas de 50 e 60 °C, 60 e 70 °C, 70 e 80 °C e 80 e 90 °C e para a formulação com 15 % de fécula de mandioca, os valores obtidos para as temperaturas de 40 e 50 °C, 50 e 60 °C, 60 e 70°C, 70 e 80 °C e 80 e 90 °C. Observa-se também que em todas as temperaturas houve uma aumento na dureza das amostras com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia. SANGUINETTI *et al.* (2015), que estudaram a influência da adição de goma xantana e goma guar nas propriedades do macarrão sem glúten, observaram um valor de dureza que variou entre 7,92 a 11,80 N. ROSA-SIBAKOV *et al.* (2016), que estudaram as propriedades de textura de massas de feijão sem glúten, obtiveram em sua pesquisa valores que variaram entre 116 a 199 N de dureza nas diferentes formulações da sua massa alimentícia. MIRHOSSEINI *et al.* (2015), que estudaram o efeito da substituição parcial da farinha de milho com a semente de durian e abóbora no rendimento culinário, além das propriedades de textura e atributos sensoriais de macarrão sem glúten, observaram um valor de dureza em suas amostras variando de 35,34 a 70,83 N nas diferentes formulações propostas.

Tabela 4.46. Valores médios do parâmetro dureza da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40,50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	40,29cE	46,02cD	51,59cC	60,05cB	66,11cA	70,65cA
10	73,77bE	79,57bD	83,91bCD	87,85bBC	90,51bAB	92,83bA
15	97,71aE	99,91aDE	103,27aCD	105,66aBC	109,06aAB	112,03aA

DMS p/ colunas =4,0184; DMS p/ linhas = 4,9493 ; CV (%) = 2,47; MG = 81,71231; PM =74,762

DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nas Figuras 4.25, 4.26, 4.27, estão, respectivamente, os gráficos relativos a dureza da massa alimentícia isenta de glúten para as formulações com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca e nas seis temperaturas de secagem estudadas (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

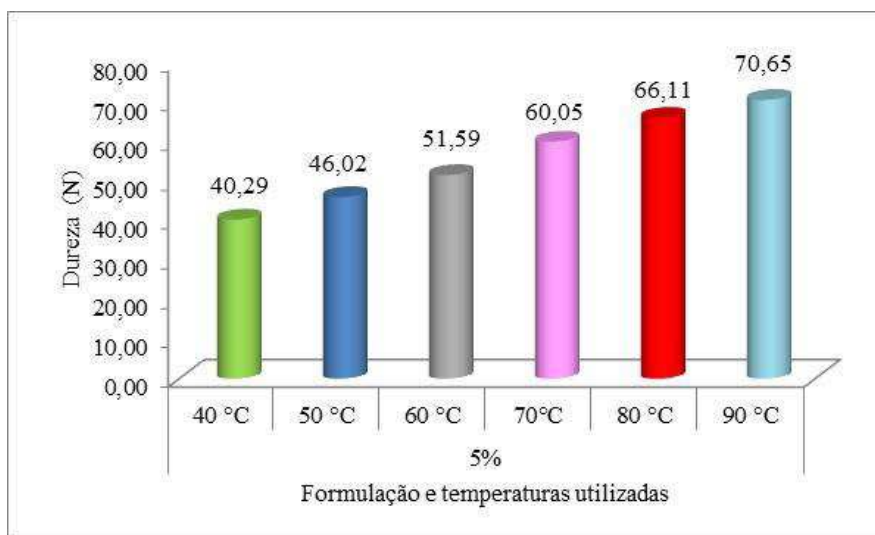


Figura 4.25. Gráficos relativos à dureza da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 5 % de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

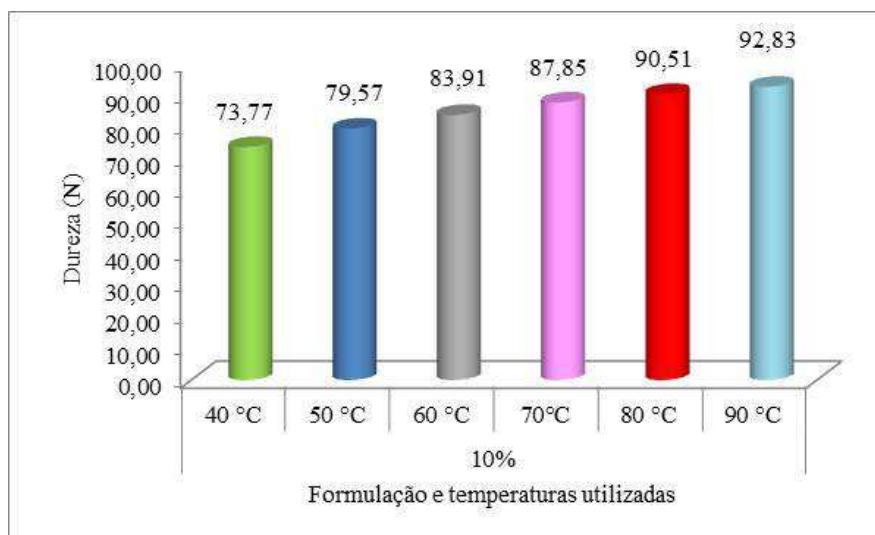


Figura 4.26. Gráficos relativos à dureza da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 10 % de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

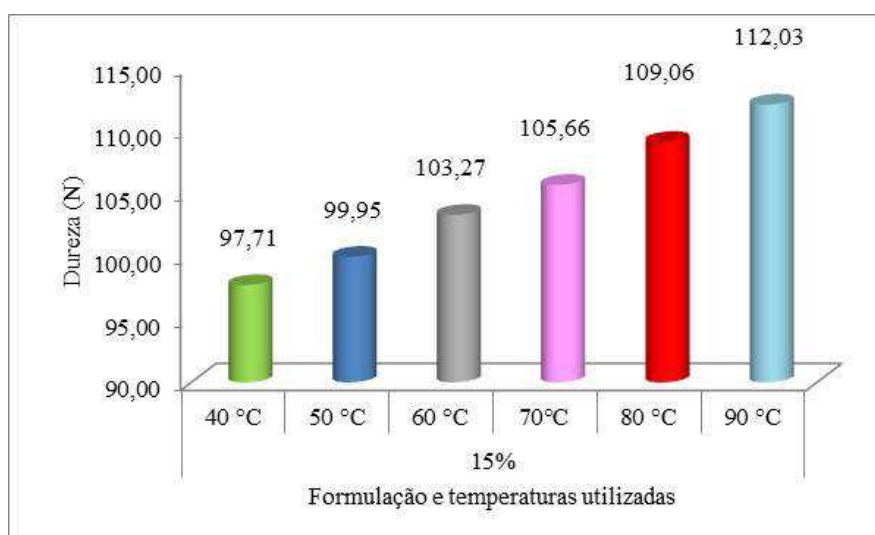


Figura 4.27. Gráficos relativos à dureza da massa alimentícia isenta de glúten para a formulação com 15 % de fécula de mandioca, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

4.6. Armazenamento

Na Tabela 4.47 encontra-se o comportamento da variável atividade de água durante 180 dias de armazenamento da massa alimentícia isenta de glúten para as formulações com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca e nas seis temperaturas de secagem estudadas: 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C. Observa-se que a atividade de água aumentou com o tempo de armazenamento e diminuiu com o aumento da temperatura de secagem. Segundo GOCK *et al.* (2003), substratos com a_w inferior a 0,60 dificilmente estão propícias ao crescimento microbiano, a partir de 0,65 inicia-se a proliferação de microrganismos específicos, durante todo o armazenamento e em todas as temperaturas estudadas o valor de atividade de água da massa alimentícia não ultrapassou o valor apontado pelo autor, para que pudesse facilitar a degradação microbiana da massa alimentícia, indicando boa segurança alimentar nos seis meses observados. OLIVEIRA (2014) determinou a atividade de água (a_w) de diferentes formulações de massa alimentícia enriquecida com bagaço de linhaça e obteve valores entre 0,51 a 0,55.

Tabela 4.47. Comportamento da atividade de água durante o armazenamento para as formulações com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca e nas temperaturas de secagem 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

Nº dias	Atividade de água (adimensional)																	
	5 % de fécula de mandioca						10 % de fécula de mandioca						15 % de fécula de mandioca					
	40	50	60	70	80	90	40	50	60	70	80	90	40	50	60	70	80	90
0	0,223	0,215	0,214	0,211	0,203	0,202	0,216	0,207	0,206	0,204	0,204	0,201	0,245	0,238	0,233	0,220	0,216	0,205
30	0,233	0,226	0,223	0,221	0,210	0,209	0,224	0,221	0,220	0,215	0,215	0,207	0,251	0,245	0,236	0,226	0,220	0,208
60	0,235	0,233	0,228	0,226	0,218	0,214	0,240	0,238	0,229	0,228	0,219	0,208	0,251	0,250	0,246	0,239	0,230	0,220
90	0,266	0,239	0,236	0,239	0,218	0,215	0,248	0,241	0,238	0,238	0,237	0,217	0,298	0,271	0,264	0,240	0,239	0,226
120	0,314	0,283	0,248	0,248	0,247	0,219	0,285	0,276	0,254	0,245	0,237	0,231	0,326	0,274	0,268	0,260	0,241	0,238
150	0,354	0,317	0,298	0,272	0,268	0,234	0,410	0,348	0,307	0,293	0,265	0,256	0,366	0,365	0,318	0,313	0,278	0,257
180	0,475	0,469	0,448	0,425	0,357	0,330	0,484	0,472	0,468	0,431	0,410	0,365	0,495	0,490	0,449	0,434	0,392	0,359

Tem-se, na Tabela 4.48, a análise de variância para o parâmetro atividade de água da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação, temperatura de secagem e tempo de armazenamento. Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para as três fontes de variação avaliadas e para a interação entre elas.

Tabela 4.48. Análise de variância para o parâmetro atividade de água da massa alimentícia isenta de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Formulação (F ₁)	2	0,01742	0,00871	208,8505 **
Temperatura (F ₂)	5	0,19136	0,03827	917,7575 **
Tempo de armazen. (F ₃)	6	1,88065	0,31344	7516,4108 **
F ₁ x F ₂	10	0,00233	0,00023	5,5935 **
F ₁ x F ₃	12	0,00898	0,00075	17,9520 **
F ₂ x F ₃	30	0,09735	0,00325	77,8175 **
F ₁ x F ₂ x F ₃	60	0,01595	0,00027	6,3729 **
Tratamentos	125	2,21404	0,01771	424,7456 **
Resíduo	252	0,01051	0,00004	
Total	377	2,22455		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade

Na Tabela 4.49 se encontram os valores médios do parâmetro atividade de água da massa alimentícia para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). Percebe-se que para todas as formulações houve uma diminuição da atividade de água com o aumento da temperatura de secagem. Observa-se que em todas as temperaturas houve uma tendência de aumento na atividade de água com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia, porém foram consideradas estatisticamente iguais para as temperaturas de 40 a 70 °C nas formulações com 5 e 10 % de fécula de mandioca e, também são estatisticamente iguais nas temperaturas de 80 e 90 °C para as formulações com 10 e 15 % de fécula de mandioca. REIS (2013) obteve um valor de 0,64 de

atividade de água em sua massa alimentícia enriquecida com farinha de polpa de pescado.

Tabela 4.49. Valores médios do parâmetro atividade de água da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C).

Form.	Temperatura de secagem (°C)					
	40	50	60	70	80	90
5	0,300 bA	0,283 bB	0,271 bC	0,263 bD	0,246 bE	0,232 bF
10	0,301 bA	0,286 bB	0,275 bC	0,265 bD	0,255 aE	0,241 aF
15	0,319 aA	0,305 aB	0,288 aC	0,276 aD	0,259 aE	0,245 aF

DMS p/ colunas =0,0047; DMS p/ linhas = 0,0057; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio. Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os valores médios do parâmetro atividade de água da massa alimentícia para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e tempo de armazenamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias), estão na Tabela 4.50. Analisando a influência do tempo de armazenamento na atividade de água, verifica-se que para todas as formulações houve uma tendência de aumento desta com o aumento do tempo de armazenamento, porém são considerados estatisticamente iguais, para a formulação com 5 % de fécula de mandioca, os valores obtidos para os tempos 30 e 60 dias e para a formulação com 15 % de fécula de mandioca, os valores obtidos para os tempos 0 e 30 dias. Analisando nas colunas observa-se houve uma tendência de aumento da atividade de água com o aumento da proporção de fécula de mandioca na massa alimentícia. BRAGA (2015), propôs um novo equipamento para a determinação de a_w em diversos alimentos incluindo macarrão e obteve um valor de 0,6475 (equipamento comercial) e 0,6173 (equipamento proposto na pesquisa).

Tabela 4.50. Valores médios do parâmetro atividade de água da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e tempo de armazenamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias).

Form.	Tempo de armazenamento (dias)						
	0	30	60	90	120	150	180
5	0,211 bF	0,220 bE	0,226 bE	0,235 bD	0,255 bC	0,291 bB	0,417 bA
10	0,206 bG	0,217 bF	0,227 bE	0,236 bD	0,260 bC	0,313 aB	0,438 aA
15	0,226 aF	0,231 aF	0,239 aE	0,256 aD	0,268 aC	0,316 aB	0,437 aA

DMS p/ colunas =0,0051; DMS p/ linhas = 0,0064; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio. Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.51 se encontram os valores médios do parâmetro atividade de água da massa alimentícia para as fontes de variação temperatura de secagem (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C) e tempo de armazenamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias). Verifica-se que para todas as temperaturas de secagem houve uma tendência de aumento da atividade de água com o aumento do tempo de armazenamento, porém são considerados estatisticamente iguais, para a temperatura de 40, 60 e 80 °C, os valores obtidos para os tempos 0 e 30 dias e 30 e 60 dias; para a temperatura de 70 °C, os valores obtidos para os tempos 60 e 90 dias; para a temperatura de 90 °C os valores obtidos para os tempos 0 e 30 dias, 30 e 60 e 60 e 90 dias. Analisando a influência da temperatura observa-se, em todos os tempos de armazenamento avaliados que houve uma tendência de redução da atividade de água nas temperaturas estudadas. RESTA & OLIVEIRA (2013) que estudaram a atividade de água em diferentes tipos de massa alimentícia, usando um medidor de atividade de água (Aqua Lab Dew Point 4TEV), concluíram que as médias de a_w das massas secas, com e também sem recheio variaram entre 0,70 e 0,61, o que impossibilita a multiplicação de ECP (estafilococos coagulase positiva) e a produção de toxina estafilocócica, como todas as amostras tiveram um valor inferior aos da pesquisa dos autores, observa-se que o macarrão proposto tem uma boa segurança alimentar.

Tabela 4.51. Valores médios do parâmetro atividade de água da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) e tempo de armazenamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias).

Temp. (°C)	Tempo de armazenamento (dias)						
	0	30	60	90	120	150	180
40	0,228aF	0,236aEF	0,242aE	0,270aD	0,308aC	0,3767 aB	0,485aA
50	0,220abG	0,231abF	0,240aE	0,250bD	0,278bC	0,3434 bB	0,477aA
60	0,218bF	0,226bcEF	0,234abE	0,246bcD	0,2566 cC	0,308cB	0,455bA
70	0,212bcF	0,221cdE	0,231bD	0,239cdD	0,2508 cC	0,293dB	0,430cA
80	0,208cdF	0,215deEF	0,222cE	0,231dD	0,2417 dC	0,270eB	0,387dA
90	0,203dF	0,208eEF	0,214cDE	0,219eD	0,2294 eC	0,249fB	0,351eA

DMS p/ colunas =0,0087; DMS p/ linhas = 0,0090; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio. Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.7. Análises microbiológicas

Na Tabela 4.52 estão apresentados os valores do número mais provável (NMP) de coliformes totais, coliformes termotolerantes e bolores e leveduras, nas dezoito amostras estudadas. Conforme exposto na Tabela 4.51, as amostras analisadas obedecem aos padrões microbiológicos dos alimentos estabelecidos pela Resolução RDC n° 12 de 02 de janeiro de 2001 com relação aos coliformes termotolerantes (a 45 °C) pois a legislação determina que para massas alimentícias secas, com ou sem ovos, com ou sem recheio, o máximo admitido seja de 10^2 NMPg⁻¹ e em todas as amostras analisadas a contagem foi inferior à dos valores máximos permitidos e o mesmo ocorreu para os coliformes totais. Quanto à contagem de bolores e leveduras, a legislação não prevê qualquer valor máximo para este parâmetro para massas alimentícias; além disso a pesquisa indicou ausência desses microrganismos em todas as diferentes formulações e temperaturas, estando, assim, aptos para o consumo humano. SANGUINETTI *et al.* (2015), que estudaram a influência da adição de goma xantana e goma guar nas propriedades do macarrão sem glúten, observaram um valor de coliformes variando entre $<1,0 \times 10^1$ a $4,4 \times 10^2$ NMPg⁻¹ e já para a análise de bolores e leveduras foi observado valores de $<1,0 \times 10^1$ a $7,7 \times 10^2$ UFCg⁻¹. FERNANDES (2017), que

desenvolveu uma massa alimentícia a base de mandioca, concluiu que sua amostra era segura para consumo apresentando teor de coliformes $<3,0 \times 10^1$ NMPg⁻¹ e para a análise de bolores e leveduras $2,0 \times 10^3$ UFCg⁻¹.

A análise microbiológica realizada indicou que a massa alimentícia foi processada em condições higiênico-sanitárias adequadas sendo a metodologia empregada eficaz na prevenção do desenvolvimento microbiano.

Tabela 4.52. Valores de coliformes totais, coliformes termotolerantes e bolores e leveduras.

Formulação	Temperatura (°C)	Parâmetro		
		Coliformes totais (NMPg ⁻¹)	Coliformes termotolerantes (NMPg ⁻¹)	Bolores e leveduras (UFCg ⁻¹)
5	40	<3,0	<3,0	0,0
	50	<3,0	<3,0	0,0
	60	<3,0	<3,0	0,0
	70	<3,0	<3,0	0,0
	80	<3,0	<3,0	0,0
	90	<3,0	<3,0	0,0
10	40	<3,0	<3,0	0,0
	50	<3,0	<3,0	0,0
	60	<3,0	<3,0	0,0
	70	<3,0	<3,0	0,0
	80	<3,0	<3,0	0,0
	90	<3,0	<3,0	0,0
15	40	<3,0	<3,0	0,0
	50	<3,0	<3,0	0,0
	60	<3,0	<3,0	0,0
	70	<3,0	<3,0	0,0
	80	<3,0	<3,0	0,0
	90	<3,0	<3,0	0,0

NMP = número mais provável; UFC= unidades formadoras de colônias

4.8. Análise sensorial

Encontram-se, na Tabela 4.53, as médias das notas atribuídas pelos provadores e coeficiente de concordância para os atributos sensoriais (aparência, cor, aroma e sabor) e intenção de compra da melhor massa alimentícia isenta de glúten (seca a 60 °C), que foi escolhida através dos parâmetros de qualidade tecnológica (tempo de cozimento, aumento de volume, perda de sólidos solúveis e rendimento) recomendados pela literatura.

Observa-se que para todos os atributos sensoriais avaliados, a amostra que teve maior preferência foi a amostra com maior percentual de fécula de mandioca em sua formulação (15 %) obtendo nota entre 3 (não gostei, nem desgostei) e 4 (gostei) nos atributos aparência, cor e aroma, entre 4 (gostei/provavelmente compraria) e 5 (gostei muito / certamente compraria) no atributo sabor e intenção de compra, o que demonstra boa aceitação, caso este novo produto seja inserido no mercado consumidor.

A amostra que teve maior rejeição pelos avaliadores foi a que continha menor proporção de fécula de mandioca (5 % de fécula de mandioca), obtendo nota entre 3 e 4 para os atributos aparência, cor, aroma, sabor e intenção de compra correspondente a avaliação que varia entre ("não gostei, nem desgostei"/tenho dúvidas se compraria) até ("gostei"/ provavelmente compraria).

Observa-se também que o maior coeficiente de concordância foi dado para o atributo cor (60,91 %) para amostra com 15 % de fécula de mandioca e o menor coeficiente de concordância foi para o sabor, atribuído à amostra com 5 % de fécula de mandioca (33,47 %).

Tabela 4.53. Médias das notas atribuídas pelos julgadores e coeficiente de concordância para os atributos sensoriais (aparência, cor, aroma e sabor) e intenção de compra da massa alimentícia isenta de glúten.

Atributo	Sensorial	Formulações (%)		
		5	10	15
Aparência	Média	3,4	3,44	3,46
	C.C (%)	47,64	60,33	60,25
Cor	Média	3,54	3,58	3,62
	C.C (%)	52,44	43,93	60,91
Aroma	Média	3,78	4,00	4,00
	C.C (%)	36,47	38,99	43,36
Sabor	Média	3,80	4,20	4,26
	C.C (%)	33,47	48,17	54,68
Intenção de compra	Média	3,60	4,00	4,20
	C.C (%)	38,99	51,48	46,15

Tem-se na Tabela 4.54, a análise de variância para o atributo aparência da massa alimentícia isenta de glúten para as diferentes formulações estudadas (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca). Constata-se que não houve efeito significativo entre os tratamentos estudados.

Tabela 4.54. Análise de variância para o atributo aparência da massa alimentícia isenta de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,09333	0,04667	0,1209 ns
Resíduo	147	56,74000	0,38599	
Total	149	56,8333		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns - não significativo

Na Tabela 4.55 se encontram os valores médios do parâmetro aparência da massa alimentícia para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca). Constata-se que as médias atribuídas ao atributo aparência não diferiram

estatisticamente nas três formulações da massa alimentícia. SPANHOLI & OLIVEIRA (2009) desenvolveram um macarrão utilizando farinha de albedo de maracujá e o avaliaram sensorialmente utilizando uma escala de sete pontos (correspondendo aos conceitos 1="desgostei muitíssimo" a 7="gostei muitíssimo") e observaram para o atributo aparência notas que variaram entre 3,36 a 5,62. BOUASLA *et al.* (2017) avaliaram os atributos sensoriais de massas de arroz pré-cozidas sem glúten enriquecidas com legumes, através de escala de cinco pontos e observaram para suas amostras no parâmetro aparência notas variando de 3,87 a 4,40.

Tabela 4.55. Valores médios do parâmetro aparência da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca).

Formulação (%)	Médias
5	3,4000 a
10	3,4400 a
15	3,4600 a

DMS =0,2944; CV (%) = 18,10; MG = 3,43333; PM =3,50000. DMS - Desvio mínimo significativo; MG- Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio. Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A análise de variância para o atributo cor da massa alimentícia isenta de glúten para a fonte de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca) encontra-se na Tabela 4.56. Observa-se que não houve diferença estatística significativa entre as formulações.

Tabela 4.56. Análise de variância para o atributo cor da massa alimentícia isenta de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,16000	0,08000	0,1772 ns
Resíduo	147	66,38000	0,45156	
Total	149	66,54000		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns = não significativo

Na Tabela 4.57 se encontram os valores médios do parâmetro cor da massa alimentícia para a fonte de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca). Observa-se que as médias atribuídas ao atributo cor não diferiram estatisticamente nas três formulações da massa alimentícia. BOUASLA *et al.* (2017) avaliaram os atributos sensoriais de massas de arroz pré-cozidas, sem glúten, enriquecidas com legumes através de escala de cinco pontos e observaram para suas amostras, no parâmetro cor, notas variando de 3,27 a 4,40. SECZYK *et al.* (2016) utilizaram uma escala de 7 pontos (que correspondia ao conceito de 1= "extremamente desagradável" a 7= "extremamente agradável") obtiveram um valor médio para o parâmetro cor variando de 5,22 a 6,36 ao estudarem o efeito da alfarrobeira no potencial antioxidante, qualidade nutricional e características sensoriais de sua massa alimentícia.

Tabela 4.57. Valores médios do parâmetro cor da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca).

Formulação (%)	Médias
5	3,54000 a
10	3,58000 a
15	3,62000 a

DMS = 0,31852; CV (%) = 18,77 ; MG = 3,58000; PM =3,50000. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio. Obs.: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tem-se na, Tabela 4.58, a análise de variância para o atributo aroma da massa alimentícia isenta de glúten para a fonte de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca). Observa-se que não houve diferença estatística significativa entre as formulações.

Tabela 4.58. Análise de variância para o atributo aroma da massa alimentícia isenta de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	1,61333	0,80667	1,1126 ns
Resíduo	147	106,58000	0,72503	
Total	149	108,19333		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns = não significativo

Na Tabela 4.59 se encontram os valores médios do parâmetro aroma da massa alimentícia para a fonte de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca). Verifica-se que as médias das notas atribuídas ao parâmetro aroma não diferiram estatisticamente nas três formulações da massa alimentícia. RODRIGUES & VILAR (2013) avaliaram sensorialmente um macarrão do tipo massa fresca com farinha de berinjela, utilizando uma escala de nove pontos, correspondente a gostei extremamente (9) e desgostei extremamente (1) e agruparam essas notas em três categorias > 5- aceitação; = 5- indiferença; < 5 - rejeição, e observaram que 85,2 % dos avaliadores aceitaram a massa, 10,2 % foram indiferentes e 4,6 % rejeitaram a massa quanto ao seu aroma. DEL BEM *et al.* (2012) que estudaram as propriedades físico-químicas e sensoriais de massas alimentícias elaboradas com farinhas de leguminosas tratadas hidrotermicamente, com escala de 9 pontos, que representam os conceitos 1=desgostei extremamente a 9=gostei extremamente, observaram para o parâmetro aroma notas que variaram entre 5,48 a 7,22.

Tabela 4.59. Valores médios do parâmetro aroma da massa alimentícia isenta de glúten para as fontes de variação formulação (5, 10 e 15 %).

Formulação (%)	Médias
5	3,78000 a
10	4,00000 a
15	4,00000 a

DMS =0,40360; CV (%) = 21,68; MG = 3,92667; PM =3,00000. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio. Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tem-se na Tabela 4.60, a análise de variância para o atributo sabor da massa alimentícia isenta de glúten para a fonte de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca). Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para as formulações estudadas.

Tabela 4.60. Análise de variância para o atributo sabor da massa alimentícia isenta de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	6,25333	3,12667	4,9094 **
Resíduo	147	93,62000	0,63687	
Total	149	99,87333		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; **Significativo a 1% de probabilidade

Na Tabela 4.61 se encontram os valores médios do parâmetro sabor da massa alimentícia para as diferentes formulações propostas (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca). Os valores para o sabor da massa alimentícia foram estatisticamente iguais nas formulações com 10 e 15 % de fécula de mandioca; estas foram melhores avaliadas que a massa com a formulação de 5 %. Observa-se uma tendência de aumento das notas atribuídas ao parâmetro sabor com o aumento da proporção de fécula de mandioca. BOUASLA *et al.* (2017) avaliaram os atributos sensoriais de massas de arroz pré-cozidas sem glúten enriquecidas com legumes através de escala de cinco pontos e observaram para suas amostras no parâmetro sabor notas variando de 2,93 a 4,27. SECZYK *et al.* (2016) utilizaram uma escala de 7 pontos (que correspondia ao conceito de 1= "extremamente desagradável" a 7= "extremamente agradável") obtiveram um valor médio para o parâmetro sabor, variando de 5,67 a 5,95, ao estudarem o efeito da alfarrobeira no potencial antioxidante, qualidade nutricional e características sensoriais de sua massa alimentícia.

Tabela 4.61. Valores médios do parâmetro sabor da massa alimentícia isenta de glúten para a fonte de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca).

Formulação (%)	Médias
5	3,80000 b
10	4,20000 a
15	4,26000 a

DMS = 0,37827; CV (%) = 19,53; MG = 4,08667; PM = 3,50000. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio. Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tem-se na Tabela 4.62, a análise de variância para o atributo intenção de compra da massa alimentícia isenta de glúten para a fonte de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca). Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para as formulações estudadas.

Tabela 4.62. Análise de variância para o atributo intenção de compra da massa alimentícia isenta de glúten.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	9,33333	4,66667	7,4565 **
Resíduo	147	92,00000	0,62585	
Total	149	101,33333		

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade

Na Tabela 4.63 se encontram os valores médios do parâmetro intenção de compra da massa alimentícia para as fontes de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca). Os valores para a intenção de compra da massa alimentícia foram estatisticamente iguais nas formulações com 10 e 15 % de fécula de mandioca; estas foram melhores avaliadas que a massa com a formulação de 5 % de fécula de mandioca. Observa-se uma tendência de aumento das notas atribuídas ao parâmetro intenção de compra com o aumento da proporção de fécula de mandioca. PAUCAR-MENACHO *et al.* (2008) desenvolveram uma massa alimentícia funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose, utilizando páprica como corante e a avaliaram

sensorialmente, utilizando uma escala de 5 pontos, em que 1 representava o conceito “certamente não compraria” e 5 representava “certamente compraria”, e obtiveram notas que variaram entre 2,30 a 3,60 para as suas diferentes amostras. ROCHA *et al.* (2008) desenvolveram um macarrão adicionado de ora-pro-nóbis desidratado e o avaliaram sensorialmente com uma escala hedônica de 5 pontos, onde 1 representava "achei péssimo" e 5 representava "gostei muito", a nota média atribuída para a massa proposta por eles foi de 4,60.

Tabela 4.63. Valores médios do parâmetro intenção de compra da massa alimentícia isenta de glúten para a fonte de variação formulação (com 5, 10 e 15 % de fécula de mandioca).

Formulação (%)	Médias
5	3,60000 b
10	4,00000 a
15	4,20000 a

DMS = 0,37498; CV (%) = 20,11; MG = 3,93333; PM = 3,50000. DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; PM = ponto médio. Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5. CONCLUSÕES

Análise granulométrica

- A fração granulométrica presente em maior quantitativo, foi a que ficou retida na peneira de 32 Mesh (ou seja, estas partículas apresentaram diâmetros maiores que 0,5 mm), para todas as formulações e também para a farinha de arroz vermelho e fécula de mandioca, somente a fécula de batata que teve maior retenção de partículas na peneira de 100 Mesh.
- A fração granulométrica presente em menor quantitativo, foi a que ficou retida na peneira de 115 Mesh, para todas as formulações e também para a farinha de arroz vermelho e fécula de batata, somente a fécula de mandioca que teve maior retenção de partículas na peneira de 80 Mesh.

Análise morfológica

As imagens obtidas através do microscópio eletrônico de varredura identificaram uma morfologia:

- Homogênea e caracterizada pelo formato ovalado ou esférico para a fécula de batata e de mandioca;
- Heterogênea com a presença de estruturas irregulares, formas indefinidas, cavidades e espaços, para a farinha de arroz;
- Heterogênea e com predominância de estruturas ovaladas ou esféricas, devido a maior quantidade de matéria-prima com tal característica (féculas).

Análise calorimétrica

- A fécula de mandioca apresentou maior entalpia de gelatinização (3,274 J/g) e a fécula de batata apresentou maior temperatura de pico (79,17 °C);
- A fécula de mandioca causa uma antecipação no processo de gelatinização da massa alimentícia.

Secagem

- Os modelos de Page, Cavalcanti Mata se ajustaram adequadamente aos dados experimentais, pois apresentaram os melhores valores de coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99 e menores valores de desvios quadráticos médios (DQM) inferiores a 0,6 em todos os tratamentos estudados;
- Com o aumento da temperatura de secagem ocorre uma redução do tempo de secagem até que a amostra atinja o equilíbrio e a perda de água das amostras é mais intensa no início da secagem e proporcional à temperatura de secagem;
- O valor do coeficiente de difusão, calculado a partir do modelo de Fick, aumenta com o aumento da temperatura de secagem.

Caracterização físico-química

Influência da temperatura de secagem:

- Sofreram redução com o aumento da temperatura de secagem os seguintes parâmetros das massas alimentícias: amido, proteínas e fibras (formulação de 5% e temperatura 90 °C);
- Sofreram aumento com o aumento da temperatura os seguintes parâmetros: cinzas e compostos fenólicos.
- Não foram influenciados significativamente pela temperatura os seguintes parâmetros: pH, lipídeos, carboidratos totais, valor calórico total e fibras (formulações 10 e 15 % em todas as temperaturas e formulação de 5 % em nas temperaturas de 40 a 80 °C).

Influência da formulação

- Sofreram redução com o aumento do percentual de fécula de mandioca os seguintes parâmetros: cinzas (nas temperaturas de 40 e 80 °C), lipídeos, valor calórico total, fibras (na temperatura de 90°C) e compostos fenólicos;
- Sofreram aumento com o aumento do percentual de fécula de mandioca os seguintes parâmetros: amido e carboidratos totais.

- Não foram influenciados pela formulação os seguintes parâmetros: cinzas (nas temperaturas de 50, 60, 70 e 90 °C), pH, proteínas e fibras (nas temperaturas de 40 a 80 °C).
- Os minerais presentes em maiores quantidades na massa alimentícia em estudo foram potássio, fósforo e cálcio.

Análises do cozimento

Influência da temperatura de secagem

- O tempo de cozimento, o aumento de volume e o rendimento sofreram redução em seus valores com o aumento da temperatura de secagem;
- A perda de sólidos sofreu aumento com o aumento da temperatura de secagem.

Influência da formulação

- O tempo de cozimento, para a temperatura de 40 °C, sofreu um aumento com a elevação do percentual de fécula de mandioca em sua formulação;
- O aumento de volume, a perda de sólidos, o rendimento e o tempo de cozimento (para o intervalo temperatura entre 50 a 90 °C) não sofreram influência significativa com a formulação utilizada.

Textura

Influência da temperatura de secagem

- A fraturabilidade e a dureza das massas alimentícias sofreram um aumento do seu valor com o aumento da temperatura de secagem a que foram submetidas.

Influência da formulação

- O aumento do percentual de fécula de mandioca das formulações em estudo trouxe um crescimento dos atributos de textura fraturabilidade e dureza.

Armazenamento

- Durante os 180 dias de armazenamento as amostras mantiveram sua atividade de água (a_w) abaixo de 0,5, dificultando a degradação da amostra.

Influência da temperatura de secagem

- A atividade de água (a_w) da massa alimentícia sofreu uma redução com o aumento da temperatura de secagem;

Influência da formulação e do tempo de armazenamento

- A atividade de água (a_w) da massa alimentícia aumentou seu valor com o aumento da proporção de fécula de mandioca em sua composição e com o tempo de armazenamento.

Análises microbiológicas

- Para os coliformes totais e termotolerantes a contagem foi inferior à dos valores máximos permitidos em todas as amostras analisadas;
- Não foi detectada presença de bolores e leveduras em todas as diferentes formulações e temperaturas estando, assim, aptos para o consumo humano;
- A análise microbiológica realizada indicou que a massa alimentícia foi processada em condições higiênico-sanitárias adequadas sendo a metodologia empregada eficaz na prevenção do desenvolvimento microbiano.

Análise sensorial

- Para todos os atributos sensoriais avaliados, a amostra que teve maior preferência foi a amostra com maior percentual de fécula de mandioca em sua formulação (15 %) obtendo nota entre 3 (não gostei, nem desgostei) e 4 (gostei) nos atributos aparência, cor e aroma e entre 4 (gostei/provavelmente compraria) e 5 (gostei muito/certamente compraria) no atributo sabor e intenção de compra, o que demonstra boa aceitação, caso este novo produto seja inserido no mercado consumidor.

- A amostra que teve maior rejeição pelos avaliadores foi a que continha menor proporção de fécula de mandioca (5 %) obtendo nota entre 3 e 4 para os atributos aparência, cor, aroma, sabor e intenção de compra correspondente a avaliação que varia entre ("não gostei, nem desgostei"/tenho dúvidas se compraria) até ("gostei"/provavelmente compraria).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). **Approved methods of AACC**. 9 ed. Saint Paul, 2002. 1200p.

ABBA. Associação Brasileira da Batata. **História da Batata**. 2008. Disponível em : < http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/abatata.asp?id_BAT=2>. Acesso em: 20 de abril de 2015.

ABREU, W. M. **Efeito da temperatura de transição vítrea (T_g) em vidros orgânicos: mel, corante caramelo e frutose**. 2008. 187f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

ACELBRA. Associação dos Celíacos do Brasil. **Quais produtos sem glúten você gostaria de encontrar com facilidade?** 2004. Disponível em:< <http://www.aceibra.org.br/2004/imagens/enquete.gif> >. Acesso em: 15 de abril de 2015.

ALMEIDA, D. M. **Biofilme de blenda de fécula de batata e celulose bacteriana na conservação de fruta minimamente processada**. 2010. 284 f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ALMEIDA, C. A.; GOUVEIA; J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C. A.; SILVA, F. L. H. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.6, n.1, p. 145-151, 2006.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Rotulagem nutricional obrigatória: manual de orientação às indústrias de alimentos**. 2ª Versão. Brasília: Ministério da Saúde/Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005. 44p.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. USA, 18^a ed, 3^a Review, Washington, 2010. 1094p.

APLEVICZ, K. S.; MOREIRA, J. P. Avaliação de goma xantana e carboximetilcelulos em pães para celíacos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 13, n. 1, p. 608-615, 2015.

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**, v. 23, n. 3, p. 467-474, 2010.

ARAUJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; HARTMANN FILHO, C. P.; MARTINS, E. A. S. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 448-457, 2017.

BAKKER, C. M. C. N. **Análise técnica e econômica do processo de obtenção de espaguetes com adição de farinha de trigo integral e farinha de linhaça**. 2010. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

BANNACH, G.; PERPÉTUO, G. L.; CAVALHEIRO, É. T. G.; CAVALHEIRO, C. C. SC.; ROCHA, R. R. Efeitos da história térmica nas propriedades do polímero pet: um experimento para ensino de análise térmica. **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1825-1829, 2011.

BECKER, F. S. **Caracterização de farinhas cruas e extrusadas obtidas a partir de grãos quebrados de diferentes genótipos de arroz**. 2010. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

BIERNACKA, B.; DZIKI, D.; GAWLIK-DZIKI, U.; RÓŻYLO, R.; SIASTALA, M. Physical, sensorial, and antioxidant properties of common wheat pasta enriched with carob fiber. **Food Science and Technology**, v. 77, n.1, p. 186-192, 2017.

BOÊNO, J. A. **Bebidas lácteas fermentadas formuladas com leite, soro de leite e extrato de arroz vermelho: aspectos físicos, químicos, microbiológicos e sensorial**.

2014. 115f. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

BOÊNO, J. A.; ASCHERI, D. P. R.; BASSINELLO, P. Z. Qualidade tecnológica de grãos de quatro genótipos de arroz-vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 718-723, 2011.

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*), polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 303-322, 2003.

BOUASLA, A.; WÓJTOWICZ, A.; ZIDOUNE, M. N. Gluten-free precooked rice pasta enriched with legumes flours: Physical properties, texture, sensory attributes and microstructure. **Food Science and Technology**, v.75, n. 1, p. 569-577, 2017.

BRAGA, A. V. U. **Caracterização de atividade de água e cinética de desorção de água em alimentos**. 2015. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. RDC nº 54 de 12 de Novembro de 2012. Regulamento Técnico sobre à Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 307, de 17 de setembro de 2009. Dispõe sobre o protocolo clínico e diretrizes terapêuticas da doença celíaca. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003. Obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a

presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 93, de 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**, Brasília.

CARDARELLI, H. R. **Desenvolvimento de queijo 'petit-suisse' simbiótico**. 2006. 149f . Tese (Doutorado em Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica). Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARDOSO, E. **Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho: avaliação do efeito no solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho**. 2005. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

CARDOSO, C. E. L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial da fécula de mandioca**, 2003, 207f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CARNEIRO, A.; FONTELES, T. V.; COSTA, M. G. M.; ROCHA, E.; RODRIGUES, M. D. C. P. Parâmetros de textura em barras de chocolate ao leite. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 2, p. 259-264, 2011.

CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M.; SILVA, P. A.; ASSIS, G. T.; ASCHERI, J. L. R. Caracterização tecnológica de extrusados de terceira geração à base de farinhas de mandioca e pupunha. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 995-1003, 2010.

CASTIGLIONI, G. L.; SILVA, F. A.; CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M. S. Modelagem matemática do processo de secagem da massa fibrosa de mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. 987-994, 2013 .

CÉSAR, A. S.; GOMES, J. C.; STALIANO, C. D.; FANNI, M. L.; BORGES, M. C. Elaboração de Pães sem Glúten. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 150-155, 2006.

CHANG, Y. K.; FLORES, H. E. M. Qualidade tecnológica de massas alimentícias frescas elaboradas de semolina de trigo durum (*T. durum* L.) e farinha de trigo (*T. aestivum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 487-493, 2004.

CIACCO, C. F.; CHANG, Y.K. **Tecnologia de massas alimentícias**. Série Tecnologia Agroindustrial. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Governo do Estado de São Paulo, 1982. 187p.

CICCORITTI, R.; TADDEI, F.; NICOLETTI, I.; GAZZA, L.; CORRADINI, D.; D'EGIDIO, M. G.; MARTINI, D. Use of bran fractions and debranned kernels for the development of pasta with high nutritional and healthy potential. **Food Chemistry**, v. 225, n. 1, p. 77-86, 2017.

COMELLI, C.; CHIARINI, E.; PRADO, S. P. T.; OLIVEIRA, M. A.; BERGAMINI, A. M. M. Avaliação microbiológica e da rotulagem de massas alimentícias frescas e refrigeradas comercializadas em feiras livres e supermercados. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 2, p. 251-258, 2011.

CORDENUNSI, B. R. Utilização de novas técnicas de microscopia na caracterização do amido. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em alimentos regionales iberoamericano**. São Paulo: Edusp, 2006. p. 49-62.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.

CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZZO A. P.; GONELI, A. L. G.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão

(*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 501-510, 2007.

COSTA, J. **Combustível produzido a partir do tubérculo é opção de negócio para produtores da região Norte do país**. 2010. Disponível em: < <http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1707629-5809,00.html>>. Acesso em 20 de abril de 2015.

COUTO, E. M. **Caracterização de cultivares de mandioca do semiárido mineiro em quatro épocas de colheita**. 2013. 117 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CUBADDA, F.; AURELI, F.; RAGGI, A.; CARCEA, M. Effect of milling, pasta making and cooking on minerals in durum wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 49, n. 1, p. 92–97, 2009.

CUNHA, M. A. Métodos de Detecção de Microrganismos Indicadores. **Saúde & Ambiente em Revista**, v. 1, n. 1, 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.

DEL BEM, M. S.; POLESI, L. F.; SARMENTO, S. B. S.; ANJOS, C. B. P. Propriedades físico-químicas e sensoriais de massas alimentícias elaboradas com farinhas de leguminosas tratadas hidrotermicamente. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 1, p. 101-110, 2012.

DEMIRKESEN, I., SUMNU, G., SAHIN, S. Quality of Gluten-Free Bread Formulations Baked in Different Ovens. **Food Bioprocess Technology**, New York, v. 6, p.746–753, 2013.

FERNANDES, H. R.; OLIVEIRA, D. C. R.; SOUZA, G. S.; LOPES, A. S. Parâmetros de qualidade física e físico-química da farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) durante processamento. **Scientia Plena**, v. 9, n. 11, 2013a.

FERNANDES, M. S.; SEHN, G.A.R.; LEORO, M.G.V.; CHANG, Y.K.; STEEL, C.J. Effect of adding unconventional raw materials on the technological properties of rice fresh pasta. **Food Science and Technology**, v.33, n. 1, p. 257-264, 2013b.

FERNANDES, R. O. C. **Desenvolvimento de massa alimentícia à base de mandioca (*Manihot esculenta* Cranz): avaliação físico-química, microbiológica e sensorial.** 2017. 71f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

FERREIRA, S. M. R.; MELLO, A. P.; ANJOS, M. C. R.; KRÜGER, C. C. H.; AZOUBEL, P. M.; ALVES, M. A. O. Utilization of sorghum, rice, corn flours with potato starch for the preparation of gluten-free pasta. **Food Chemistry**, v. 191, n. 1, p. 147–151, 2016.

FIGUEIREDO, P. G.; TANAMATI, F. Y.; MARTINS, D.; BICUDO, S. J.; CURCELLI, F. Cultivares, qualidade de tubérculos e comercialização da batata no Brasil. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 7, n. 1, p.42-52, 2011.

FIORDA, F. A.; SOARES JUNIOR, M.; SILVA, F. A.; SOUTO, L. R. F.; GROSSMANN, M. V. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 43, n. 4, p. 408-416, 2013.

FIORDA, F. A. **Bagaço e fécula de mandioca na elaboração de farinhas cruas e pré-gelatinizadas, snacks e macarrões instantâneos com amaranto.** 2011. 187f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal Biological Chemistry**, v.226, n.1, p.497-509, 1957.

FRANCO, V. A. **Desenvolvimento de pão sem glúten com farinha de arroz e de batata-doce**. 2015. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

GARMUS, T. T.; BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; CÓRDOVA, K. R. V. Elaboração de biscoitos com adição de farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 3, n. 2: p. 56-65, 2009.

GIUBERTI, G.; GALLO, A., CERIOLI, C.; FORTUNATI, P.; MASOERO, F. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. **Food Chemistry**, v. 175, n. 1, p. 43–49, 2015.

GOMES, M. S.; FLORIANI, L. R.; MURAKAMI, F. S. Controle de qualidade microbiológico e avaliação da eficácia de conservante em bebida energética a base de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 93, n. 3, p. 326-330, 2012.

GOCK, M.A.; HOCKING, A.D.; PITT, J.I., POULOS, P.G. Influence of temperature, water activity and pH on growth of some xerophilic fungi. **International Journal of Food Microbiology**, v.81, n.1, p. 11-19, 2003.

GONÇALVEZ, M. Microscopia eletrônica de varredura. In: CANEVAROLO JÚNIOR, S. V. **Técnica de caracterização de polímeros**. 1. edição. São Paulo: Artliber, 2004, p. 165-175.

GUERREIRO, L. **Dossiê Técnico de massas alimentícias**, Rio de Janeiro: BRT, 2006. (Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas).

GÜLER, S.; KÖKSEL, H.; NG, P. K. W. Effects of industrial pasta drying temperatures on starch properties and pasta quality. **Food Research International**, v. 35, n.1, p. 421-427, 2002.

GUSMÃO, R. P.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; GUSMÃO, T. A. S. Particle size, morphological, rheological, physicochemical characterization and designation of minerals in mesquite flour (*Proposis juliflora*) **Journal of Cereal Science**, v. 69, p. 119 - 124, 2016.

HAMACEK, F. R.; DELLA LUCIA, C. M.; DA SILVA, P. R.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO SANT'ANA, H. M.; MOREIRA, A. V. B. Valor nutricional e efeito do tratamento térmico sobre o potencial antioxidante em formulações de massa de macarrão sem glúten. **Alimentos e Nutrição**, v. 24, n.2, p. 135-143, 2013.

HOMMA, A. K. O. Biopirataria na Amazônia: como reduzir os riscos. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 47-60, 2005.

HUMMEL, C. **Macaroni products: manufacture processing and packing**. 2ª edição. London: Food Trade Press, 1966. 287p.

IGLESIAS-PUIG, E.; MONEDERO, V.; HAROS, M. Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. **Food Science and Technology**, v. 60, n.1, p. 71-77, 2015.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, 2008. 1020p.

JIDEANI, V. A.; MPOTOKWANA, S. M. Modeling of water absorption of Botswana Bambara varieties using Peleg's equation. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n.2, p. 182-188, 2009.

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

LADEIRA, T. M. S.; PENA, R. S. Propriedades físico-químicas e tecnológicas dos polvilhos azedos de três cultivares de mandioca. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 631-640, 2012.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

LEORO, M. G. V. **Macarrão instantâneo funcional obtido pelos processos de fritura convencional e a vácuo**. 2011. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.

LIMA, J. P. ; PORTELA, J. V. F. ; MARQUES. L.; ALCÂNTARA, M. A.; EL-AOUAR, A. A. Farinha de entrecasca de melancia em biscoitos sem glúten. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1688-1694, 2015.

LORUSSO, A.; VERNI, M.; MONTEMURRO, M.; CODA, R.; GOBBETTI, M.; RIZZELLO, C. G. Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features. **Food Science and Technology**, v. 78, n. 1, p. 215-221, 2017.

LUCATO, M. **Uma proposta de modelagem para secadores de macarrão de corte longo**. 2009. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos). Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul.

LUVIELMO, M. M.; SCAMPARINI, A. R. P. Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação. **Estudos tecnológicos**, v. 5, n. 1, p. 50-67, 2009.

MALUF, M. L. F. WEIRICH, C. E.; DALLAGNOL, J. M.; SIMÕES, M. R.; FEIDEN, A.; BOSCOL, W. R. Elaboração de massa fresca de macarrão enriquecida com pescado defumado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 1, p. 84-90, 2010.

MARCINKOWSKI, E. D. A. **Estudo da cinética de secagem, curvas de sorção e predição de propriedades termodinâmicas da proteína texturizada de soja**. 2006. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MARIOTTI, M.; IAMETTI, S.; CAPPÀ, C.; RASMUSSEN, P.; LUCISANO, M. Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the uncooked products. **Journal of Cereal Science**, v. 53, n. 1, p. 319-327, 2011.

MARIUSSO, A. C. B. **Estudo do enriquecimento de massas alimentícias com subprodutos agroindustriais visando o melhoramento funcional e tecnológico de massas frescas**. 2008. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MARTI, A.; PAGANI, M. A.; SEETHARAMAN, K. Understanding starch organisation in gluten-free pasta from rice flour. **Carbohydrate Polymers**, v. 84, n. 1, p. 1069–1074, 2011.

MARTÍNEZ, M. M.; SANZ, T.; GÓMEZ, M. Influence of wheat flour subjected to different extrusion conditions on the rheological behaviour and thermal properties of batter systems for coating. **LWT – Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 1309–1314, 2015.

MARTINS, J. N. **Obtenção de extrato seco de cumaru pelo processo de secagem em leite de jorro**. 2013. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MATOS, M. F. R.; SILVA, I. R. C.; MENDONÇA, T. A.; SANTOS, L. F. P.; NUNES, I. L.; DRUZIAN, J. I. Conformidade das farinhas de mandioca tipo copioba comercializadas nas feiras de salvador (BA) com os parâmetros da legislação: uma contribuição à indicação geográfica (IG) do produto. **Revista Geintec**, v. 2, n. 3, p.307-326, 2012.

MENEGASSI, B.; LEONEL, M. Efeito da adição de farinha de mandioca-salsa nas características de massa alimentícia. **Ciências Exatas Terra**, v. 11, n. 3, p. 13-19, 2005.

MENEZES, M. L.; STRÖHER, A. P.; PEREIRA, N. C.; BARROS, S. T. D. Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo. **Engevista**, v. 15, n. 2, p. 176-186, 2013.

MENEZES, B. R. S.; MOREIRA, L. B.; LOPES, H. M.; PEREIRA MAURÍCIO, B. Caracterização morfoagronômica em arroz vermelho e arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 490-499, 2011.

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

MIRHOSSEINI, H.; RASHID, N. F. A.; AMID, B. T.; CHEONG, K. W.; KAZEMI, M.; ZULKURNAIN, MUSFIRAH. Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. **Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 184 - 190, 2015.

NABESHIMA, E. H. **Desenvolvimento de massas alimentícias instantâneas de arroz, pelo processo de extrusão termoplástica, utilizando farinhas quimicamente modificadas**. 2007. 183f. Tese (Doutorado em Tecnologia dos Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

NADAL, J.; FERREIRA, S. M. R.; COSTA, I. B.; SCHMIDT, S. T. The principle of human right to adequate food and celiac disease: advancements and challenges. **Demetra**, v. 8, n. 3, p. 411-423, 2013.

NASSAR, N., ORTIZ, R. Melhorar a mandioca e alimentar os pobres. **Scientific American Brazil**, p. 72-77, 2010.

NICOLETTI, A. M.; SILVA, L. P.; HECKTHEUER, L. H.; TOLEDO, G. S. P.; GUTKOSKI, L. C. Uso de subprodutos agroindustriais no desenvolvimento de macarrão nutricionalmente melhorado. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 4, p. 421-429, 2008.

NICOLETTI, A. M. **Enriquecimento nutricional de macarrão com uso de subprodutos agroindustriais de baixo custo**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

OLIVEIRA, G. H. H.; ARAGÃO, D. M. S.; OLIVEIRA, A. P. L. R.; SILVA, M. G.; GUSMÃO, A. C. A. Modelagem e propriedades termodinâmicas na secagem de morangos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 4, p. 314-321, 2015.

OLIVEIRA, M. L. **Avaliação da produção e dos efeitos das radiações gama em macarrão enriquecido com bagaço de linhaça (*Linum usitatissimum* L.)**. 2014. 82f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

ORLANDIN, L. C. **Desenvolvimento e avaliação da qualidade de massas alimentícias sem glúten à base de farinhas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench)**. 2016. 103f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana). Universidade de Brasília, Brasília.

ORMENESE, R. C. S. C.; MISUMI, L.; ZAMBRANO, F.; FARIA, E. V. Influência do uso de ovo líquido pasteurizado e ovo desidratado nas características da massa alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 4, n. 2, p. 255-260, 2004.

ORMENESE, R. C.; CHANG, Y. K. 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. 91-97, 2003.

ORMENESE, R. C. S. C.; LEITAO, R. F. F.; SILVEIRA, N. F. A.; BALDINI, V. L. S. Influência da secagem à alta temperatura nas características das massas com ovos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 1, p. 7-12, 1998.

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

PEREIRA, C. F. S. **Bolachas sem glúten: desenvolvimento da formulação e processo de fabrico**. 2015. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar). Escola Superior Agrária de Coimbra, Coimbra.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, Z. P.; CUTRIM, V. A.; QUEIROZ, V. R.; Comparação entre características agronômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 243-248, 2009.

PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas. **Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 15-24, 2004.

PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. 2003. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos). Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto.

PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L.; ALMEIDA, G. C.; SANTOS, J. Z.; ONUKI, A. C. A.; NASCIMENTO, A. B. G. Caracterização química e física de batatas ágata e monalisa minimamente processadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 127-134, 2006.

PITÉ, M. R. **Validação de um método alternativo de análise de glúten em géneros alimentícios, o ELISA-R5: comparação com o actual método oficial de análise.** 2007. 100f. Dissertação (Mestrado em Controlo da Qualidade e Toxicologia dos Alimentos), Universidade de Lisboa, Lisboa.

PREICHARDT, L. D. ; VENDRUSCOLO, C. T.; GULARTE, M. A.; MOREIRA, A. S. Efeito da goma xantana nas características sensoriais de bolos sem glúten. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 03, n. 1, p. 70-76, 2009.

RAHMAN, S. **Handbook of Food Preservation.** Nova York: CRC Press, 2007. 1068p.

REIS, T. A. **Caracterização de macarrão massa seca enriquecido com farinha de polpa de peixe.** 2013. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

REMONATO, J.; JUDACEWSKI, P.; SANTOS, L. H.; SANTOS, S. M. V.; SILVA, S. Z. Qualidade de macarrão tipo talharim elaborado com farinha de batata-doce Beauregard. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 2, p. 91-95, 2017.

RESCHSTEINER, M. S. **Produção, digestibilidade e amido resistente em biscoitos extrusados a partir de farinha e fécula de batata doce e mandioca.** 2005. 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu.

RESTA, M. S. A.; OLIVEIRA, T. C. R. M. Avaliação do padrão estafilococos coagulase positiva estabelecido pela legislação brasileira para massas alimentícias. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.16, n.4, p.319-325, 2013.

REWERS, M. Epidemiology of celiac disease: what are the prevalence, incidence, and progression of celiac disease? **Gastroenterology**, v.128, n.4, p.47-51, 2005.

RIBEIRO, M. E. **Arroz vermelho produzido em experimentos na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, Piauí**. 2016. Disponível em : <<https://www.embrapa.br/meio-norte/busca-de-imagens/-/midia/3525002/arroz-vermelho>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2017.

ROCHA, D. R. C., PEREIRA JÚNIOR, G. A., VIEIRA, G., PANTOJA, L., SANTOS, A. S.; PINTO, N. A. V. D. Macarrão adicionado de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) desidratado. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 459-465, 2008.

RODRIGUES, C. C. A.; VILAR , J. S. Avaliação sensorial de macarrão do tipo massa fresca com farinha de berinjela. **Visão Acadêmica**, v.14, n.1, p. 62-70, 2013.

RODRÍGUEZ DE MARCO, E.; STEFFOLANI, M. E.; MARTÍNEZ, C. S.; LEÓN, A. E. Effects of spirulina biomass on the technological and nutritional quality of bread wheat pasta. **Food Science and Technology**, v. 58, n. 1, p.102-108, 2014.

ROSA-SIBAKOV, N.; HEINIO, R.L.; CASSAN, D.; HOLOPAINEN-MANTILA, U.; 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**, v. 67, n.1, p. 27–36, 2016.

SANGUINETTI, A.M.; SECCHI, N., DEL CARO, A.; FADDA, C.; FENU, P. A. M.; CATZEDDU, P.; PIGA, A. Gluten-free fresh filled pasta: the effects of xanthan and guar gum on changes in quality parameters after pasteurisation and during storage. **Food Science and Technology**, v.64, n.1, p. 678–684, 2015.

SANTANA, F. C.; SILVA, J. V.; ALVES, A.; SANTOS, A.; WARTHA, E. R. D. S. A.; MARCELLINI, P. S.; SILVA, M. A. A. P. Desenvolvimento de biscoito rico em fibras elaborado por substituição parcial da farinha de trigo por farinha da casca do maracujá

amarelo (*Passiflora Edulis* Flavicarpa) e fécula de mandioca (*Manihot Esculenta* Crantz) **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n.3, p. 391-399, 2011.

SANTOS, E. C. B. **Métodos de abate e qualidade da Tilápia do Nilo**. 2013. 100f. Tese (Doutorado em Aquicultura). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SANTOS JÚNIOR, J. J. S. **Análise do processo de secagem industrial de espaguete em secadora de fluxo contínuo e a Influência da matéria-prima sobre a qualidade do produto final**. 2014. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SANTOS, T. B. **A utilização de agências de vendas (BROKER): O Caso Füller**. 2003. 82f. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SAPONE, A.; BAI, J. C.; CIACCI, C.; DOLINSEK, J.; GREEN, P. H. R.; HADJIVASSILIOU, M.; KAUKINEN, K.; ROSTAMI, K.; SANDERS, D. S.; SCHUMANN, M.; ULLRICH, R.; VILLALTA, D.; VOLTA, U.; CATASSI, C.; FASANO, ALESSIO. Spectrum of glibuten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. **BMC Medicine**, v. 10, n.13, p. 1-12, 2012.

SCARANTO, B. A. A. **Aplicação de redes neurais na formulação de gorduras para bolo baseada em gorduras interesterificadas de soja e algodão**. 2010. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

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

SECZYK, L.; SWIECA, M.; GAWLIK-DZIKI, U. Effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. **Food Chemistry**, v. 194, n. 1, p. 637-642, 2016.

SHAO, Y.; XU, F.; SUN, X.; BAO, J.; BETA, T. Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels (*Oryza sativa L.*). **Journal of Cereal Science**, v.1, n. 59, p. 211-218, 2014.

SILVA, A. C. M. S.; PINHO, L. S.; SOUSA, L. S.; MOURA, L. E.; SOUZA, C. O.; DRUZIAN, J. I. Classificação, identidade e matérias estranhas de farinha de mandioca copioba: conformidade com a legislação brasileira e contribuição a indicação geográfica **Cadernos de Prospecção**, v. 8, n. 1, p. 192-202, 2015.

SILVA, C. G. **Otimização do processo de produção da aguardente de algaroba e aproveitamento dos resíduos sólidos em produtos alimentares**. 2009. 232f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, E. M. M.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R. Quality assessment of gluten-free pasta prepared with a brown rice and corn meal blend via thermoplastic extrusion. **Food Science and Technology**, v. 68, n. 1, p. 698–706, 2016.

SILVA, E. M. M.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R.; CARVALHO, L. M. J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas características de viscosidade de pasta e Índice de absorção de água de macarrões pré-cozidos elaborados a partir de farinha mista de arroz integral e milho obtidos por extrusão. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 239-254, 2008.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SILVA, F. A. S.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. Nova metodologia para interpretação de dados de análise sensorial de alimentos. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 30, n.5, p.967-973, 2010b.

SILVA FILHO, E. D. **Obtenção e avaliação da qualidade da polpa da manga cv. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma.** 2012. 214f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água.** Livraria Varela. 4º ed. São Paulo. 632 p. 2010a.

SILVA, P. A.; MELO, W. S.; CUNHA, R. L.; CUNHA, E. F. M.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Caracterização das raízes e féculas de três variedades de mandioca produzidas no estado do Pará. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.18, n.2, p.147-154, 2016.

SILVA, P. A. **Estudo do processamento e da qualidade física, físico-química e sensorial da farinha de tapioca.** 2011. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Pará, Belém.

SILVA, R. F.; 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**, v. 29, n. 4, p. 815-819, 2009.

SIMON, A. **Elaboração de brownie de chocolate sem glúten com a utilização de farinha de arroz e trigo sarraceno.** 2014. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SINGLETON, V.L.; ROSSI J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n.3, p. 144–158, 1965.

SOUSA, R. V.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ALMEIDA, R. D.; ROSA, M. E. C. Análise da cinética de secagem em camada fina do

arroz vermelho em casca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.18, n. Especial, p. 517-529, 2016.

SOUZA, Z. S. **Melhorando da para processamento industrial em condições subtropical e temperada do Sul do Brasil**. 2010. 153f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SPANHOLI, L., OLIVEIRA, V. R. Utilização de farinha de albedo de maracujá (*Passiflora edulis Flavicarpa Degener*) no preparo de massa alimentícia. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 4, p. 599-603, 2009.

SUSANNA, S.; PRABHASANKAR, P. A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. **Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 613- 621, 2013.

STATSOFT, **STATISTICA for Windows version 8.0**. Computer program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2008.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Elsevier, v. 13, p. 215-225, 2002.

TAZRART, K.; LAMACCHIA, C.; ZAIDIC, F.; HAROSA, M. Nutrient composition and in vitro digestibility of fresh pasta enriched with Vicia faba. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 47, n. 1, p. 8–15, 2016.

TEBA, C. S. **Elaboração de massas alimentícias pré-cozidas à base de farinha mista de arroz polido e feijão preto sem casca pelo processo de extrusão termoplástica**. 2009. 199f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

TELIS, V. R. N. et al. Water sorption thermodynamic properties applied to persimmon skin and pulp. **Thermochimica Acta**, v. 343, n. 1-2, p. 49-56, 2000.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

TOMICKEI, L.; RIGO, A. A.; DURIGON, A.; GUTKOSKI, L.C.; ZENI, J.; ALDUGA, E.; STEFFENS, C.; TONIAZZO, G. Elaboração e avaliação da qualidade de macarrão isento de glúten. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1311-1318, 2015.

UCHÔA THOMAZ, A.; SOUSA, E.; LIMA, A.; LIMA, R.; FREITAS, P.; SOUSA, M.; THOMAZ, J.; CARIOCA, J. Elaboração e aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó. **Holos**, v.5, n.1, p. 199-210, 2014.

VALLEJOS, V. B.; CRIZEL, T. M. ; SALAS-MELLADO, M. M. Development of gluten-free cakes with the addition of methylcellulose and xanthan gum. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1317-1328, 2015.

VÉLEZ, H. A. V. **Aplicações de secagem para o aproveitamento de resíduos da banana, visando sua aplicação na indústria**. 2011. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto.

VICENTINI, N. M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**. 2003. 198 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botocatu.

VIEIRA, T. S.; FREITAS, F. V.; SILVA, L. A. A.; BARBOSA, W. M.; SILVA, M. M. Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18 n. 4, p. 285-292, 2015.

VIEIRA, J. C.; MONTENEGRO, F. M.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Influência da adição de fécula de mandioca nas características do pão tipo chá. **Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 37-48, 2010.

VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n. 2, p. 387-394, 2008.

VILLENEUVE, S.; GÉLINAS, P. Drying kinetics of whole durum wheat pasta according to temperature and relative humidity. **Food Science and Technology**. v. 40, n. 3, p. 465-471, 2007.

VIRMOND, E. P.; KAWAKAMI, J; VONCIK, K. S.; CÓRDOVA, K. R. V.; SLOMPO, P. J. H. Características físico-químicas de cultivares de batata sob cultivo orgânico. **Ambiência**, v. 10, n. 1, p. 31-42, 2014.

WALTER, M. **Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom-claro, vermelho e preto**. 2009. 121f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

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

ZANDONADI, R. P.; BOTELHO, R. B.; GANDOLFI, L.; GINANI, J. S.; MONTENEGRO, F. M.; PRATESI, R. Green banana pasta: an alternative for gluten-free diets. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v.112, n.7, p.1068-1072, 2012.