



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

MICHELE SCARTON

**AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA, FUNCIONAL E SENSORIAL DE MASSAS
ALIMENTÍCIAS SEM GLÚTEN COM FARINHA DE BATATA-DOCE
BIOFORTIFICADA EM PROVITAMINA A**

CAMPINAS

2017

MICHELE SCARTON

**AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA, FUNCIONAL E SENSORIAL DE MASSAS
ALIMENTÍCIAS SEM GLÚTEN COM FARINHA DE BATATA-DOCE
BIOFORTIFICADA EM PROVITAMINA A**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestra em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI

Co-orientadora: Prof^ª Dr^ª HELENA TEIXEIRA GODOY

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA MICHELE SCARTON,
E ORIENTADA PELA PROF.^a DR.^a MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI

CAMPINAS

2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CNPq, 131208/2015-2
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8396-219X>

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Márcia Regina Garbelini Sevillano - CRB 8/3647

Sca78a Scarton, Michele, 1988-
Avaliação tecnológica, funcional e sensorial de massas alimentícias sem glúten com farinha de batata-doce biofortificada em provitamina A / Michele Scarton. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici.
Coorientador: Helena Teixeira Godoy.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Cereais. 2. Alimentos enriquecidos. 3. Carotenóides. 4. Alimentos sem gluten. I. Clerici, Maria Teresa Pedrosa Silva, 1964-. II. Godoy, Helena Teixeira, 1957-. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Technological, functional and sensorial evaluation of gluten-free pasta containing flour made with provitamin A - biofortified sweet potato.

Palavras-chave em inglês:

Cereals
Enriched foods
Carotenoids
Gluten-free foods

Área de concentração: Tecnologia de Alimentos

Titulação: Mestra em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora:

Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici [Orientador]
Elizabeth Harumi Nabeshima
Jorge Herman Behrens

Data de defesa: 10-04-2017

Programa de Pós-Graduação: Tecnologia de Alimentos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Comissão Examinadora.

Prof.^a Dr.^a Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici (Orientadora)
DTA, FEA, UNICAMP.

Dr.^a Elizabeth Harumi Nabeshima (membro titular)
Instituto de Tecnologia de Alimentos, ITAL. Campinas, SP.

Prof. Dr. Jorge Herman Behrens (membro titular)
DEPAN, FEA, UNICAMP.

Prof.^a Dr.^a Caroline Joy Steel (membro suplente)
DTA, FEA, UNICAMP.

Prof.^a Dr.^a Celia Maria Landi Franco (membro suplente)
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, J. S. do Rio Preto.

A Ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica da aluna.

Dedico este trabalho aos
meus pais, Emerson e Claudete, e
ao meu irmão, Emerson Ricardo.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Campinas, pela sua estrutura e excelência de ensino, em especial à Faculdade de Engenharia de Alimentos, que me recebeu e permitiu meu crescimento profissional e pessoal.

À agência de fomento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida, que permitiu que concretizasse meus estudos nestes dois anos.

À Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici, pela orientação, cordialidade, assistência e correções, permitindo-me sempre a oportunidade de crescimento.

À Helena Godoy, pela orientação, ensinamentos e pela oportunidade de trabalhar e aprender no Laboratório de Análise I (UNICAMP, DCA).

Ao prof. Dr. Jorge Behrens e à futura doutora Tatiane Ribeiro, por toda a assistência, oferecimento da estrutura do Laboratório de Análises sensoriais do Departamento de Alimentos e Nutrição (FEA, DEPAN), e auxílio na análise dos dados de sensorial, que muito contribuíram à qualidade deste trabalho.

Aos professores, em especial à Prof.^a Dr.^a Caroline Joy Steel e Prof. Dr. Yoon Kill Chang pelos conhecimentos e amizade.

À todos os membros da banca examinadora, pela presença e doação de seu tempo, nas correções e sugestões fundamentais para esta dissertação.

À Embrapa Biofort, especialmente à Dr.^a Marília Nutti e ao Dr. José Luiz de Viana de Carvalho, pela parceria e doação das amostras de batata-doce cultivar '*Beauregard*'.

À Dr.^a Julie e toda a equipe da Fazenda Pau d'alho (Campinas, SP), pelo cultivo das batatas-doces, pela atenção, cordialidade e auxílios prestados.

Às empresas que muito contribuíram com doações de seus produtos, tornando este trabalho possível, em especial: ao Sr. Thomaz Setti, da SL Alimentos (Mauá da Serra/PR), pela farinha

de arroz; Sra. Liliane Furlan e Sra. Tatiane Santos, da CPKelco (Limeira, SP), pela goma CMC; Sr. Rivas Bartz, da empresa Grupo HT Nutri (Camaquã/RS), pela proteína de soja; à empresa Danisco Brasil (Cotia, SP), pelo emulsificante monoglicerídeos de ácidos graxos.

Ao Laboratório de Frutas e Hortaliças da Unicamp, especialmente à técnica Ana Koon e Prof.^a Dr^a Priscilla Efraim, pela estrutura para processamento das batatas-doces.

Ao Laboratório de Embalagens (UNICAMP, DTA), em especial à técnica Kimie Alice Shiosawa, pelas embalagens e assistência fornecida.

Ao Laboratório de Análises Integradas (LAC, UNICAMP, FEA), especialmente às técnicas e estimadas amigas Bianca Wopereis e Edna de Paula, pela assistência na liofilização e secagem de materiais, uso de espaço e equipamentos e orientação para realização de análises.

À todos os mestrandos e doutorandos do Laboratório de Análises I, em especial à Marcus Arthur Marçal de Vasconcelos, e à Suian Moreira, meus amigos, companheiros de cromatografias e de vida. À técnica e mestra Marcela Sismotto, pelos ensinamentos e auxílio com os cálculos cromatográficos e amizade franca. Aos amigos e companheiros de café Michelly Paludo, Guilherme, Seu Dirceu e Rodolfo, por toda a amizade, auxílio e companhia.

À Juliana Hashimoto e Ana Paula, pelo auxílio com as análises de textura e de colorimetria.

Aos funcionários do DTA e da Graduação (FEA), Adauto, Ana Maria da Silva, Alessandra Silva Coelho, Claudia Cruz F. Santos, José Roberto dos Santos, Leila, Sandra e Márcio pela prontidão e auxílio na manutenção do laboratório.

Aos amigos e companheiros de jornada do laboratório de Cereais, em especial à Adriana Wahanik, Aline Brito, Amanda Nogueira, Amanda Rios, Ana Paula Carvalho, Elisa Neves, Geórgia Sehn, Lara Brites, Ludmilla Carvalho de Oliveira, Fernanda Ortolan, Flávio Montenegro, José Ricardo C. Ganancio, Mária H. Ferrari Felisberto, Thaísa Moro e Ulliana Sampaio pela ajuda, bons conselhos e especialmente boa convivência.

Aos amigos Izilda Santos, Bia, Rita, Lu, Seu Nilo, Renato, Giovani, que sempre faziam nosso dia mais alegre.

Aos amigos mestrando, doutorando e/ou alunos especiais da FEA, em especial à Ana Karoline Ignácio, Ana Paula A. Pereira, Matheus Avelar, Elisa Delazeri Paolazzi, Gabriela Bolaños, Guilherme Cava, Kamila Ramponi, Letícia Cardoso, Libia Sánchez Agredo, Maria Rosa de Moraes, Wellington Oliveira, e tantos outros que tive a oportunidade de conhecer e conviver, mesmo que rapidamente.

Ao graduando, amigo e orientando de Iniciação Científica, Gustavo Costa do Nascimento, e aos graduandos do laboratório de cereais, especialmente a Caroline Celegatti, Igor, Karol Urbano, Nayara, Gabriela, Nathanny Alves e Tiago Aleluia, pela assistência nas análises, parceria e amizade.

À minha família, em especial aos meus pais, Emerson e Claudete, e ao meu irmão, Emerson Ricardo, por toda a ajuda, tanto em recursos materiais e muito mais em carinho e paciência, que me mantiveram firmes no mestrado, mesmo nos momentos difíceis.

Ao querido Simael Rosim, obrigada por todo amor e carinho, pelos incentivos, pelo trabalho e paciência em cada segundo comigo. Isto foi fundamental para que eu prosseguisse neste trabalho.

À amiga querida Ellen Camilla Silva e amigos da ESALQ.

A todos que de alguma forma estiveram envolvidos na minha vida e neste trabalho:

Deus os abençoe!

RESUMO

As massas sem glúten são excelentes opções para as principais refeições de indivíduos portadores da síndrome celíaca e também para aqueles que optam por estes produtos com propósitos de saudabilidade, bem-estar e diversificação da dieta. Frequentemente as massas sem glúten não atendem aos padrões desejados pelos consumidores quanto às suas características de aparência, sabor, textura, e quanto à qualidade e disponibilidade de nutrientes. No primeiro artigo deste estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre massas, com o objetivo de apresentar as inovações em ingredientes para sua melhoria tecnológica e nutricional e estabelecer as diretrizes para a seleção destes ingredientes. Observou-se que o maior desafio ainda é a obtenção de textura e aparência desejáveis, próximas às massas à base de trigo. Observou-se que foram utilizados como novos ingredientes as farinhas obtidas a partir de leguminosas, frutos, raízes regionais, coprodutos de processamento de alimentos e outras fontes ricas em fibras e em proteínas. O segundo artigo deste trabalho desenvolveu, avaliou e selecionou massas alimentícias sem glúten secas formuladas à base da mistura de farinha de arroz (FA), farinha de batata-doce biofortificada (FBDB), proteína concentrada de soja hidrolisada (PCSH) e goma carboximetilcelulose (CMC). Para a produção das massas, foi utilizado um delineamento composto central rotacional, totalizando 17 ensaios. As variáveis independentes foram a proporção entre FA e FBDB e as quantidades de PCSH e de CMC, e foi adicionada quantidade fixa de emulsificante monoglicerídeos destilados. As pré-misturas das massas, e as massas secas e cozidas, foram avaliadas quanto as suas características reológicas e tecnológicas. Foram selecionadas três massas, dentro das respostas esperadas, sendo estas: E1 (proporção FA:FBDB 90:10; quantidade PCSH 5 g/100 g de mistura FA:FBDB; quantidade de CMC de 1 g/100 g de mistura FA:FBDB), E2 (proporção FA:FBDB 20:80; quantidade de PCSH de 5 g/100 g de mistura FA:FBDB; quantidade de CMC de 1 g/100 g de mistura FA:FBDB) e E12 (proporção FA:FBDB 15:85; quantidade de PCSH de 10,4 g/100 g de mistura FA:FBDB; quantidade de CMC de 2 g/100 g de mistura FA:FBDB). No terceiro artigo, foram avaliadas as propriedades de cozimento, a composição físico-química, a composição funcional quanto ao teor de β -caroteno, e a aceitabilidade sensorial das massas cozidas previamente selecionadas. O teor de β -caroteno das massas cozidas aumentou de acordo com a adição de FBDB e encontram-se de acordo com o relatado pela literatura. A textura foi o atributo que mais penalizou as médias de impressão global sensorial. A adição da FBDB como ingrediente para aplicação em massas alimentícias sem glúten à base de arroz permitiu a melhoria das características tecnológicas, funcionais e sensoriais, apresentando-se como opção de ingrediente a estes produtos.

Palavras-chave: cereal; alimentos enriquecidos; carotenoides; alimentos sem glúten.

ABSTRACT

Gluten-free pasta (GFP) are important choices as main meals alternatives for people with celiac syndrome and also for consumers who opt for gluten-free products aiming at the well-being and diversification of the diet. Nonetheless GFP often are not on the consumer's standards of appearance, taste, texture, and nutrient quality and availability. In the first article of this study, a literature review about GFP was carried aiming to present the innovations in ingredients for its technological and nutritional improvement and to establish the guidelines for the ingredients selection to improve its healthiness. It was observed that the greatest challenge is still to obtain the desirable texture and appearance, that is closer to wheat pasta. Many new ingredients were used as derived flours from legumes, regional fruits and roots, co-products from food processing, and high fiber and protein sources. The second article aimed to present the development, evaluation and technological selection of GFP formulated with mixture of rice flour (RF), biofortified sweet potato flour (BSPF), hydrolysed soy protein concentrate (HSPC) and sodium carboxymethyl cellulose gum (CMC). For the pasta production a central composite rotatable design (CCRD) was developed with 17 assays. The independent variables were the RF:BSPF proportion, HSPC and CMC, and a fixed amount of distilled monoglyceride was added as emulsifier. The premixes, dry pastas and cooked pastas were evaluated about its rheological and technological characteristics, and three pastas were selected: E1 (RF:BSPF proportion 90:10; 5g of HSPC/100 g RF:BSPF; 1 g of CMC/100 g RF:BSPF), E2 (RF:BSPF proportion 80:20; 5g of HSPC/100 g RF:BSPF; 1 g of CMC/100 g RF:BSPF) e E12 (RF:BSPF proportion 85:15; 10,4 g of HSPC/100 g RF:BSPF; 2 g of CMC/100 g RF:BSPF). In the third article, the cooking properties, physicochemical composition, functional composition in β -carotene content, and the sensorial acceptability of the selected cooked pasta were evaluated. The β -carotene content of the cooked pasta increased with the addition of BSPF and the values found are in accordance with the literature. The texture was the attribute that most penalized the mean of global sensory acceptance, suggesting an in-depth study on the texture profile of the obtained pastas. In conclusion, the addition of BSPF as ingredients for application in rice-based gluten-free pasta allowed the improvement its technological, functional and sensorial characteristics, presenting as an important ingredient for these products.

Keywords: cereal; enriched foods; carotenoids; gluten-free foods.

LISTA DE ABREVIATURAS

ARTIGO I

AR II – Amido Resistente tipo II

IG – Índice Glicêmico

SNCG – Sensibilidade não celíaca ao glúten

ARTIGO II

AACCI - *American Association of Cereal Chemists International*

ANOVA – Análise de Variância

AOAC - *Association of Official Analytical Chemists*

BioFORT – Programa de Biofortificação de Alimentos

CMC – Goma Carboximetilcelulose sódica

DCCR – Delineamento Composto Central Rotacional

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FA – Farinha de Arroz

FBDB – Farinha de Batata-Doce Biofortificada

IAA – Índice de Absorção de Água

ISA – Índice de Solubilidade em Água

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

MGD – Emulsificante Monoglicerídeos Destilados

PCSH – Proteína Concentrada de Soja Hidrolisada

RVA – *Rapid Vysco Analyser*

TOC –Tempo Ótimo de Cozimento

Tp – Temperatura de pasta

tp – tempo de pico

UR – Umidade Relativa

Vf – Viscosidade final

VM – Viscosidade máxima

Vm – Viscosidade mínima

ARTIGO III

AACCI – *American Association of Cereal Chemists International*

TOC – Tempo Ótimo de Cozimento

AM – Aumento de massa

ANOVA – Análise de Variância

AOAC - *Association of Official Analytical Chemists*

BioFORT – Programa de Biofortificação de Alimentos

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

CIP – *International Potato Center* (Centro Internacional de La Papa)

CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

CMC – Goma Carboximetilcelulose sódica

CNPq – Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico

DCCR – Delineamento Composto Central Rotacional

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FA – Farinha de Arroz

FBDB – Farinha de Batata-Doce Biofortificada

MGD – Emulsificante Monoglicerídeos Destilados

PCSH – Proteína Concentrada de Soja Hidrolisada

TOC – Tempo Ótimo de Cozimento

PS – Perda de sólidos

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA

β – beta

cP – centipoise

g – gramas

μ – microgramas

mg – miligramas

ml – mililitros

N – Newton

UR – Umidade Relativa

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

Figura 1. Classificação de ingredientes utilizados para composição das massas alimentícias sem glúten.....	28
--	----

ARTIGO II

Figura 1. Parâmetros para avaliação e classificação tecnológica de massas alimentícias sem glúten.....	54
Figura 2. Micrografias de grânulos de amido de batata-doce cultivar ' <i>Beauregard</i> ', utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), aumento de 3000 x.....	60
Figura 3. Superfícies de resposta para análises em pré-misturas de massas alimentícias sem glúten.....	63
Figura 4. Propriedades de pasta: a) gráfico de propriedades de pasta de farinha de arroz (FA); b) gráfico de propriedades de pasta de FBDB.....	64
Figura 5. Pastas obtidas após gelatinização e resfriamento (25°C) da farinha de arroz (FA) e farinha de batata-doce biofortificada.....	66
Figura 6. Massas alimentícias sem glúten secas e após cozimento, produzidas conforme DCCR 2 ³ , com variáveis independentes ($x_1/x_2/x_3$).....	68
Figura 7. Superfícies de resposta para análises tecnológicas de massas alimentícias secas sem glúten.....	71
Figura 8. Superfícies de resposta para análises de viscosidade de pasta para pré-misturas de massas alimentícias secas sem glúten.....	75
Figura 9. Superfícies de resposta para análises de viscosidade de pasta de massas alimentícias secas sem glúten cruas.....	76
Figura 10. Superfícies de resposta para análises em massas alimentícias secas sem glúten cozidas e submetidas à secagem.....	79

ARTIGO III

Figura 1. Superfícies de resposta para análises de propriedade de cozimento de massas alimentícias sem glúten para a interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto ao aumento de massa AM (%).	109
Figura 2. Superfícies de resposta para análise de parâmetros de cor (CIELab) de massas alimentícias sem glúten cruas e cozidas	111

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1. Formulações de massas alimentícias sem glúten.....	29
Tabela 2. Formulações e processos de obtenção de massas alimentícias sem glúten.....	32
Tabela 3. Ingredientes que conferem saudabilidade em massas alimentícias sem glúten.....	36

ARTIGO II

Tabela 1. Matriz do planejamento fatorial completo 2 ³ (valores codificados e reais) das formulações de massas alimentícias sem glúten.....	53
Tabela 2. Características tecnológicas para classificação das massas alimentícias sem glúten	55
Tabela 3. Granulometria da farinha de arroz (FA) e farinha de batata-doce biofortificada (FDBD).....	58
Tabela 4. Valores de umidade (%) para pré-misturas, massas alimentícias sem glúten secas e massas sem glúten submetidas à cozimento e secagem.....	61
Tabela 5. Índice de absorção de água (IAA) e índice de Solubilidade em água (IAA) para pré-misturas de massas alimentícias sem glúten.....	62
Tabela 6. Características tecnológicas das massas alimentícias sem glúten.....	70
Tabela 7. Resultados de ANOVA para efeitos tecnológicos e reológicos das pré-misturas, massas alimentícias sem glúten secas e massas secas submetidas ao cozimento e secagem.	72
Tabela 8. Características tecnológicas das massas alimentícias sem glúten secas selecionadas.	73
Tabela 9. Propriedades de pasta de pré-misturas de massas alimentícias sem glúten.....	81
Tabela 10. Propriedades de pasta de massas alimentícias secas sem glúten.....	82
Tabela 11. Propriedades de pasta de massas alimentícias secas sem glúten submetidas à cozimento e secagem.....	83

ARTIGO III

Tabela 1. Matriz do planejamento fatorial completo 2^3 (valores codificados e reais) das formulações de massas alimentícias sem glúten.....	98
Tabela 2.Características tecnológicas das massas alimentícias sem glúten secas selecionadas.	100
Tabela 3. Composição centesimal dos ingredientes utilizados na produção de massas alimentícias sem glúten.	104
Tabela 4. Características de cozimento das massas alimentícias sem glúten.....	107
Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) para características tecnológicas de massas alimentícias sem glúten.	108
Tabela 6. Valores de cor (sistema CIELab) e de diferença de cor (ΔE) para massas alimentícias sem glúten secas cruas e cozidas.	110
Tabela 7. Composição proximal das massas alimentícias sem glúten selecionadas.	112
Tabela 8. Teor de β -caroteno em massas alimentícias sem glúten cozidas.....	113
Tabela 9. Aparência e intenção de compra das massas alimentícias sem glúten cruas E1, E2 e E12 (n=57).....	115
Tabela 10. Análise de penalidades para o atributo aparência em relação à cor ideal de massas alimentícias sem glúten secas cruas (n=57).....	117
Tabela 11. Aceitação sensorial e intenção de consumo das massas alimentícias sem glúten cozidas E1, E2 e E12 (n=57).	118
Tabela 12. Análise de penalidades para atributo aparência em relação à cor ideal de massas alimentícias sem glúten cozidas (n=57).	119
Tabela 13. Análise de penalidades para atributo impressão global em relação à consistência de massas alimentícias sem glúten cozidas (n=57).	121

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	20
OBJETIVO.....	23
Objetivo geral	23
Objetivos específicos	23
ARTIGO I - Principais tendências em ingredientes para melhorar a saudabilidade e a qualidade tecnológica de massas alimentícias sem glúten	24
RESUMO.....	25
INTRODUÇÃO	26
ASPECTOS TECNOLÓGICOS DE MASSAS ALIMENTÍCIAS SEM GLÚTEN.....	27
TENDÊNCIAS EM INGREDIENTES ESTRUTURANTES	31
TENDÊNCIAS EM MELHORADORES TECNOLÓGICOS	35
TENDÊNCIAS EM INGREDIENTES MELHORADORES NUTRICIONAIS E DE SAUDABILIDADE.....	35
CONCLUSÃO	39
AGRADECIMENTOS	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
ARTIGO II – Propriedades tecnológicas e reológicas de massas alimentícias sem glúten à base de arroz com adição de farinha de batata-doce biofortificada em provitamina A ..	47
RESUMO.....	48
1 INTRODUÇÃO	49
2 MATERIAL E MÉTODOS	50
3 RESULTADOS	58
4 CONCLUSÃO	85
AGRADECIMENTOS	85
REFERÊNCIAS.....	85

ARTIGO III – Avaliação tecnológica, funcional e sensorial de massas alimentícias sem glúten com farinha de batata-doce biofortificada em provitamina A	91
RESUMO.....	93
1 INTRODUÇÃO	93
2 MATERIAL E MÉTODOS	95
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	104
4 CONCLUSÃO	122
AGRADECIMENTOS	122
REFERÊNCIAS.....	123
DISCUSSÃO GERAL	130
CONCLUSÃO GERAL	133
REFERÊNCIAS	134
ANEXOS	148

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

As massas alimentícias são fontes energéticas em refeições de almoço e jantar. São predominantemente formuladas à base de farinha de trigo, pelas qualidades viscoelásticas e estruturais oferecidas pelas proteínas formadoras do glúten presentes neste cereal e que são fundamentais para a estruturação da massa nas etapas de mistura, extrusão, secagem e cozimento que caracterizam seu preparo.

O glúten é uma fração proteica que pode desencadear reações alérgicas ou imunológicas em pessoas geneticamente predispostas, tais como indivíduos que apresentam a síndrome celíaca ou que apresentam sensibilidade ao glúten não celíaca. A reação ao glúten afeta principalmente o intestino delgado, danificando as vilosidades responsáveis pela absorção de nutrientes e ocasionando casos graves de má absorção de vitaminas e minerais. O tratamento único é o direcionamento de uma dieta de restrição ao glúten, fator que têm incentivado cada vez mais pesquisas a respeito de produtos que possam substituir as massas convencionais quanto a características tecnológicas, sensoriais e funcionais.

Além dos indivíduos portadores da síndrome celíaca e os que possuem sensibilidade ao glúten, têm se destacado como consumidores de massas alimentícias sem glúten indivíduos que buscam opções de alimentos com ingredientes que possuem efeitos benéficos à saúde, ou que promovam novas experiências alimentares pela diversificação da dieta.

Os ingredientes para massas alimentícias sem glúten em geral são farinhas de fontes livres de proteínas formadoras do glúten, derivadas de cereais, tubérculos, raízes e pseudocereais. Destaca-se como base destas massas a farinha de arroz, que apresenta proteínas de baixo potencial alergênico, sabor suave e coloração neutra, que permite sua aplicação conjuntamente a outros ingredientes.

A busca por novos ingredientes enriquecedores é constante, principalmente por opções que atendam aos critérios de saudabilidade necessários ao público consumidor de massas sem glúten. Uma alternativa a ser explorada como ingrediente em massas alimentícias sem glúten à base de arroz é a batata-doce biofortificada em carotenoides provitamina A, que possui 10 vezes mais carotenoides do que a batata-doce de plantio convencional (ALVES et al., 2012). A vitamina A é importante na imunidade e saúde dos tecidos, atuando também na absorção de ferro, um mineral essencial cuja falta ocasiona a ocorrência de anemias, um dos principais sintomas manifestados por pacientes celíacos, decorrente da má absorção de nutrientes.

A batata-doce biofortificada é rica em amido, possui coloração laranja e sabor adocicado agradável. Esta variedade é consumida mundialmente e vem sendo cultivada em escala experimental em algumas regiões do Brasil, sendo utilizada principalmente para consumo de mesa. A aplicação desta raiz na forma de farinha em massas sem glúten possibilita agregar valor a este produto, ampliar seu consumo e principalmente contribuir para as características nutricionais e sensoriais de massas alimentícias à base de arroz, que exigem complementação com aditivos para coloração e melhoria sensorial, tecnológica e nutricional.

OBJETIVO

Objetivo geral

Desenvolver massas alimentícias secas sem glúten à base de farinha de batata-doce biofortificada em provitamina A (*I. batatas 'Beauregard'*), farinha de arroz, proteína concentrada de soja hidrolisada e carboximetilcelulose sódica, visando obter as melhores massas alimentícias quanto a características tecnológicas, assim como avaliar suas propriedades funcionais quanto ao teor de β -caroteno e a aceitabilidade sensorial das melhores formulações.

Objetivos específicos

- i. Obter e caracterizar as matérias-primas utilizadas: farinha de arroz, batata-doce, farinha de batata-doce biofortificada e proteína concentrada de soja hidrolisada;
- ii. Produzir e caracterizar tecnologicamente as massas alimentícias sem glúten, visando a seleção das melhores massas.
- iii. Caracterizar nutricionalmente as massas alimentícias selecionadas;
- iv. Avaliar a qualidade funcional após o cozimento das massas selecionadas quanto aos teores de β -caroteno;
- v. Avaliar sensorialmente as massas alimentícias selecionadas.

ARTIGO I

Principais tendências em ingredientes para melhorar a saudabilidade e a qualidade tecnológica de massas alimentícias sem glúten

Autoras: Michele Scarton e Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

O artigo será submetido à Revista Food Reviews International.

ARTIGO 1 – Revisão bibliográfica

Principais tendências em ingredientes para melhorar a saudabilidade e a qualidade tecnológica de massas alimentícias sem glúten

Michele SCARTON ¹ e Maria Teresa Pedrosa Silva CLERICI ²

¹ Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, CEP 13083-862, Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: m162311@dac.unicamp.br.

² Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, CEP 13083-862, Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: mclerici@unicamp.br.

RESUMO

A interação entre as proteínas formadoras do glúten presentes na farinha de trigo contribui para as características nutricionais e tecnológicas das massas alimentícias. Porém, há consumidores que possuem intolerância ao consumo de glúten. A substituição da farinha de trigo por outras farinhas e componentes que contribuam para a saudabilidade e características tecnológicas das massas sem glúten ainda é um desafio, pois estas massas frequentemente não atendem aos requisitos de textura, sabor, cor e qualidade nutricional, e apresentam índice glicêmico elevado. O objetivo desta revisão foi apresentar os principais estudos desenvolvidos sobre massas sem glúten e quais os ingredientes que foram utilizados para melhoria das características tecnológicas e de saudabilidade, assim como apresentar os processos tecnológicos utilizados para a obtenção das massas. Foi verificado que a maioria dos trabalhos envolvem a aplicação de ingredientes como fontes não-convencionais de fibras, de proteínas e de amido resistente. Observou-se a predominância de estudos sobre massas longas e a utilização de farinhas de milho e arroz como base para a produção das massas. Para melhorar a saudabilidade das massas, verificou-se que foram usados ingredientes ricos em proteínas e fibras insolúveis. Com esta revisão, podemos propor algumas diretrizes para seleção de ingredientes para massas sem glúten: baixa alergenicidade, baixos teores de compostos antinutricionais, alta digestibilidade proteica, predominância de amidos lentamente digeríveis e fibras prebióticas ou de trânsito lento no sistema digestório e preferência por aditivos seguros ao consumo.

Palavras-chave: propriedades de cozimento; produtos sem glúten; alimentos enriquecidos.

INTRODUÇÃO

As massas alimentícias são obtidas a partir sêmola de trigo e água, misturadas e formatadas, submetidas ou não à secagem. O consumo de massas alimentícias foi popularizado graças às suas características de conveniência, facilidade no preparo e versatilidade de opções para consumo (MARTI; PAGANI, 2013).

Para a produção de massas alimentícias de alta qualidade, é utilizada tradicionalmente a sêmola obtida a partir da moagem do trigo duro (*Triticum durum* L.), que possui grão de maior tamanho, mais duro e com maior quantidade de proteínas formadoras da rede de glúten do que o trigo utilizado em farinhas destinadas à panificação (SCHEUER et al., 2011). A rede de glúten é formada pela interação entre as frações proteicas de prolaminas e glutelinas, que ocorre na hidratação e mistura da sêmola. O equilíbrio entre a elevada elasticidade e a baixa extensibilidade da rede de glúten formada promove as características desejáveis às massas alimentícias, como textura firme após o cozimento, conhecida como ‘*al dente*’ (BROCKWAY, 2011; JUHÁSZ; BÉKÉS; WRIGLEY, 2015).

Porém, as gliadinas (prolaminas) presentes na farinha de trigo e em cereais semelhantes, como a cevada, o centeio, o tritcale e os trigos ancestrais, podem causar intolerância e efeitos adversos à saúde em alguns indivíduos (LEE; NEWMAN, 2003). A síndrome celíaca é caracterizada pela reação inflamatória anormal que afeta as vilosidades do intestino delgado, desencadeada pela resposta imune aos peptídeos gerados pela degradação da gliadina, ocasionando sintomas relacionados aos danos às vilosidades, como dores abdominais, mau funcionamento intestinal e má absorção de nutrientes (NIEWINSKI, 2008). Indivíduos que possuem sensibilidade não celíaca ao glúten (SNCG), têm sintomas semelhantes, porém não há danos específicos no intestino delgado ou a presença de anticorpos relacionados ao efeito autoimune (MOREIRA, 2013).

Para os indivíduos celíacos ou que possuem SNCG, é necessária a adoção de dietas que excluam permanentemente diversos produtos derivados de trigo, dentre estes, as massas alimentícias (TAUS et al., 2016). A demanda por massas sem glúten também é crescente entre indivíduos que optam por não consumir produtos à base de trigo. Este público tem se ampliado a partir da correlação entre massas sem glúten e alimentação saudável (HELLER, 2009). No entanto, a substituição do glúten por outros ingredientes não constitui aumento da saudabilidade, pois dependerá dos ingredientes utilizados, da interação entre estes componentes e do processamento para a produção das massas alimentícias.

Ainda há dificuldades relacionadas à baixa oferta de massas alimentícias sem glúten no mercado. Além deste fator, frequentemente as opções disponíveis não apresentam as mesmas qualidades nutricionais, de sabor e de textura em relação às massas alimentícias à base de trigo (LAMACCHIA et al., 2014; VICI et al., 2016).

A melhoria das propriedades nutricionais e tecnológicas têm incentivado a pesquisa e o desenvolvimento de novas formulações de massas alimentícias. Para a substituição da rede de glúten e a manutenção das características de textura, podem ser aplicados ingredientes como farinhas amiláceas e proteicas, e aditivos, como hidrocolóides e emulsificantes (MARTI; PAGANI, 2013).

O objetivo deste artigo foi apresentar o estado da arte na obtenção de massas alimentícias sem glúten quanto às características tecnológicas e de saudabilidade, considerando os estudos desenvolvidos nos últimos 5 anos.

Aspectos tecnológicos de massas alimentícias sem glúten

É esperado pelo consumidor que as massas obtidas a partir de ingredientes que substituam o glúten possuam as mesmas características das massas alimentícias convencionais, ou seja, que mantenham o formato após o cozimento, tenham cor amarelo brilhante, firmeza ideal ao mastigar, sabor agradável e que forneçam os nutrientes adequados às necessidades diárias (KRUGER; MATSUO; DICK, 1998).

Para substituir o efeito da rede de glúten obtida para massas com semolina de trigo duro, deve-se usar uma combinação de ingredientes que permitam a estruturação da massa sem glúten. A interação entre estes componentes deve contribuir para a elasticidade, manuseio e formatação da massa (MARTI; PAGANI, 2013; SANGUINETTI et al., 2015).

A Tabela 1 mostra alguns exemplos de diferentes formulações de massas alimentícias sem glúten. Pode-se observar a preferência por ingredientes naturais e de uso tradicional, com tendência à adoção de matérias-primas e coprodutos de baixo valor agregado (por exemplo, fibras de mandioca, farinha de banana-verde, farinha de amaranto), visando incentivar a utilização destes. Quanto aos aditivos utilizados como melhoradores de cor e textura, observou-se o uso de poucos aditivos e a preferência por aditivos reconhecidos como seguros ao consumo (*GRAS, Generally Recognized as Safe*), como a goma carboximetilcelulose sódica, o alginato de propileno glicol e o emulsificante monoglicerídeos destilados, ou de origem natural, como o urucum, reforçando a tendência de estudos direcionados à ingredientes que atribuam maior saudabilidade às massas alimentícias.

Visando alcançar estes objetivos, diversos ingredientes podem ser utilizados. Conforme a Figura 1, os ingredientes podem ser categorizados conforme sua função no desenvolvimento da massa sem glúten em 3 classes principais: estruturantes, melhoradores tecnológicos e melhoradores nutricionais.



Figura 1. Classificação de ingredientes utilizados para composição das massas alimentícias sem glúten.

Os ingredientes estruturantes têm efeito na formação da massa durante as etapas de mistura, formatação e após o cozimento. Podem ser incluídos nesta classe as farinhas amiláceas e proteicas, e também os amidos modificados.

O amido é um polímero de reserva de tecidos vegetais constituído por unidades de glicose, que formam dois tipos de estruturas, a amilose e a amilopectina, que se organizam em camadas, formando os grânulos de amido (VACLAVIK; CHRISTIAN, 2008).

Tabela 1. Formulações de massas alimentícias sem glúten.

Referências	BASTOS et al., 2016	BOUASLA, WÓJTOWICZ; ZIDOUNE, 2017			FERREIRA et al., 2016	FOSCHIA; BERALDO; PERESSINI, 2017	FIORDA et al., 2013	FLORES-SILVA et al., 2015	GIUBERTI et al., 2015
Fonte de carboidratos		1	2	3					
Amido de batata					10 a 40%				
Amido de mandioca							50 a 70%		
Amido resistente tipo II						10 a 20g/100 g			
Farinha de arroz		100 g	100 g		15 a 30%	99,5 g/100 g			60 a 80%
Farinha de banana-verde								15 a 30%	
Farinha de bagaço de mandioca							10 a 40%		
Farinha de batata	63 a 80%								
Farinha de batata pré-gelatinizada	7 a 17%								
Farinha de milho					10 a 20%			0 a 20%	
Fonte proteica									
Farinha de amaranto	10 a 25%						10 a 30%		
Farinha de ervilha <i>yellow pea</i>		10 a 30 g/100 g							
Farinha de feijão									20 a 40%
Farinha de grão-de-bico			10 a 30 g/100 g					60 a 70%	
Farinha de lentilha				10 a 30 g/100 g					
Farinha de sorgo					40 a 60%				
Ovo integral	56 g/100 g				50 g/ 250 g		48 g/100 g		
Melhoradores									
Goma CMC								0,5 g/100 g	
Monoglicerídeos destilados						0,25 g/100 g			
Propileno glicol alginato						0,25 g/100 g			
Óleo de soja					4 mL/ 250 g				
Urucum							2 g/100 g		
Água adicionada	18,8 mL/100 g	30 g/100 g	30 g/100 g	30 g/100 g	n.e*	33 g/100 g	16 g/100 g	n.e*	50 mL/100 g

*n.e: não especificado

Quando há o cozimento da massa, a ação do calor faz com que as cadeias de amilose e amilopectina estabeleçam interações com as moléculas de água, mediante pontes de hidrogênio, causando inchamento e rompimento dos grânulos, levando ao processo de gelatinização.

Após o resfriamento, o estado amorfo do amido gelatinizado modifica-se, principalmente graças à amilose, pelo processo de retrogradação, ou seja, de reorganização estrutural do amido, porém sem retomar ao estado do grânulo original (ROSS; WROLSTAD, 2012). Este processo contribui para a textura em massas alimentícias, sendo fundamental para as massas sem glúten (ABDEL-AAL, 2009). As propriedades de retrogradação diferem conforme a fonte vegetal e a composição em amilose e amilopectina característica ao amido. A partir de processos de modificação, os amidos podem apresentar diferentes efeitos na formação das massas sem glúten (SARAWONG et al., 2014).

O amido pré-gelatinizado é aquele obtido por processo físico de modificação, que confere ao amido características de maior absorção e solubilidade em água e a formação de gel em água fria (CLERICI, 2012). Sua aplicação em massas alimentícias contribui para massas homogêneas e com melhor textura após cozimento (SCHMIELE et al., 2013).

Já as proteínas são biopolímeros formados por aminoácidos, que interagem mediante ligações peptídicas, organizando-se em estruturas tridimensionais, com até quatro níveis estruturais (VACLAVIK; CHRISTIAN, 2008). Quando há a ação do aquecimento no processo de produção das massas ou no cozimento, as proteínas sofrem desnaturação, ou seja, a perda de suas características funcionais originais. No entanto, a organização estrutural primária é mantida, fazendo com que a proteína se enovele ao redor dos grânulos de amido presentes, formando uma rede importante à estruturação da massa, e que influencia diretamente a textura do produto final (MARTI; PAGANI, 2013).

Os melhoradores tecnológicos visam contribuir para as características da massa e facilitar no processo de formatação e para a textura do produto final, sendo adicionados em pequenas quantidades, em concentrações de 0,25% a 2% (PADALINO et al., 2013; FOSCHIA; BERALDO; PERESSINI, 2017). Aditivos, como os emulsificantes, e ingredientes adicionados em pequenas quantidades, como os óleos vegetais, são utilizados para fornecer lubrificação necessária aos processos de extrusão e reduzir a adesividade das massas.

Os hidrocolóides, como as gomas por exemplo, são polissacarídeos de alto massa molecular que interagem com a água formando uma estrutura de gel. As redes formadas por gomas e proteínas reduzem a perda de sólidos por cozimento, melhorando as propriedades de

cozimento das massas alimentícias e contribuindo para a qualidade do produto final (PELLEGRINI; AGOSTONI, 2015).

Os ingredientes que conferem cor, como o urucum, são utilizados visando reproduzir a coloração amarela das massas convencionais, o que contribui para a aceitabilidade das massas sem glúten (PADALINO et al., 2013). Observou-se na Tabela 1 a utilização de ingredientes como a farinha de milho e ovos em diversos estudos sobre formulações de massas sem glúten, principalmente àquelas formuladas à base de farinhas brancas, como a farinha de arroz, o que foi realizado com a finalidade de atribuição de cor.

Os melhoradores nutricionais são ingredientes que podem ser utilizados para a reposição de componentes nutricionais que estariam presentes nas massas convencionais (tais como proteínas e vitaminas lipossolúveis) ou para oferecer opções de fortificação em nutrientes, tais como minerais, vitaminas e compostos bioativos (antioxidantes).

Também se enquadram neste grupo os amidos resistentes, que podem ser definidos como as porções de amido que resistem ao processo digestivo, tendo efeitos benéficos diversos na microbiota intestinal e no controle da glicemia. Podem ser classificados em cinco tipos: tipo I, são os fisicamente inacessíveis na matriz vegetal; tipo II, que são grânulos de amido nativo não gelatinizados; tipo III, que são amidos resistentes à digestão, obtidos pelo processo de retrogradação; tipo IV, ou amidos modificados quimicamente; tipo V, formados por complexos entre amilose e lipídios, ocorrente em alimentos com altos teores de amilose (RAIGOND; EZEKIEL; RAIGOND, 2015).

Tendências em ingredientes estruturantes

Alguns estudos sobre os efeitos tecnológicos relacionados aos ingredientes encontram-se descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Formulações e processos de obtenção de massas alimentícias sem glúten.

Referência	Tipo de Massa	Ingredientes	Metodologia	Efeitos
BASTOS et al., 2016	Fresca, longa, spaghetti	Farinha de amaranto (FAM, 10 a 25%); farinha de polpa de batata desidratada (PBD, 65 a 80%); farinha de polpa de batata extrusada (PBE, 7 a 17%); ovos (56 g/100 g); água (18,8 mL/100 g).	Delineamento de superfície de resposta, modelo Simplex (6 formulações + 3 repetições do ponto central). Extrusora a frio.	Maiores concentrações de FAM resultaram em massas com superfícies mais uniformes. Formulação c/ 25:10:65 (FAM:PBE:PBD), apresentou menor perda de sólidos (3,8%) em relação à massa de trigo (12,4%).
BOUASLA; WOJTOWICZ; ZIDOUNE, 2017	Seca, longa, spaghetti	Combinações individuais de farinha de arroz (FA) com farinha de ervilha <i>yellow-pea</i> (FYP, 10 a 30%), farinha de lentilha (FL, 10 a 30%) e farinha de grão-de-bico (FGB, 10 a 30%).	Total de 10 massas (9 massas; FA:FYP, FA:FL, FA:FGB) + 1 massa controle (100% FA) em extrusora termoplástica monorosca, com parâmetros: 90°C (1ª seção), 100°C (2ª seção), 70°C (final). As massas foram secas a 40°C por 4 horas.	Massa com menor firmeza em relação à padrão (2,73 a 4,94N) em relação à massa controle (12,12N).
FERREIRA et al., 2016	Seca, longa, spaghetti	Combinações entre: farinha de sorgo (FS, 40 a 60%); farinha de arroz (FA, 15 a 30%); farinha de milho (FM, 10 a 20%); amido de batata (AB, 10 a 40%); ovos (50 g/100 g); óleo de soja (4 mL/ 100 g).	Delineamento experimental simplex-lattice, com 15 experimentos. Massas homogeneizadas, cortadas manualmente. Secagem a 50°C por 60 minutos e a 60°C por 30 minutos.	Formulação 40:20:40 (FS:FA:AB) apresentou maior aumento de volume (286%), menor tempo ótimo de cozimento (11 minutos) e menor perda de sólidos (1,1%) em relação às demais formulações.
FOSCHIA; BERALDO; PERESSINI, 2017	Seca, longa, spaghetti	Farinha de arroz (FA, 99,5g/ kg); amido resistente tipo II (ARII, 10, 15 e 200 g/ kg); propileno glicol alginato (2,5 g/ kg); monoglicérides destilados (2,5 g /kg); Água, 330 g /kg.	Total 4 massas, 3 massas para cada quantidade de ARII adicionada, e 1 massa controle (sem adição de ARII). Ingredientes misturados e aquecidos a 130°C por 10 minutos (controle) ou 15 minutos (demais massas) para pré-gelatinização do amido. A massa foi extrusada (FP model, Pavan), 20 rpm, 30 a 34°C, com ação de vácuo (condições não especificadas).	Firmeza massas ARII variou entre 1,6 e 1,7, pouco superiores à formulação controle (1,3). Adesividade da massa com 100 g/kg ARII (2,5) semelhante ao controle (2,3) e superior às outras (1,5 para massa ARII 150 g/kg e 1,4 para ARII 200 g/kg). Processo de produção da massa ocasionou perdas na quantidade de AR tipo II, entre 26,95 a 36,26%. A massa contendo 200 g/kg AR tipo II apresentou a máxima quantidade de amido resistente (79,4 g/kg) e a menor porcentagem de perda.
FOSCHIA; BERALDO; PERESSINI, 2017	Seca, longa, spaghetti	Farinha de arroz (FA, 99,5g/ kg); amido resistente tipo II (ARII, 10, 15 e 200 g/ kg); propileno glicol alginato (2,5 g/ kg); monoglicérides destilados (2,5 g /kg); Água, 330 g /kg.	Total 4 massas, 3 massas para cada quantidade de ARII adicionada, e 1 massa controle (sem adição de ARII). Ingredientes misturados e aquecidos a 130°C por 10 minutos (controle) ou 15 minutos (demais massas) para pré-gelatinização do amido. A massa foi extrusada (FP model, Pavan), 20 rpm, 30 a 34°C, com ação de vácuo (condições não especificadas).	Firmeza massas ARII variou entre 1,6 e 1,7, pouco superiores à formulação controle (1,3). Adesividade da massa com 100 g/kg ARII (2,5) semelhante ao controle (2,3) e superior às outras (1,5 para massa ARII 150 g/kg e 1,4 para ARII 200 g/kg). Processo de produção da massa ocasionou perdas na quantidade de AR tipo II, entre 26,95 a 36,26%. A massa contendo 200 g/kg AR tipo II apresentou a máxima quantidade de amido resistente (79,4 g/kg) e a menor porcentagem de perda.

Observou-se na Tabela 2, que as massas alimentícias puderam ser obtidas a partir de processos diversos, como laminação e corte da massa, extrusão convencional à frio e por extrusão termoplástica. Deste modo, há diferentes possibilidades de obtenção de massas alimentícias sem glúten com boas características de formatação da massa e de manutenção da textura após a secagem e cozimento.

Os estudos sobre o desenvolvimento de massas alimentícias longas secas foram predominantes, pois estas possuem vantagens como a estocagem e o consumo por tempo mais prolongado. Porém, estas podem apresentar maiores índices de quebras e defeitos, principalmente nas etapas de secagem, embalagem, transporte e armazenamento (JOHNSTON, 2001). Desta forma, a obtenção de massas curtas secas pode ser uma alternativa tecnológica para diminuir estas perdas de processo e armazenamento.

Entre os estudos analisados, foi predominante o uso de farinhas e amidos de arroz e milho como base para as formulações. A hipoalergenicidade proteica, sabor suave e riqueza em amido foram características que justificaram a aplicação da farinha e derivados de arroz em massas alimentícias sem glúten. Já a farinha de milho foi utilizada pela sua coloração amarelada, teor proteico adequado e sabor característico. Porém, estas farinhas e amidos são ricos em carboidratos e contribuem pouco para o valor nutricional dos produtos sem glúten (O'SHEA; ARENDT; GALLAGHER, 2014).

Uma das tendências verificadas foi a aplicação de ingredientes regionais como estruturantes, tais como aqueles derivados de processamento de vegetais, como fibras e coprodutos de mandioca (FIORDA et al., 2013), e partes comestíveis não convencionais, como farinha de sementes (MIRHOSSEINI et al., 2015) e farinha de mexilhões (VIJAYRISHNARAJ; KUMAR; PRABHASANKAR, 2015), o que é importante para agregar valor econômico a estes produtos. O uso destes ingredientes é também estimula o agronegócio local, além de serem opções que apresentam efeitos benéficos à saudabilidade, contribuindo para teores de fibras e compostos antioxidantes das massas alimentícias.

Como exemplo a estas tendências, Bastos et al. (2016) testaram em massas alimentícias sem glúten a farinha de amaranto, que é um pseudocereal rico em proteínas, e a polpa de batata desidratada, obtida a partir de água de lavagem residual do processamento de batatas chips. Ambos são produtos de regiões Andinas, onde há populações habituadas aos sabores destes alimentos, o que contribui para a aceitabilidade regional das massas alimentícias sem glúten.

Moura et al. (2016) utilizaram a farinha de linhaça (*Linum usitatissimum* L.) em massas longas *fettucine*, conjuntamente com a farinha de arroz, e verificaram que houve aumento em seu teor proteico, o que também contribuiu para obtenção de produtos com menor perda de sólidos no cozimento.

De modo a oferecer resistência às massas, para manutenção de sua formatação durante as etapas de produção, transporte e comercialização, tem sido aplicada em diversos estudos a extrusão termoplástica. A partir da aplicação de alta pressão e calor em farinhas amiláceas, obtém-se a pré-gelatinização do amido, que além de contribuir para a estruturação, permite a obtenção de massas instantâneas. Em estudos de Bouasla et al. (2017), os autores desenvolveram massas tipo *spaghetti* à base de arroz com adição de diferentes farinhas de leguminosas, aplicando as farinhas de ervilha (*yellow pea*), grão-de-bico ou de lentilha, em quantidades de 10, 20 e 30 g/100 g de farinha de arroz, com adição de 30 g/100 g de água. As massas foram produzidas por extrusão termoplástica em extrusora monorosca TS-45 (ZMCh, Gliwice, Polônia), com aquecimento de 90°C na primeira seção, 100°C na segunda seção e 70°C na terceira seção. As massas produzidas apresentaram rápida hidratação, sendo preparadas a partir da hidratação em água quente, por tempo entre 8 e 9 minutos, e apresentaram como vantagens os baixos índices de perda de sólidos e de quebras, que seriam ocasionadas no cozimento mais prolongado.

Outros processos de modificação física pela pré-gelatinização do amido podem ser adotados, visando facilitar a obtenção de massas alimentícias sem glúten. Como exemplo, Sarawong et al. (2014) utilizaram farinha de plátano verde e farinha de banana verde submetida a um processo de *drum drying*, que visou a pré-gelatinização da fração de amido e melhoria da estrutura da massa nas etapas de formatação.

Schmiele et al. (2013), desenvolveram massas à base de farinha de arroz, farinha de arroz pré-gelatinizada, isolado proteico de soja, albumina de ovo modificada e desidratada, que foram feitas por extrusão convencional à frio e submetidas à secagem em estufa com circulação de ar (50°C por 2 horas). Os autores verificaram que o isolado proteico, a albumina e a farinha pré-gelatinizada de arroz influenciaram significativamente o tempo ótimo de cozimento, a perda de sólidos e a firmeza, e a formulação ótima foi obtida com adição de 17% de isolado proteico, 15% de albumina e 15% de farinha de arroz pré-gelatinizada, pois apresentou menor perda de sólidos e maior firmeza.

Tendências em melhoradores tecnológicos

Os ingredientes melhoradores são adicionados em pequenas concentrações, visando promover melhores características na massa nos processos de fabricação e no produto após cozimento.

A maioria dos trabalhos avaliados fez uso limitado de aditivos, dando preferência a produtos regionais e contribuindo para que as massas alimentícias mantenham o apelo de saudabilidade que é atribuído às massas convencionais.

Padalino et al. (2013) avaliaram o efeito de diversos hidrocolóides em massas secas e frescas à base de farinhas de milho (convencional e pré-gelatinizada), adicionadas de farinha de aveia, visando avaliar o efeito de vários melhoradores tecnológicos adicionados em quantidade de 2%, tais como goma gelana, CMC, pectina, ágar, amido de tapioca, goma guar e quitosana. As melhores características foram obtidas a partir da utilização da goma CMC, que contribuiu para a estrutura da massa. A adição de hidrocolóides na massa em relação ao controle reduziu o tempo ótimo de cozimento e aumentou a absorção de água.

Os melhoradores que conferem cor, como urucum, cúrcuma e outros compostos naturais, como os carotenoides, visam atribuir coloração amarelada, desejável às massas alimentícias sem necessidade do uso de corantes artificiais, que afetariam a saudabilidade das massas alimentícias.

Como exemplo, Mirhosseini et al. (2015) produziram massas secas longas (*spaghetti*) à base de amido e farinha de milho e testaram a formulação de duas massas distintas, uma adicionada de farinha de semente da *durian fruit* (*Durio zibethinus*), uma fruta nativa da Tailândia, e outra com adição de farinha de abóbora. As massas com farinha de abóbora obtiveram maior aceitação sensorial, em relação à massa controle de milho, principalmente quanto a aparência da massa.

Tendências em ingredientes melhoradores nutricionais e de saudabilidade

A Tabela 3 apresenta alguns estudos com uso de ingredientes com o objetivo de melhorar a saudabilidade.

Tabela 3. Ingredientes que conferem saudabilidade em massas alimentícias sem glúten.

Referência	Fontes Avaliadas	Efeitos Nutricionais				
		> Fibras	> Proteína	> Minerais	> AR*	< IG**
BOUASLA; WOJTOWICZ; ZIDOUNE, 2017	Farinha de Lentilha	X	X	X	X	
	Farinha de Ervilha <i>Yellow-Pea</i>	X	X	X		
FLORES-SILVA et al., 2015	Farinha de Banana Verde				X	X
	Farinha de Grão-de-Bico	X	X	X		
GIUBERTI et al., 2015	Farinha de Feijão	X			X	X
LALEG et al., 2016	Farinha de Feijão <i>Black-Gram</i>	X	X	X	X	
	Farinha de Feijão <i>Fava-Bean</i>	X	X	X	X	X
	Farinha de Lentilha-Verde Orgânica	X	X	X		
MARENGO et al., 2015	Farinha de Sorgo	X	X	X		
MARTI et al., 2014	Ovoalbumina		X			
	Proteína do Soro de Leite		X			
MIRHOSSEINI et al., 2015	Farinha de Abóbora	X		X		
	Farinha de Semente de <i>Durian Fruit</i>	X		X		
VIJARISHNARAJ; KUMAR; PRABHASANKAR, 2015	Farinha de Arroz Integral	X		X		
	Farinha de Mexilhão <i>Green-Mussel</i>		X			

“X”: maiores valores; *A.R.: amido resistente; **I.G.: índice glicêmico.

Os mais usados são ingredientes para enriquecimento proteico, como farinha de leguminosas, ovos e leite. A associação de farinhas de leguminosas com farinhas de cereais é recomendada para a obtenção de massas com melhor teor nutricional, pela complementação de aminoácidos essenciais entre estes alimentos (GIUBERTI et al., 2015). Já os ovos e leite possuem perfil completo de aminoácidos, sendo importantes ingredientes que contribuem à saudabilidade.

Em produtos sem glúten, é importante que as proteínas possuam alta digestibilidade e biodisponibilidade, visando melhorar a absorção intestinal. Uma tendência aos produtos sem glúten está no uso de ingredientes proteicos submetidos à hidrólise enzimática, principalmente para farinhas obtidas de leguminosas tais como soja e grão-de-bico, contribuindo para maior digestibilidade (SUN, 2011).

É fundamental que as proteínas utilizadas não sejam reconhecidas por anticorpos anti-gliadina, que poderiam ocasionar resposta inflamatória intestinal. Este fator deve ser analisado principalmente para fontes proteicas não convencionalmente aplicadas em massas alimentícias (SUSANNA; PRABHANSANKAR, 2013; VIJAYKRISHNARAJ; KUMAR; PRABHASANKAR, 2015). Também devem ser observados os teores de compostos antinutricionais, tais como o ácido fítico e inibidores de proteases em leguminosas, e compostos cianogênicos em raízes de mandioca, ou compostos tóxicos que possam estar presentes em farinhas derivadas de sementes. Devem ser adotadas medidas para eliminação ou redução destes compostos a níveis que não ocasionem efeitos adversos à saúde.

Os estudos inovadores estão focados na utilização de processos biológicos para aumentar a digestibilidade e diminuir fatores antinutricionais em farinhas vegetais obtidas de leguminosas, cereais e pseudocereais, antes do seu uso na produção de massas sem glúten, como exemplos:

- Marengo et al. (2015) testaram farinhas obtidas a partir de cultivar de sorgo branco sem tanino submetido à dois tratamentos distintos (fermentação e germinação), e utilizaram as farinhas obtidas como base de massas alimentícias secas sem glúten, conjuntamente com a farinha de arroz parboilizado pré-gelatinizado. O sorgo é fonte de compostos antioxidantes e amido de baixa digestibilidade, associado a complexo proteico. A fermentação melhorou o sabor, estrutura e a estabilidade das massas, e a substituição de 15% foi considerada ideal. Porém, indicou que o sorgo germinado não pode ser

utilizado, devido às atividades amilolíticas e proteolíticas muito altas, que afetam a massa durante o cozimento, dissolvendo-a e prejudicando a sua qualidade tecnológica.

- Laleg et al. (2016) avaliaram compostos antinutricionais presentes em massas secas à base de farinhas de leguminosas cruas (fava, lentilha e feijão *black gram*) em massas obtidas por extrusão termoplástica e secas a 55 °C por 12h. Os autores compararam os teores destes compostos nas farinhas cruas e nas respectivas massas, e observaram que houve diminuição da quantidade de inibidores de tripsina, de α -galactosídeos e de ácido fítico, porém sem completa eliminação destes fatores antinutricionais.

As leguminosas devem ser previamente tratadas para inativação destes compostos antinutricionais antes do preparo das massas sem glúten, utilizando-se de tratamentos térmicos, por exemplo. Cabe ressaltar que as massas sem glúten são produtos de rápido cozimento, o que pode ser insuficiente para inativação destes compostos.

Têm se destacado diversas pesquisas sobre a aplicação de amidos resistentes na formulação de massas sem glúten com a finalidade de reduzir a resposta glicêmica ao consumo, de modo a reduzir o risco do desenvolvimento de diabetes tipo II e obesidade entre indivíduos celíacos (GIUBERTI et al., 2015; FOSCHIA; BERALDO; PERESSINI, 2017).

O índice glicêmico (IG) é definido como o aumento pós-refeição da glicemia, que tem efeito na elevação dos índices de insulina e na velocidade em que os amidos e carboidratos são metabolizados em glicose. Os alimentos com baixo índice glicêmico contribuem para aumento da sensação de saciedade e reduzem riscos associados à diabetes e obesidade. Os alimentos de alto índice glicêmico são benéficos à reposição rápida de energia, porém devem ser evitados em excesso. Nas massas convencionais, a rede proteica de glúten tem efeito na redução do índice glicêmico, pois esta forma-se ao redor dos grânulos de amido, dificultando o acesso direto das enzimas digestivas ao amido, o que contribui para menor IG (BROCKWAY, 2011). Já em massas sem glúten esta redução pode não ocorrer, principalmente quando há utilização de farinhas amiláceas sem a presença de fibras e componentes proteicos (GOÑI; GARCIA-ALONSO; SAURA-CALIXTO, 1997).

Foschia, Beraldo e Peressini, (2017) obtiveram massas tipo *spaghetti* à base de farinha de arroz e amido resistente tipo II. Porém, o processo de produção das massas ocasionou degradação de 31% do AR II adicionado. Visto que as massas alimentícias podem ser obtidas por processos diversos, devem ser observadas as condições de processamento e de preparo da massa para consumo, visando a máxima preservação nutricional quando há utilização de ingredientes com apelos à saudabilidade.

Foram observados vários estudos sobre a complementação de fibras em massas alimentícias sem glúten. As fibras são polímeros de carboidratos não-amiláceos resistentes à digestão por humanos e que promovem efeito benéfico à saúde. As fibras insolúveis, presentes em farelos e cereais, aceleram o trânsito intestinal, e também contribuem para a saciedade. As fibras solúveis (pectina, gomas) são prontamente hidratáveis, formando géis com alta viscosidade, e são fermentáveis por bactérias intestinais, possuindo ação probiótica benéfica ao trato gastrointestinal, que poderá contribuir aos indivíduos que possuem sensibilidade intestinal, também apresentando outros benefícios à saúde, como a redução do colesterol sérico (SLAVIN, 2013).

Para celíacos, dietas com alta concentração de fibras insolúveis podem reduzir a absorção de nutrientes, um fator que deve ser avaliado. As fibras também podem influenciar a textura, cor e sabor das massas alimentícias sem glúten. Bouasla, Wójtowicz e Zidoune (2017) usaram de farinhas de leguminosas em massas de arroz e verificaram o aumento da perda de sólidos para as massas, pelo enfraquecimento da estrutura da massa devido à presença de teor elevado de fibras. Deste modo, os autores recomendaram a inclusão de fibras solúveis e gomas para manutenção da estrutura.

Foram encontrados poucos estudos sobre a complementação e avaliação de micronutrientes tais como vitaminas e minerais. Radoi et al. (2015) avaliaram massas constituídas de farinha de arroz com diferentes concentrações (10 a 40 %) de polpa de banana desidratada, polpa de banana fresca e polpa de banana fresca tratada com ácido ascórbico, com adição de ovos. Estes autores concluíram que a adição das polpas de banana enriqueceu as massas com minerais, principalmente ferro (8,4 a 23,9 mg/kg), manganês (2,6 a 12,3 mg/kg) e zinco (20 a 78 mg/kg).

CONCLUSÃO

O desenvolvimento de massas alimentícias sem glúten com melhores características tecnológicas e de saudabilidade está sendo possível, uma vez que novos ingredientes e processos estão sendo constantemente estudados. Fontes não-convencionais de fibras, amido resistente e proteínas estão entre os ingredientes mais utilizados para massas sem glúten. O maior desafio continua sendo a textura dessas massas após o cozimento, pois características como cor, aparência global e sabor já estão bem estudados.

Para a obtenção de massas alimentícias sem glúten, diversos processos foram utilizados, o que contribuiu para a difusão da pesquisa e desenvolvimento de novas massas e para a indústria de produtos sem glúten.

De acordo com esta revisão, nós estamos propondo algumas diretrizes para inovação na seleção de ingredientes para massas sem glúten com maior saudabilidade, que são:

- Em relação aos ingredientes: utilizar fontes proteicas livres de fatores antinutricionais ou tóxicos; preferência por ingredientes naturais; utilizar ingredientes que aumentem a saciedade e reduzam o índice glicêmico, como fibras solúveis e amidos resistentes; usar fibras de baixa massa molecular e que apresentem ação prebiótica.
- Em relação aos processos: utilizar processos de produção que preservem ao máximo os compostos bioativos, como vitaminas e minerais e os teores de amidos resistentes; optar por condições de processamento que contribuam para a formação das massas e reduzam a quantidade de aditivos utilizados, como a pré-gelatinização do amido.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado concedida a Michele Scarton (Processo 131208/2015-2).

REFERÊNCIAS

ABDEL-AAL, E.-S. M. Functionality of Starches and Hydrocolloids in Gluten-Free Foods. In: GALLAGHER, E. (Ed.). **Gluten-Free Food Science and Technology**. Wiley-Blackwell, 2009. chap. 11, p. 200-224. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/9781444316209.ch11>>. Acesso em: 25 out. 2016.

BASTOS, G. M.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; PEREIRA, A. L. A.; MORAIS, C. C.; CAMPOS, M. R. H. Physical and sensory quality of gluten-free spaghetti processed from amaranth flour and potato pulp. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 128-136, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815300840>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BOUASLA, A.; WÓJTOWICZ, A.; ZIDOUNE, M. N. Gluten-free precooked rice pasta enriched with legumes flours: Physical properties, texture, sensory attributes and microstructure. **LWT - Food Science and Technology**, v. 75, p. 569-577, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643816305990>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BROCKWAY, B. E. Pasta. In: DENDY, D. A. V.; DOBRASZCZYK, B. J. (Ed.). **Cereals and cereal products : chemistry and technology**. Gaithersburg, Md.: Aspen Publishers, 2001. p. 311-321.

CLERICI, M. T. P. S. Physical and/or Chemical Modifications of Starch by Thermoplastic Extrusion. In: EL-SONBATI (Ed.). **Thermoplastic Elastomers**. InTech, 2012. p. 39-56. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/thermoplastic-elastomers/physical-and-or-chemical-modifications-of-starch-by-thermoplastic-extrusion>>. Acesso em: 27 jan. 2017.

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, p. 147-151, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615006317>>. Acesso em: 24 jul. 2016.

FIORDA, F. A.; SOARES JUNIOR, M. S.; SILVA, F. A.; SOUTO, L. R. F.; GROSSMANN, M. V. E. Amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse in the production of gluten-free pasta: technological and sensory aspects. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 9, p. 1977-1984, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12179>>. Acesso em: 28 jul. 2016.

FLORES-SILVA, P. C.; BERRIOS, J. J.; PAN, J.; AGAMA-ACEVEDO, E.; MONSALVE-GONZALES, A.; BELLO-PÉREZ, L. A. Gluten-free spaghetti with unripe plantain, chickpea and maize: physicochemical, texture and sensory properties. **Cyta - Journal of Food**, v. 13, n. 2, p. 159-166, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2014.929178>>. Acesso em: 24 jul. 2016.

FOSCHIA, M.; BERALDO, P.; PERESSINI, D. Evaluation of the physicochemical properties of gluten-free pasta enriched with resistant starch. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 2, p. 572-577, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7766>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

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, p. 43-49, May 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.127>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

GOÑI, I.; GARCIA-ALONSO, A.; SAURA-CALIXTO, F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research**, v. 17, p. 427-437, Mar. 1997. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317\(97\)00010-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317(97)00010-9)>. Acesso em: 30 jan. 2017.

HELLER, L. Commercial Aspects of Gluten-Free Products. I In: GALLAGHER, E. (Ed.). **Gluten-Free Food Science and Technology**: Wiley-Blackwell, 2009. chap. 7, p.200-224. Disponível em:<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781444316209.ch7/summary>>. Acesso em 02 fev. 2017.

JUHÁSZ, A.; BÉKÉS, F.; WRIGLEY, C.W. Wheat Proteins. In: USTUNOL, Z. (Ed.) **Applied Food Protein Chemistry**. Chichester, UK. John Wiley & Sons, Ltd., 2015. chap. 11, p.219-303. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/9781118860588.ch11>>. Acesso em 22 jan. 2017.

KRUGER, E. J.; MATSUO, R. B.; DICK, J. W. AACCI, Minnesota, USA. **Pasta and noodle technology**. 1998. 356 p.

LALEG, K.; CASSAN, D.; BARRON, C. PRABHASANKAR, P.; MICARD, V. Structural, Culinary, Nutritional and Anti-Nutritional Properties of High Protein, Gluten Free, 100% Legume Pasta. **Plos One**, v. 11, n. 9, p. 1-19, Sept. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0160721>>. Acesso em: 11 dez. 2016.

LAMACCHIA, C.; CAMARCA, A.; PICASCIA, S.; DI LUCCIA, A.; GIANFRANI, C. Cereal-Based Gluten-Free Food: How to Reconcile Nutritional and Technological Properties of Wheat Proteins with Safety for Celiac Disease Patients. **Nutrients**, v. 6, n. 2, p. 575-590, 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3942718/>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

LEE, A.; NEWMAN, J. Celiac diet: Its impact on quality of life. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 103, n. 11, p. 1533-1535, Nov. 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jada.2003.08.027>>. Acesso em: 03 jun. 2015.

MARENGO, M.; BONOMI, F.; MARTI, A.; PAGANI, M. A.; ELKHALIFA, A. E. O.; IAMETTI, S. Molecular features of fermented and sprouted sorghum flours relate to their suitability as components of enriched gluten-free pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 511-518, Sept. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.070>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

MARTI, A.; BARBIROLI, A.; MARENGO, M.; FONGARO, L.; IAMETTI, S.; PAGANI, M. A. Structuring and texturing gluten-free pasta: egg albumen or whey proteins? **European Food Research and Technology**, v. 238, n. 2, p. 217-224, Feb. 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00217-013-2097-4>>. Acesso em 15 jul. 2016.

MARTI, A.; PAGANI, M. A. What can play the role of gluten in gluten free pasta? **Trends in Food Science & Technology**, v. 31, n. 1, p. 63-71, May 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.001>>. Acesso em 07 jul. 2015.

MIRHOSSEINI, H.; RASHID, N. F. A.; AMID, B. T.; CHEONG, K. W.; KAZEMI, M.; ZULKURNAIN, M. 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. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 184-190, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815002315>>. Acesso em 07 ago. 2016.

MOREIRA, A. V. B. **Doença celíaca e sensibilidade ao glúten:o que sabemos sobre isso?**

Associação dos Celíacos do Brasil, Rio Grande do Sul, FENACELBRA, RS, Junho 2013.

Disponível em: <http://www.fenacelbra.com.br/ancelbra_rs/doenca-celiaca-e-sensibilidade-ao-gluten-o-que-sabemos-sobre-isso/>. Acesso em: 02 fev. 2017.

MOURA, C. M. A.; SOARES JUNIOR, M. S.; FIORDA, F. A.; CALIARI, M.; VERA, R.; GROSSMANN, M. V. E. Cooking and texture properties of gluten-free fettuccine processed from defatted flaxseed flour and rice flour. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 51, n. 6, p. 1495-1501, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13097>>. Acesso em: 10 out. 2016.

NIEWINSKI, M. M. Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 108, n. 4, p. 661-672, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002822308000126>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

O'SHEA, N.; ARENDT, E.; GALLAGHER, E. State of the Art in Gluten-Free Research. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 6, p. R1067-R1076, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.12479>>. Acesso em: 19 jul. 2015.

PADALINO, L.; MASTROMATTEO, M.; DE VITA, P.; FICCO, D. B. M.; DEL NOBILE, M. A. Effects of hydrocolloids on chemical properties and cooking quality of gluten-free spaghetti. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 5, p. 972-983, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12049>>. Acesso em 07 ago. 2016.

PELLEGRINI, N.; AGOSTONI, C. Nutritional aspects of gluten-free products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 12, p. 2380-2385, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7101>>. Acesso em 25 jun. 2016.

RADOI, P. B.; ALEXA, E.; RADULOV, I.; MORVAY, A.; SORINA, C.; MIHAI, S.; TRASCA, TI. Total Phenolic, Cinnamic Acids and Selected Microelements in Gluten Free Pasta Fortified with Banana. **Revista de Chimie**. v. 66 n. 8, 2015. Disponível em:

<<http://www.revistadechimie.ro/pdf/RADOI%20P.pdf%208%2015.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

RAIGOND, P.; EZEKIEL, R.; RAIGOND, B. Resistant starch in food: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 1968–1978, 2015. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.6966/epdf>>. Acesso em 25 jun. 2016.

ROSS, A. S.; WROLSTAD, R. E. Starch in Foods. In: ROSS, A. S.; WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Food Carbohydrate Chemistry**. John Wiley & Sons Inc., 2012. chap. 7, p.107-133. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/9781118688496.ch7>>. Acesso em: 03 jan. 2017.

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. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 678-684, Dec. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.046>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

SARAWONG, C.; GUTIÉRREZ, Z. C. R.; BERGHOFER, E.; SCHOENLECHNER, R. Gluten-free pasta: effect of green plantain flour addition and influence of starch modification on the functional properties and resistant starch content. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 12, p. 2650-2658, Dec. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12599>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A.; MIRANDA, M. Z.; LIMBERGER, V. M. Trigo: Características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n. 2, p. 2011-222, 2011. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev132/Art13211.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; ISHIDA, P. M. G.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Massa alimentícia sem glúten com elevado teor proteico obtida por processo convencional. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 43, n. 5, p. 908-914, maio 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000500026>>. Acesso em: 07 jan. 2017.

SLAVIN, J. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. **Nutrients**, v. 5, n. 4, p. 1417-1435, 2013. Disponível em: < <http://www.mdpi.com/2072-6643/5/4/1417> >. Acesso em: 22 jan. 2017.

SUN, X. D. Enzymatic hydrolysis of soy proteins and the hydrolysates utilisation.

International Journal of Food Science and Technology, v. 46, p. 2447-2459, Dec. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02785.x>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

SUSANNA, S.; PRABHASANKAR, P. A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 613-621, 2013. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643812003246> >. Acesso em: 28 ago. 2015.

VACLAVIK, V. A.; CHRISTIAN, E. W (Ed.). **Essentials of Food Science**. New York, NY: Springer New York, 2008. p.35-47. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-69940-0_3 >. Acesso em: 20 dez. 2016.

VIJAYKRISHNARAJ, M.; KUMAR, S. B.; PRABHASANKAR, P. Green mussel (*Perna canaliculus*) as a marine ingredient to enrich gluten free pasta: product quality, microstructure and biofunctional evaluation. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 9, n. 1, p. 76-85, Mar. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11694-014-9212-5>>. Acesso em: 05 dez. 2016.

ARTIGO II

Propriedades tecnológicas e reológicas de massas alimentícias sem glúten à base de farinha de arroz com adição de farinha de batata-doce biofortificada em provitamina A

Autoras: Michele Scarton e Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

O artigo será submetido à Revista *Cereal Chemistry*.

ARTIGO II – Propriedades reológicas e tecnológicas de massas sem glúten

Propriedades tecnológicas e reológicas de massas alimentícias sem glúten à base de farinha de arroz com adição de farinha de batata-doce biofortificada em provitamina AMichele SCARTON ¹, Maria Teresa Pedrosa Silva CLERICI ²

¹ Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, CEP 13083-862, Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: m162311@dac.unicamp.br.

² Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, CEP 13083-862, Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: mclerici@unicamp.br.

RESUMO

A farinha de arroz é amplamente utilizada como base de massas sem glúten, pela sua hipoalergenicidade proteica e sabor suave, mas deve estar associada a outros ingredientes para melhoria de textura, cor, sabor e valor nutricional. A batata-doce cultivar ‘*Beauregard*’ possui elevados teores de amido e de provitamina A, que podem ser benéficos para as massas sem glúten. Os ingredientes proteicos, as gomas e os hidrocolóides também podem contribuir para melhores características tecnológicas das massas. Este trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades de pasta e de formação de massas alimentícias sem glúten à base de farinha de arroz (FA) com adição de FBDB, proteína concentrada de soja hidrolisada (PCSH), goma carboximetilcelulose sódica (CMC) e emulsificante monoglicerídeos destilados. Os ingredientes FA e FBDB foram caracterizados quanto à granulometria e propriedades de pasta. Foi utilizado um delineamento experimental ²³ com pontos centrais para a formulação de massas sem glúten, com as variáveis independentes proporção de FBDB e FA, quantidade de PCSH e de CMC. Foram avaliados o Índice de Absorção de Água (IAA) e o Índice de Solubilidade em Água (ISA) das pré-misturas, as características tecnológicas das massas obtidas e suas propriedades de pasta em *Rapid Vysco Analyser* (RVA). A avaliação morfológica dos grânulos de amido de batata-doce biofortificada indicou que os grânulos eram arredondados, apresentando diâmetro estimado entre 25,10±4,92 a 33,22±7,5 µm. As propriedades de pasta da FA e da FBDB indicaram diferenças entre o comportamento de pasta destes ingredientes. O IAA não apresentou efeito significativo para as pré-misturas. A partir do DCCR, foi possível a formação de massas alimentícias para todos os níveis das variáveis independentes. Com a aplicação da classificação pelas características tecnológicas e foram selecionadas as massas que apresentaram as características tecnológicas desejadas, que apresentaram as seguintes formulações: E1 (proporção FA:FBDB 90:10; quantidade PCSH 5 g/100 g de mistura FA:FBDB; quantidade de CMC de 1 g/100 g de mistura FA:FBDB), E2 (proporção FA:FBDB 20:80; quantidade de PCSH de 5 g/100 g de mistura FA:FBDB;

quantidade de CMC de 1 g/100 g de mistura FA:FBDB) e E12 (proporção FA:FBDB 15:85; quantidade de PCSH de 10,4 g/100 g de mistura FA:FBDB; quantidade de CMC de 2 g/100 g de mistura FA:FBDB). Os processos de formatação e secagem promoveram modificações nas características reológicas, comparando-se as interações que ocorreram na pré-mistura e nas massas cruas.

Palavras-chave: raízes, cereais, soja, batata de polpa alaranjada, microscopia, propriedades de pasta.

1 INTRODUÇÃO

A avaliação das propriedades de pasta, ou seja, do comportamento do amido na hidratação, gelatinização e retrogradação, permite estimar quais os efeitos ocasionados pelas etapas de produção e preparo das massas alimentícias, e pode ser realizada a partir de testes reológicos empíricos, como no viscoamilógrafo *Rapid Visco-Analyser* (RVA), que realiza a medição da viscosidade, ou seja, da resistência à fluidez de uma amostra hidratada, submetida à ciclos de aquecimento e resfriamento, em mistura a velocidade constantes (ATWELL, 1986; LAZARIDOU e BILIADERIS, 2009).

No desenvolvimento de massas sem glúten, a farinha de arroz é muito utilizada, pois este cereal apresenta elevados teores de amido, sabor suave e proteínas hipoalergênicas (ABDEL-AAL, 2009). No entanto, as massas alimentícias sem glúten à base de arroz frequentemente apresentam problemas relacionados à manutenção do formato das massas e à textura antes e após cozimento, e exigem a inclusão de outras farinhas e aditivos para melhoria de suas características reológicas (CABRERA-CHÁVEZ et al., 2012).

A farinha de batata-doce biofortificada (FBDB), variedade ‘*Beauregard*’, é um ingrediente que pode ser utilizado em massas alimentícias conjuntamente com a farinha de arroz. Além de elevados teores de amido, esta cultivar se destaca pelo seu alto teor de provitamina A (ALVES et al., 2012), que é um micronutriente essencial, ou seja, que deve ser ingerido por não ser produzido pelo organismo humano e que desempenha funções fisiológicas importantes à manutenção da saúde (MANN; TRUSWELL, 2007). Sua polpa possui cor alaranjada atrativa, que pode contribuir para a coloração das massas de arroz, que são naturalmente isentas de coloração.

O efeito sinérgico de diversos ingredientes contribui para a estruturação das massas na fabricação, cozimento e após o resfriamento (MARTI; PAGANI, 2013). Os estruturantes proteicos, como as farinhas e derivados de leguminosas contribuem para a estruturação das massas alimentícias principalmente pela desnaturação proteica, que ocorre com a ação de

aquecimento (LALEG et al., 2016). Entre as leguminosas usadas em massas alimentícias destaca-se a soja, por apresentar excelente qualidade nutricional e altos teores proteicos, podendo ser utilizada na forma de farinhas, de proteínas isoladas ou hidrolisadas (LIMROONGREUNGRAT; HUANG, 2007).

Como aditivos às massas alimentícias, usados em pequenas quantidades, têm-se as gomas e os emulsificantes. As gomas são polissacarídeos que absorvem água em grandes quantidades, e em massas sem glúten, auxiliam na melhor estruturação da massa e na redução da perda de sólidos, interagindo com as frações de amido e proteína (XUE; NGADI, 2007). Já os emulsificantes oferecem lubrificação à massa nos processos de extrusão, contribuem para consistência firme e menor adesividade das massas cruas (LAI, 2002).

Visando atender às expectativas dos consumidores, é importante que a sinergia dos ingredientes contribua para a melhoria da qualidade tecnológica das massas, na formação de estruturas livres de quebras e de deformações, na coloração uniforme e manutenção da estrutura após o cozimento. Estas características são fundamentais para a aceitabilidade sensorial, e devem ser avaliadas para a seleção e otimização das formulações de massas sem glúten.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades reológicas de pré-misturas e de massas alimentícias sem glúten cruas e cozidas, à base de farinha de arroz (FA) com adição de FBDB, proteína concentrada de soja hidrolisada (PCSH), goma carboximetilcelulose (CMC) e emulsificante monoglicerídeos destilados (MGD), assim como verificar o efeito das variáveis independentes nas características tecnológicas das massas. Também foi realizada a seleção das melhores massas quanto à ausência de quebras e de defeitos, característica de parafuso intermediário e manutenção da estrutura após cozimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Foram utilizadas batatas-doces cruas cultivar '*Beauregard*', fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA BioFORT, Brasil) para extração de amido e para a produção de FBDB. Para a produção das massas, foram utilizados como ingredientes das formulações: a farinha de arroz, fornecida pela SL Alimentos (Mauá da Serra, PR, Brasil); farinha de batata-doce biofortificada em provitamina A, obtida a partir de batatas cultivar '*Beauregard*' branqueadas e utilizadas integralmente (polpa e casca), submetidas à liofilização e trituradas para obtenção da FBDB; proteína concentrada de soja hidrolisada

Imunoprotein®, fornecida pelo Grupo HT Nutri (Camaquã, RS, Brasil); goma carboximetilcelulose sódica Cekol® 30.000B, fornecida pela CPKelco (Limeira, SP, Brasil); emulsificante monoglicerídeos destilados DIMODAN® PH 100 NS/B (mínimo 90% de monoglicerídeos), fornecido pela DuPont Danisco (Grindsted, DK, Dinamarca).

2.2 Métodos

2.2.1 Caracterização das matérias-primas

As matérias-primas FA, FBDB e PCSH foram caracterizadas quanto à composição centesimal conforme metodologias da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005) quanto ao teor de umidade (método 926.12), proteínas (método 945.18), cinzas (método 900.02) e lipídios (método 920.39). Os carboidratos totais foram calculados por diferença ($100 - (\% \text{ de proteínas} + \% \text{ de lipídios} + \% \text{ de umidade} + \% \text{ de cinzas})$). A quantificação das frações de fibra total e insolúvel foi realizada para a FBFB a partir de método enzimático-gravimétrico utilizando-se kit Megazyme K-TDFR 05/12 (MEGAZYME INTERNATIONAL, Wicklow, Irlanda).

A análise de granulometria foi realizada para a FA e FBDB utilizando-se o agitador de peneiras Produtest, conforme método proposto por Chang e Flores (2004), com modificações, utilizando-se as seguintes peneiras, em ordem de colocação da maior para a menor granulometria: 0,5 mm (US nº32); 0,42 mm (US nº40); 0,25 mm (US nº60); 0,177 mm (US nº80); 0,149 mm (US nº100).

2.2.2 Extração do amido de batata-doce biofortificada

O procedimento para extração de amido foi realizado segundo Peroni, Rocha e Franco (2006) com modificações. As batatas foram lavadas em água corrente, descascadas e trituradas em liquidificador por 2 minutos na velocidade máxima, com adição de água destilada (proporção 1:1). O material triturado foi peneirado (abertura 0,177 mm), e o líquido resultante foi novamente filtrado em malha com abertura de 8 μ , coletado em bquer e armazenado em refrigeração (10°C) por uma noite para sedimentação do amido. O amido decantado foi ressuspenso em água destilada e submetido à centrifugação por 15 minutos a 1700 x g em centrífuga Sorvall RC 6 plus (*Thermo Scientific, Massachusetts, EUA*).

O sobrenadante resultante da centrifugação foi descartado, e o amido foi ressuspenso em 50 ml de água. A mistura foi filtrada com auxílio de vácuo, sendo realizada

a lavagem do amido com água destilada refrigerada (15°C) por três vezes, três vezes com etanol de grau analítico e lavagem com acetona de grau analítico por uma vez, para descoloração do amido, que depois foi submetido à secagem em estufa com circulação de ar (Marconi MA 035/5I, Piracicaba, São Paulo, Brasil) ajustada em temperatura de 40°C para secagem durante 2 horas.

2.2.3 Microestrutura dos grânulos de amido de batata-doce biofortificada

A análise da microestrutura dos grânulos para o amido de batata-doce obtido (metodologia descrita no item 2.2.2) foi realizada através de Microscopia Eletrônica de Varredura (JEOL, JSM 5800 LV, Tóquio, Japão). Foram obtidas imagens dos grânulos de amido, com aumento de 3000 x a 10 kV. Uma pequena quantidade de amido foi colocada sobre fita adesiva de carbono, aderida a um disco metálico (*'stub'*) e este levado a um metalizador (SCD 050 *Sputter Coater, Balzers*), para aplicação de camada de ouro com cerca de 20 nm de espessura. A distância entre o *stub* e o feixe de emissão foi ajustada em 1 mm.

Os diâmetros aproximados foram obtidos a partir do *software* em *Java* de domínio público *ImageJ*, desenvolvido pela *U.S. National Institutes of Health* para uso científico (IMAGEJ, 2017).

2.2.4 Preparo das pré-misturas para formulações das massas alimentícias

Para a produção das pré-misturas das formulações, foi utilizado um delineamento composto central rotacional (DCCR) fatorial 2³, totalizando 17 massas, conforme descrito na Tabela 1. As variáveis independentes foram: a proporção entre FA e FBDB; adição de PCSH; adição de CMC. O emulsificante MDG foi adicionado em quantidade fixa de 1 g/100 g de mistura FA:FBDB. As variáveis dependentes foram: índice de solubilidade em água (ISA); índice de absorção de água (IAA); tamanho da unidade de massa (cm); diâmetro da unidade de massa (mm); distância entre passos (mm); parâmetros de propriedades de pasta das pré-misturas, massas cruas secas e massas cozidas (conforme item 2.2.10).

Tabela 1. Matriz do planejamento fatorial completo 2^3 (valores codificados e reais) das formulações de massas alimentícias sem glúten.

Ensaio	Variáveis codificadas			Valores reais		
	X ₁	X ₂	X ₃	FA:FBDB (%)	PCSH *	CMC *
				X ₁	X ₂	X ₃
1	-1	-1	-1	90:10	5,0	1,0
2	1	-1	-1	80:20	5,0	1,0
3	-1	1	-1	90:10	9,0	1,0
4	1	1	-1	80:20	9	1,0
5	-1	-1	1	90:10	5,0	3,0
6	1	-1	1	80:20	5,0	3,0
7	-1	1	1	90:10	9,0	3,0
8	1	1	1	80:20	9,0	3,0
9	-1,682	-1	0	93,4:6,6	5,0	2,0
10	1,682	-1	0	76,6:23,4	5,0	2,0
11	0	-1,682	0	85:15	3,6	2,0
12	0	1,682	0	85:15	10,4	2,0
13	0	0	-1,682	85:15	7,0	0,3
14	0	0	1,682	85:15	7,0	3,7
15 (C)	0	0	0	85:15	7,0	2,0
16 (C)	0	0	0	85:15	7,0	2,0
17 (C)	0	0	0	85:15	7,0	2,0

FA: farinha de arroz; FBDB: farinha de batata-doce biofortificada; PCSH: proteína concentrada de soja hidrolisada; CMC: goma carboximetilcelulose sódica. (C): formulações controle.

*quantidade em g/100 g da mistura FA:FBDB.

2.2.5 Índice de absorção de água (IAA) e Índice de solubilidade em água (ISA)

As análises e cálculos para o IAA e ISA foram realizados para as pré-misturas conforme metodologia de Anderson et al. (1969), em triplicata.

2.2.6 Preparo das massas alimentícias secas

As massas alimentícias curtas com formato tipo parafuso foram produzidas em quatro etapas: pesagem dos ingredientes, mistura e hidratação da massa, formatação por extrusão à frio e secagem.

As massas foram preparadas em bateladas de aproximadamente 200 g de pré-mistura. A mistura dos ingredientes secos foi realizada por 5 minutos em batedeira de uso doméstico (Arno, Planetária, São Paulo, Brasil).

Foi adicionado 45 g de água/100 g de pré-mistura durante 1 minuto em batedeira, aumentando-se para a segunda velocidade após 2 minutos ou até obtenção de consistência ideal, ou seja, com a obtenção de grumos de massa úmidos e que se esfarelavam com facilidade.

A formatação da massa foi feita em extrusora de massas Pastaia II (Italvisa, Tatuí, SP, Brasil), com matriz para massa parafuso. As massas foram extrusadas por duas vezes antes de serem submetidas ao corte, para que atingissem o ponto de homogeneização ideal dos ingredientes. O corte foi obtido com cortadora automática de massas, acoplada à matriz da extrusora, com velocidade regulada para obtenção de massas com tamanho médio de 2 a 3 cm. As massas foram secas em estufa de circulação de ar, primeiramente em secagem úmida (UR > 60%), a 45°C, por 2h, e posteriormente em secagem convencional a 55°C, até que a umidade das massas fosse inferior a 14%.

2.2.7 Classificação tecnológica e seleção das massas alimentícias secas

Foram avaliadas as características tecnológicas das massas. Uma amostra de 15 unidades de massas foi coletada para obtenção das medidas de: tamanho da unidade, diâmetro e distância entre formações dos parafusos (passos), com auxílio de um paquímetro, sendo classificados conforme a Tabela 2. As massas foram avaliadas visualmente e classificadas conforme às características de cor visual, tonalidade da cor, defeitos no formato, quebras, característica do parafuso e manutenção da estrutura após o cozimento, conforme os parâmetros definidos na Figura 1 e na Tabela 2.

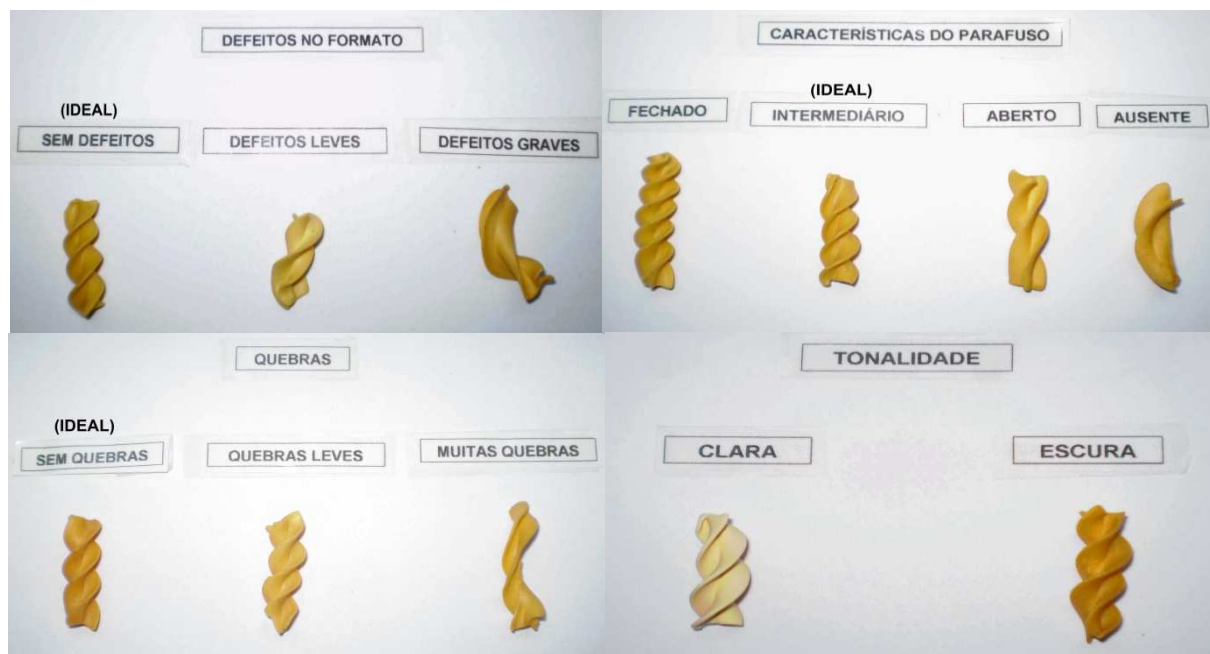


Figura 1. Parâmetros para avaliação e classificação tecnológica de massas alimentícias sem glúten.

Tabela 2. Características tecnológicas para classificação das massas alimentícias sem glúten

Atributo	Definição	Opções de classificação
Cor visual	Cor aparente observada. Duas opções de classificação	Amarela Laranja
Tonalidade visual	Graduação de luminosidade da cor observada visualmente. Duas opções de classificação	<u>Clara</u> <u>Escura</u>
Tamanho da unidade	Tamanho da unidade de massa, medida em centímetros	Não possui
Diâmetro	Diâmetro da unidade de massa, medida em centímetros	Não possui
Defeitos no formato	Presença de alterações na formação da massa. Três opções de classificação	<u>Sem defeitos</u> : ausência de defeitos aparentes <u>Defeitos leves</u> : defeitos na formação que não comprometem gravemente a estrutura da massa <u>Defeitos graves</u> : defeitos que comprometem a estrutura da massa
Quebras	Presença de fraturas na unidade de massa. Três opções de classificação	<u>Sem quebras</u> : ausência de quebras aparentes <u>Quebras leves</u> : presença de quebras pontuais que não comprometem a estrutura da massa <u>Quebras graves</u> : presença de quebras que comprometem a estrutura da massa
Características do parafuso	Conforme observação visual e a medida entre passos (uma formação do parafuso até a formação seguinte) da unidade de massa, em milímetros. Quatro opções de classificação	<u>Fechado</u> : distância entre 0,5mm e 0,6 mm <u>Intermediário</u> : distância entre 0,61 mm a 0,70 mm <u>Aberto</u> : igual ou superior a 0,71 mm <u>Ausente</u> : sem formação de parafuso definido
Manutenção da estrutura após o cozimento	Verificação da manutenção da estrutura da (formato parafuso) por observação visual das massas após o cozimento. Duas opções de classificação	<u>Sim</u> : a massa mantém a estrutura sem apresentar quebras e/ou defeitos graves após o cozimento <u>Não</u> : a massa não mantém a estrutura e apresenta quebras e/ou defeitos graves após o cozimento

Os parâmetros de cor e tonalidade foram avaliados na massa antes e após o cozimento. Foram considerados como critérios de seleção para as melhores massas secas: a ausência de quebras, ausência de defeitos, características de parafuso intermediário e manutenção da estrutura após o cozimento.

2.2.8 Preparo das massas alimentícias cozidas

As massas alimentícias foram preparadas conforme tempo ótimo de cozimento, entre 2,3 a 3,3 minutos, utilizando-se 300 ml de água destilada e 10 g de massa alimentícia. As massas foram retiradas da água de cozimento com auxílio de funil de *Buchner*, sendo resfriadas pela lavagem com 50 ml de água destilada. Após o cozimento, as massas foram secas em estufa com circulação de ar a 55°C por 3 horas, para se obter as amostras para análise das propriedades de pasta em RVA (item 2.2.10).

2.2.9 Análise de umidade das amostras

As amostras das pré-misturas, das massas alimentícias secas e das massas alimentícias cozidas foram analisadas quanto ao teor de umidade através de método de secagem em estufa a 130°C por 1 hora, conforme método 44-15.02, da *American Association of Cereal Chemists International* (AACCI, 2010). Os valores foram utilizados para correção do peso de amostra para as análises de propriedades de pasta (item 2.2.10).

2.2.10 Análise de propriedades de pasta das matérias-primas e massas alimentícias

A análise das propriedades de pasta para as matérias-primas FBDB e FA, e para as pré-misturas e massas foi realizada em equipamento *Rapid Visco-Analyser* (RVA), modelo RVA 4500, com o *software Thermocline* (NEWPORT SCIENTIFIC, Austrália, 2001).

As pré-misturas foram previamente peneiradas (0,25 mm, US nº60), e as massas alimentícias foram trituradas e igualmente peneiradas. Foi utilizada a quantidade de 3,5g de amostra (peso ajustado para 14% de base úmida), com adição de 25 ml de água, sendo utilizado um ciclo programado de aquecimento e resfriamento, com agitação inicial a 960 rpm por 10 segundos, e depois mantida constante, a 160 rpm. A programação utilizada para a FA, pré-misturas e massas cruas foi a programação padrão (*standard 1*), totalizando 13 minutos de análise, com a seguinte programação: início a 50°C por 60 segundos, desenvolve rampa de

aquecimento até 95°C em 4,8 minutos, mantém a temperatura de 95°C até 7,2 minutos, rampa decrescente até 50°C em 11 minutos, e mantém a temperatura de 50°C até 13 minutos.

Para a FBDB e para as massas alimentícias cozidas, foi utilizado o método para produtos extrusados (*extrusion 1*), visando identificar viscosidade à frio pela modificação física (pré-gelatinização) do amido. A análise foi realizada com a seguinte programação: início a 25°C por 60 segundos, rampa de aquecimento até 95°C até 5 minutos de análise, manutenção a 95°C até 10 minutos de análise, rampa decrescente até 25°C em 16 minutos de análise, e manutenção da temperatura de 25°C até final da análise (21 minutos).

A unidade de viscosidade de pasta foi dada em *centipoise* (cP), que equivale a 1 milipascal segundo ($\text{mPa}\cdot\text{s}^{-1}$). Foram obtidas as informações de: Pf (pico de viscosidade à frio): viscosidade registrada em temperatura de 25°C, para o método *extrusion 1*; Tp (temperatura de pasta): temperatura de gelatinização sob rampa de aquecimento; VM à 95°C (viscosidade máxima): maior valor de viscosidade registrado em rampa de aquecimento; tp (tempo de pico): tempo de análise em que a viscosidade máxima é registrada; Vm à 95°C (viscosidade mínima): menor valor de viscosidade registrado; Quebra à 95°C: diferença entre a viscosidade máxima (VM) e a viscosidade mínima (Vm); Viscosidade final à 50°C, para o método *standard 1*, e à 25°C, para o método *extrusion 1* (Vf): valor de viscosidade atingido após a rampa de resfriamento; Retrogradação: diferença entre a viscosidade final (Vf) e o viscosidade máxima (VM).

2.2.11 Análise estatística dos resultados

Os dados foram apresentados como médias \pm desvio padrão e analisados através de análise de variância (ANOVA). Foi observado na ANOVA a significância (p-valor) da regressão e da falta de ajuste em relação ao nível de 10% de confiança pelo teste F para ajuste da equação descritiva das características da região avaliada, e, para os modelos significativos, foram obtidas as superfícies de resposta, utilizando-se o software *Protimiza Experimental Design Statistical* (RODRIGUES; COSTA, 2014).

Também foi analisado o valor do coeficiente de determinação (R^2) da equação obtida, e quanto mais próximo do valor 1 (ou seja, 100%), melhor o ajuste do modelo aos dados observados. Foram considerados como modelos preditivos àqueles que apresentaram p-valor significativo para a regressão e falta de ajuste não significativa ao nível de 10% de confiança e que apresentaram R^2 superior a 0,80 (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2001).

Em modelos de regressão significativa com $R^2 > 0,80$ e falta de ajuste significativa, foi analisado o quadrado médio do erro puro, no procedimento de ANOVA modificada, onde o teste de significância pode ser considerado não relevante quando o quadrado médio apresenta valores extremamente baixos (WASZCZYNSKYJ; RAO; SILVA, 1981).

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização das matérias primas

Para a composição proximal, a farinha de arroz apresentou $11,43 \pm 0,08\%$ de umidade, $10,64 \pm 0,21\%$ de proteína, $0,48 \pm 0,01\%$ de cinzas, $1,03 \pm 0,13\%$ de lipídios e $75,88 \pm 0,14\%$ de carboidratos. A FBDB apresentou $14,49 \pm 0,32\%$ de umidade, $4,43 \pm 0,31\%$ de proteína, $2,71 \pm 0,14\%$ de cinzas, $0,72 \pm 0,09\%$ de lipídios e $77,51 \pm 0,53\%$ de carboidratos e $13,09 \pm 0,25\%$ de fibras totais, sendo $9,44 \pm 3,03\%$ de fibras insolúveis. A PCSH apresentou $9,28 \pm 0,14\%$ de umidade, $51,67 \pm 1,31\%$ de proteína, $7,39 \pm 0,66\%$ de cinzas, $0,50 \pm 0,03\%$ de lipídios e $31,16 \pm 1,37\%$ de carboidratos.

Quanto às características observadas nos ingredientes, a FA apresentou-se como um pó branco, com odor característico de cereal, pouco solúvel em água em temperatura ambiente (25°C). O aspecto da FBDB era de um pó de cor laranja e pequenos pontos amarronzados (devido ao uso da casca), com hidratação parcial quando dissolvido em água em temperatura ambiente (25°C), tendendo à formação de grumos na dissolução.

Os resultados para a análise de tamanho de partículas (granulometria) encontram-se descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Granulometria da farinha de arroz (FA) e farinha de batata-doce biofortificada (FBDB).

Peneiras (abertura)	FA	FBDB
0,5 mm (US nº32)	12,68%	6,98%
0,42 mm (US nº40)	61,35%	8,99%
0,25 mm (US nº60)	23,47%	13,05%
0,177 mm (US nº80)	1,58%	11,09%
0,149 mm (US nº100)	0,25%	8,21%
< 0,149 mm	0,67%	52,01%

FA: Farinha de arroz; FBDB: Farinha de batata-doce biofortificada.

A FA possuiu maior porcentagem de partículas maiores do que 0,42 mm e a FBDB apresentou maiores porcentagens de partículas menores do que 0,149 mm. Deste modo, a FA apresentou partículas maiores em comparação às encontradas para a FBDB. Para as massas

convencionais à base de trigo, a granulometria utilizada para os processos tradicionais de extrusão à frio pode variar entre 0,5 a 0,3 mm, correspondendo às frações com tamanhos de partículas de semolina maiores, obtidos pela moagem grosseira dos grãos (KRUGER; MATSUO; DICK, 1998). Para processos modernos de fabricação de massas, é requerido menor tamanho de partícula de semolina ($<0,3$ mm), pois os períodos de residência na extrusora são menores e é necessário acelerar a velocidade de hidratação das partículas. Portanto, não há valores ideais quanto aos tamanhos de partículas das farinhas, sendo variável conforme o processo de fabricação utilizado (SICIGNANO et al., 2014).

É importante que distribuição de partículas seja uniforme, para que a hidratação ocorra de forma homogênea, pois as partículas menores irão hidratar-se mais rápido que as partículas de maior tamanho (KILL; TURNBULL, 2001). Deste modo, a farinha de arroz necessitará de maior tempo de hidratação, em relação à FBDB. Este pode ser um fator benéfico à formação da massa, pois as partículas de FBDB serão mais rapidamente hidratadas e poderão envolver as partículas de FA, contribuindo para a formação da massa.

3.2 Amido de batata-doce biofortificada

Para a extração de amido de batatas-doces cultivar ‘Beauregard’, obteve-se rendimento de aproximadamente 20% de sobre massa úmida de batatas.

As imagens de MEV obtidas encontram-se na Figura 2, itens a e c, enquanto as imagens contendo o mapeamento dos grânulos em *software ImageJ* encontram-se na Figura 2, itens b e d.

Os grânulos observados apresentaram formação arredondada, sendo as imagens comparáveis às observadas em trabalhos de Lee e Lee (2016), em micrografia de amido de batata-doce de uma cultivar de polpa alaranjada. Observou-se a presença de rachaduras e desidratação superficial dos grânulos, o que pode ter sido decorrente do processo de extração do amido, principalmente pela utilização de solventes.

Conforme Eliasson (2009), os tamanhos dos grânulos de amidos extraídos de batatas-doces podem variar entre 5 e 40 μm de diâmetro, conforme diferenças de tratamentos culturais, de variedade de batata e de maturidade da raiz. O diâmetro estimado dos grânulos de amido de batata-doce neste estudo variou entre $25,10 \pm 4,92$ a $33,22 \pm 7,5$ μm , valores que estão próximos aos valores de diâmetros encontrados por Walter et al. (2000), para cultivar ‘Bearegard’, que foram de 13,3 a 21,3 μm .

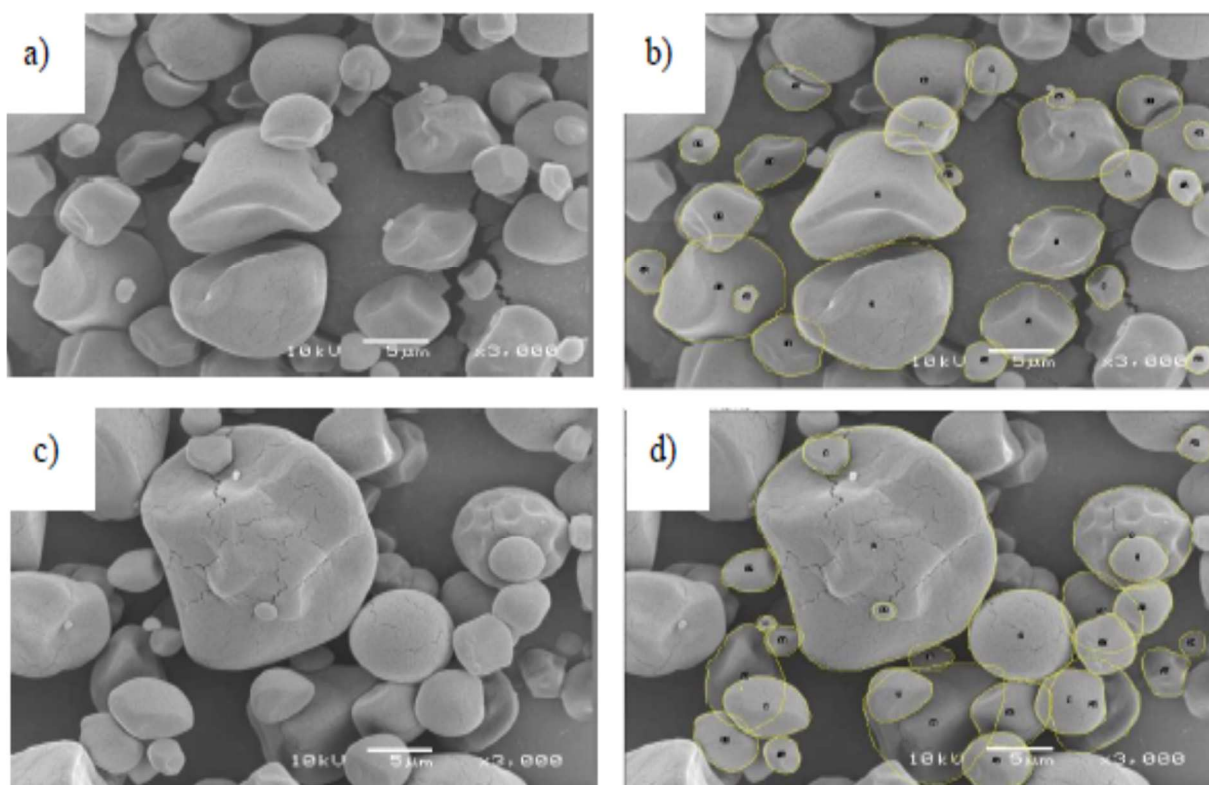


Figura 2. Micrografias de grânulos de amido de batata-doce cultivar ‘Beauregard’, utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), aumento de 3000 x.

De acordo com o autor Abdel-Aal (2009), o arroz apresenta grânulos de amido poligonais e esféricos de reduzido tamanho, entre 1 e 3 μm de diâmetro. Este tamanho pode diferir, conforme a variedade de arroz utilizada (ELIASSON, 2009). Deste modo, as características morfológicas e de tamanho diferem entre os grânulos de arroz e os grânulos da batata-doce biofortificada, assim como as proporções entre amilose e amilopectina que formam os grânulos. O amido de arroz normal possui entre 70 e 80% de amilopectina e entre 20 e 30% de amilose (MITCHELL, 2009). Em estudos sobre variedades de batata-doce de polpa alaranjada nativas do Sri Lanka, Senanayake et al. (2013) identificaram teores de amilopectina entre 80,4 a 81,4% de amilopectina e entre 18,6 e 19,6% de amilose. Em estudos de Walter et al. (2000) sobre propriedades reológicas de amidos de batatas, entre elas a cultivar ‘Beauregard’, os autores relataram teor de amilose de 24,4%.

3.3 Umidade das pré-misturas e massas alimentícias

Os valores de umidade para as pré-misturas e massas secas e cozidas encontram se descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de umidade (%) para pré-misturas, massas alimentícias sem glúten secas e massas sem glúten submetidas à cozimento e secagem. *

Formulação	Umidade pré-misturas (%)	Umidade massas secas (%)	Umidade de massas cozidas e submetida à secagem (%)
E1	10,77±0,03	9,00±0,27	8,46±0,30
E2	10,13±0,10	7,99±0,03	8,85±0,23
E3	10,89±0,16	9,30±0,05	9,4±0,04
E4	10,42±0,02	10,50±0,32	10,19±0,09
E5	10,86±0,01	9,97±0,19	9,19±0,45
E6	10,94±0,09	11,09±0,18	8,19±0,30
E7	11,00±0,03	10,60±0,07	8,65±0,05
E8	10,27±0,36	9,700±0,06	8,33±0,04
E9	11,06±0,10	7,89±0,06	9,53±0,50
E10	10,08±0,13	9,57±0,07	9,47±1,05
E11	11,00±0,19	10,02±0,12	8,48±0,41
E12	10,50±0,03	9,93±0,005	8,84±0,09
E13	10,60±0,02	8,94±0,28	8,53±0,28
E14	10,33±0,16	11,43±0,09	8,53±0,58
E15	10,49±0,01	9,89±0,06	9,15±0,17
E16	10,73±0,02	9,96±0,01	8,93±0,20
E17	10,86±0,04	9,88±0,12	8,58±0,17

*Média ± desvio padrão

As pré-misturas apresentaram entre 10,08% e 11,06% de umidade, enquanto as massas alimentícias secas apresentaram valores de umidade entre 7,89% e 11,09%. A secagem de massas alimentícias é um processo que contribui para manutenção da sua estabilidade microbiológica e bioquímica, mesmo em períodos longos de armazenamento (6 meses a 1 ano), o que é obtido pela remoção da umidade na secagem até valores de atividade de água que impossibilitem o crescimento microbiano (JOHNSTON, 2001). É ideal para massas alimentícias secas para a estabilidade em estocagem que estas apresentem valores de umidade abaixo de 14% (KRUGER; MATSUO; DICK, 1998), indicando que todas as massas obtidas neste estudo atenderam a este requisito.

As massas cozidas e submetidas à secagem apresentaram 8,19% a 10,19% de umidade. Todos os valores obtidos para a umidade das pré-misturas e massas foram utilizados

para ajustes na quantidade para pesagem para a realização das análises de IAA, ISA e propriedades de pasta.

3.4 IAA e ISA

O Índice de Absorção de Água (IAA) e o Índice de Solubilidade em Água (ISA) para as pré-misturas encontram-se descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Índice de absorção de água (IAA) e índice de Solubilidade em água (ISA) para pré-misturas de massas alimentícias sem glúten. *

Pré-mistura	Índice de absorção de água IAA	Índice de solubilidade em água ISA (%)
E1	1,44±0,10	5,37±0,47
E2	1,76±0,05	8,05±0,19
E3	2,07±0,03	5,94±0,07
E4	1,28±0,44	7,50±0,93
E5	2,07±0,02	6,96±0,09
E6	1,37±0,16	8,22±0,52
E7	2,24±0,07	6,96±0,09
E8	2,00±0,01	8,83±0,08
E9	1,75±0,02	5,03±0,07
E10	2,40±0,33	9,35±0,55
E11	1,74±0,04	6,66±0,03
E12	2,12±0,03	7,95±0,09
E13	1,64±0,06	7,47±0,05
E14	1,90±0,02	8,56±0,05
E15	2,15±0,04	7,06±0,16
E16	1,92±0,04	7,05±0,10
E17	2,04±0,05	7,27±0,03

*Médias ± desvio padrão

Conforme Carvalho, Ascheri e Cal-Vidal (2002), o IAA está relacionado à presença de grupos hidrofílicos que interagem com as moléculas de água formando estrutura de gel, enquanto o ISA está relacionado aos componentes solúveis em água presentes. Quando há a adição de água e centrifugação, os componentes solúveis encontram-se no sobrenadante, sendo quantificados após a evaporação da água, enquanto os componentes que absorvem água decantam-se (ANDERSON et al., 1969).

A interação com a água é fundamental para os amidos, no processo de gelatinização, para hidratação das proteínas solúveis e para a formação do gel de hidrocolóides (MARTI; PAGANI, 2013), sendo por isso importante conhecer as características de IAA e ISA das pré-misturas. Também é possível a partir destes valores avaliar a hidratação necessária para as pré-

misturas na formação da massa, e como os componentes da massa afetam o IAA e o ISA (SCHMIELE et al., 2013).

Os efeitos das análises de IAA e ISA das pré-misturas foram analisados estatisticamente, e os resultados descritos na Tabela 11.

Observou-se o IAA não apresentou efeitos significativos para a faixa estudada ($p > 0,10$), apresentando valores de média próximos para as diferentes pré-misturas, entre 1,44 a 2,12. Deste modo, a hidratação das massas pode ser mantida constante em 45 mL/100 g de pré-mistura. Este é um fator importante do ponto de vista tecnologico, pois é necessário tempos mais prolongados de secagem para massas com maior quantidade de água adicionada, e a ocorrência de variação muito grande entre as massas quanto à hidratação exige tempos de secagem diferenciados, uma alternativa pouco aplicável à realidade industrial da produção de massas.

Para o ISA, o modelo foi considerado significativo por apresentar p-valor significativo, $R^2 > 0,80$ e valor de quadrado médio do erro puro extremamente baixo (0,0). O ISA foi influenciado principalmente pela variação da proporção FA:FBDB, e também pela CMC. Houve aumento nos valores de ISA conforme aumento nas quantidades de FBDB e redução nas quantidades de FA, e aumento na quantidade de CMC adicionada. A PCSH teve pouca influência no ISA, como pode ser observado na Figura 3, itens “a”, “b” e “c”.

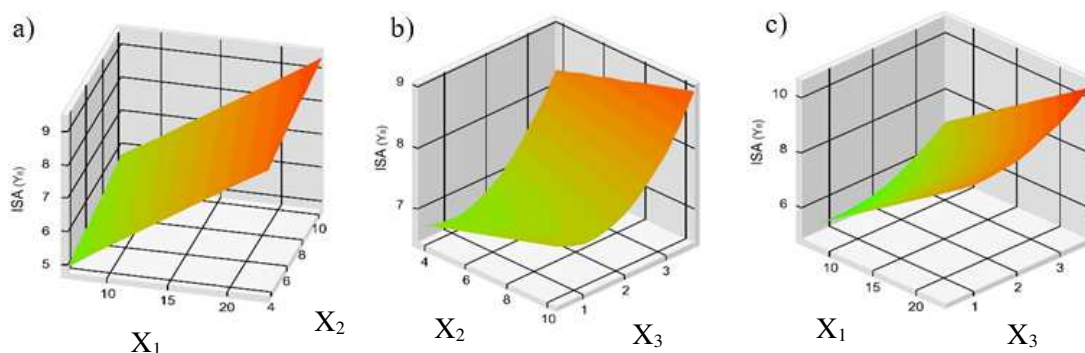


Figura 3. Superfícies de resposta para análises em pré-misturas de massas alimentícias sem glúten. a) interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto ao ISA (%); b) interação entre PCSH (x_2) e CMC (x_3) quanto ao ISA (%); c) interação entre FA:FBDB (x_1) e CMC (x_3) quanto ao ISA (%); de massas alimentícias sem glúten.

3.5 Propriedades de pasta da farinha de arroz e da FBDB

Os gráficos obtidos para a análise de propriedades de pasta realizada para a FA e para a FBDB encontram-se na Figura 4, itens “a” e “b”, respectivamente.

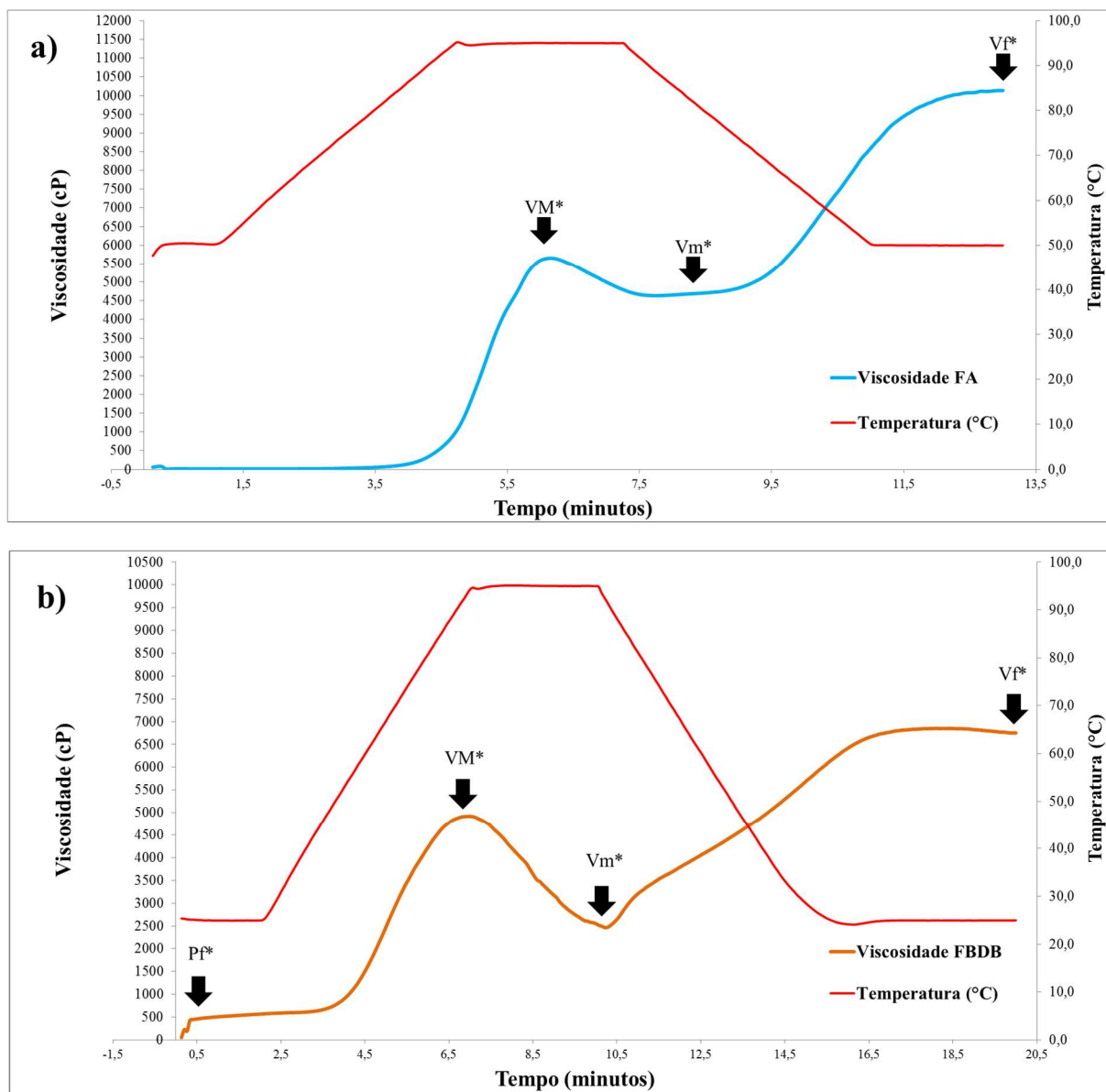


Figura 4. Propriedades de pasta: a) gráfico de propriedades de pasta de farinha de arroz (FA); b) gráfico de propriedades de pasta de FBDB *Pf: pico de viscosidade à frio (25°C); VM: viscosidade máxima à 95°C; Vm: viscosidade mínima à 95°C; Vf: viscosidade final à 50°C (FA) ou à 25°C (FBDB).

A FA apresentou temperatura de pasta a 75°C, enquanto a FBDB teve a obtenção de pasta em menores temperaturas, a 55°C, em tempos de pico de 6 minutos para ambas as farinhas. Deste modo, a gelatinização da FBDB inicia-se primeiro, significando que quando na pré-mistura, este ingrediente pode ser benéfico para a formação da massa, englobando os grânulos de amido de arroz, que demoram mais tempo para iniciar a gelatinização.

A FBDB apresentou viscosidade à frio (25°C), imediatamente após a hidratação. O branqueamento das batatas para o preparo da farinha, ou seja, a aplicação de calor por curto período de tempo (2 minutos a 95°C) seguido de resfriamento imediato, promoveu tanto a inativação enzimática, como modificação física de pré-gelatinização de parte do amido da FBDB, o que pode ser observado pela formação de pequeno pico de viscosidade à frio entre 350 e 1000 cP, imediatamente após a hidratação. Em teste preliminar com o método *standard* 1, observou-se a tendência da formação do pico à frio para este ingrediente, e por isso, optou-se pelo uso da metodologia *extrusion* 1.

A viscosidade máxima à 95°C para a farinha de arroz foi de 5500 cP, maior do que a apresentada pela FBDB, que foi de 4700 cP, o que está correlacionado com as diferenças na composição dos amidos quanto à proporção de amilose e amilopectina, e também pela pré-gelatinização parcial ocorrida na FBDB.

Observou-se quanto aos valores de viscosidade mínima à 95°C (V_m) que a FBDB resistiu menos à mistura e aquecimento além do ponto de gelatinização do que a farinha de arroz. Isto porque parte dos grânulos de amido já haviam sido gelatinizados e rompidos pela pré gelatinização, e também pela própria característica da FBDB. Deste modo, a quantidade de FBDB adicionada à FA deve ser limitada para evitar problemas na manutenção da firmeza e estrutura das massas após o cozimento.

A viscosidade final (V_f) à 50°C para a farinha de arroz foi de 10000 cP, o que indicou maior tendência à retrogradação da farinha de arroz em comparação à FBDB, que apresentou valor de viscosidade à 25°C de 6500 cP. Este fator está relacionado ao tamanho dos grânulos de amido e proporções entre amilose e amilopectina diferenciadas.

As diferenças entre as características das pastas obtidas a partir da farinha de arroz e da FBDB estão relacionadas as proporções de amilose e amilopectina do amido. A amilopectina é o componente responsável pelo inchamento dos grânulos e viscosidade durante o cozimento, enquanto a amilose entrelaça-se com a amilopectina, restringindo o inchamento dos grânulos (LAZARIDOU; BILIADERIS, 2009).

Observando-se as pastas obtidas após a análise, pode-se verificar visualmente as diferenças entre as pastas após gelatinização e resfriamento em temperatura ambiente (25°C), conforme a Figura 5, para a FA (item a) e FBDB (item b).

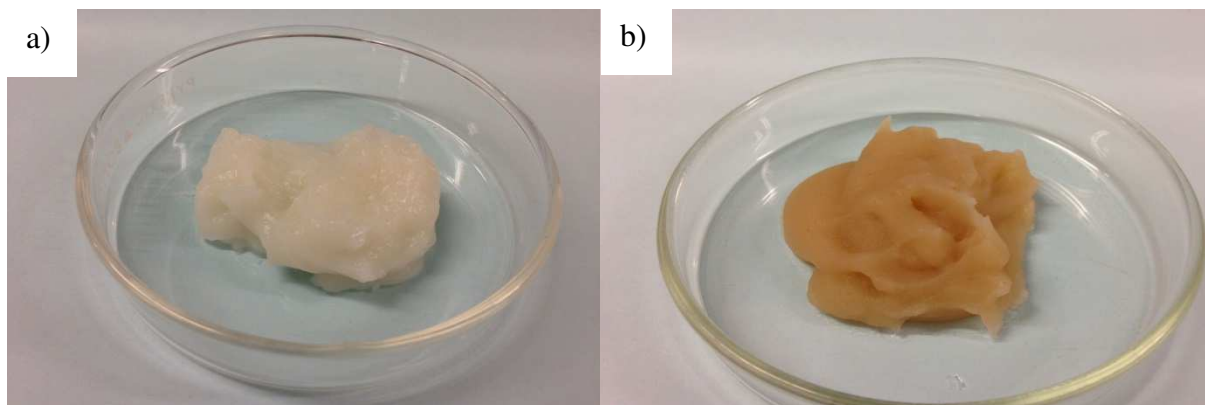


Figura 5. Pastas obtidas após gelatinização e resfriamento (25°C) da farinha de arroz (FA) e farinha de batata-doce biofortificada. a) FA; b) FBDB

A farinha de arroz produziu pastas brancas, com consistência de gel e não coesas (textura curta), formando gel firme após resfriamento, com aroma característico de cereal. Observou-se a formação de água superficial após o resfriamento, dando aspecto brilhante ao gel obtido.

Observou-se que a FBDB originou pasta de cor alaranjada, levemente translúcida, com textura pouco firme após resfriamento, odor característico de batata-doce e sabor adocicado. A presença da casca da batata, também utilizada na produção da farinha pode ser observada, com presença de pequenos pontos alaranjados e escuros na pasta.

A FBDB pode ser aplicada às massas alimentícias como agente que promove mudanças na textura e na cor, pelos teores elevados que possui de β -caroteno, que atribuem cor alaranjada. As massas convencionais são amarelas pela presença de xantofilas, compostos carotenoides presentes no trigo (KRUGER; MATSUO; DICK, 1998). As massas obtidas à base de arroz não possuem a coloração atrativa das massas convencionais, sendo complementada com ingredientes, como ovos e farinha de milho (FERREIRA et al., 2016), ou pela adição de agentes colorantes, como o urucum. Deste modo, os teores de β -caroteno da FBDB podem promover melhoria tecnológica como agente de coloração, além da melhoria nutricional.

3.6 Características tecnológicas das massas sem glúten

As imagens correspondentes das massas alimentícias secas e após cozimento e da água de cozimento obtida encontram-se na Figura 6, e as informações sobre as características tecnológicas das massas encontram-se descritas na Tabela 6. Observou-se que todas as formulações de pré-mistura resultaram em massas que mantiveram estrutura após as etapas de formatação, secagem e o cozimento.

Visualmente, as massas apresentaram aumento de volume após o cozimento, causado pela absorção de água pelos ingredientes, como amido, proteínas e gomas, e pelo processo de gelatinização do amido pela aplicação de aquecimento.

Pode-se verificar, na Tabela 6, que massas amarelas foram obtidas com até 15% de adição de FBDB e 85% de FA, enquanto as que possuíam teores de 20% de adição de FBDB e 80% de FA apresentaram cor alaranjada, característica da FBDB. Os demais ingredientes apresentaram concentrações diversas, porém não foram relacionados à efeitos de alteração da coloração, uma vez que apresentam colorações entre creme e branco.

No entanto, a massa E5 apresentou coloração visual laranja e tonalidade escura, mesmo apresentando 10% de FBDB. Tal comportamento pode ter sido decorrente de interações entre os ingredientes na secagem das massas. Após o cozimento, verificou-se que algumas massas apresentaram diferenças de cor e tonalidade visual após o cozimento, o que pode ter sido ocasionado por modificações nos compostos provitamina A, pois estes possuem estrutura química isoprenoide, sujeita à modificações por oxidação e calor, sofrendo degradação em compostos carotenoides derivados no processo de cozimento (PATHARE et al., 2013).

As tonalidades escuras foram encontradas predominantemente em massas que apresentavam as maiores concentrações de PCSH. Este fato pode ser devido a ocorrência de Reação de *Maillard* no processo de secagem (JOHNSTON, 2001), pela interação entre elevados teores de aminoácidos presentes na PCSH e de açúcares redutores da FBDB, que resultou na formação de pigmentos escuros.

Deve-se salientar que a avaliação visual da cor e tonalidade tiveram o objetivo de classificação, recomendando-se a análise colorimétrica instrumental para melhor compreensão dos efeitos do processamento e cozimento das massas alimentícias sem glúten.

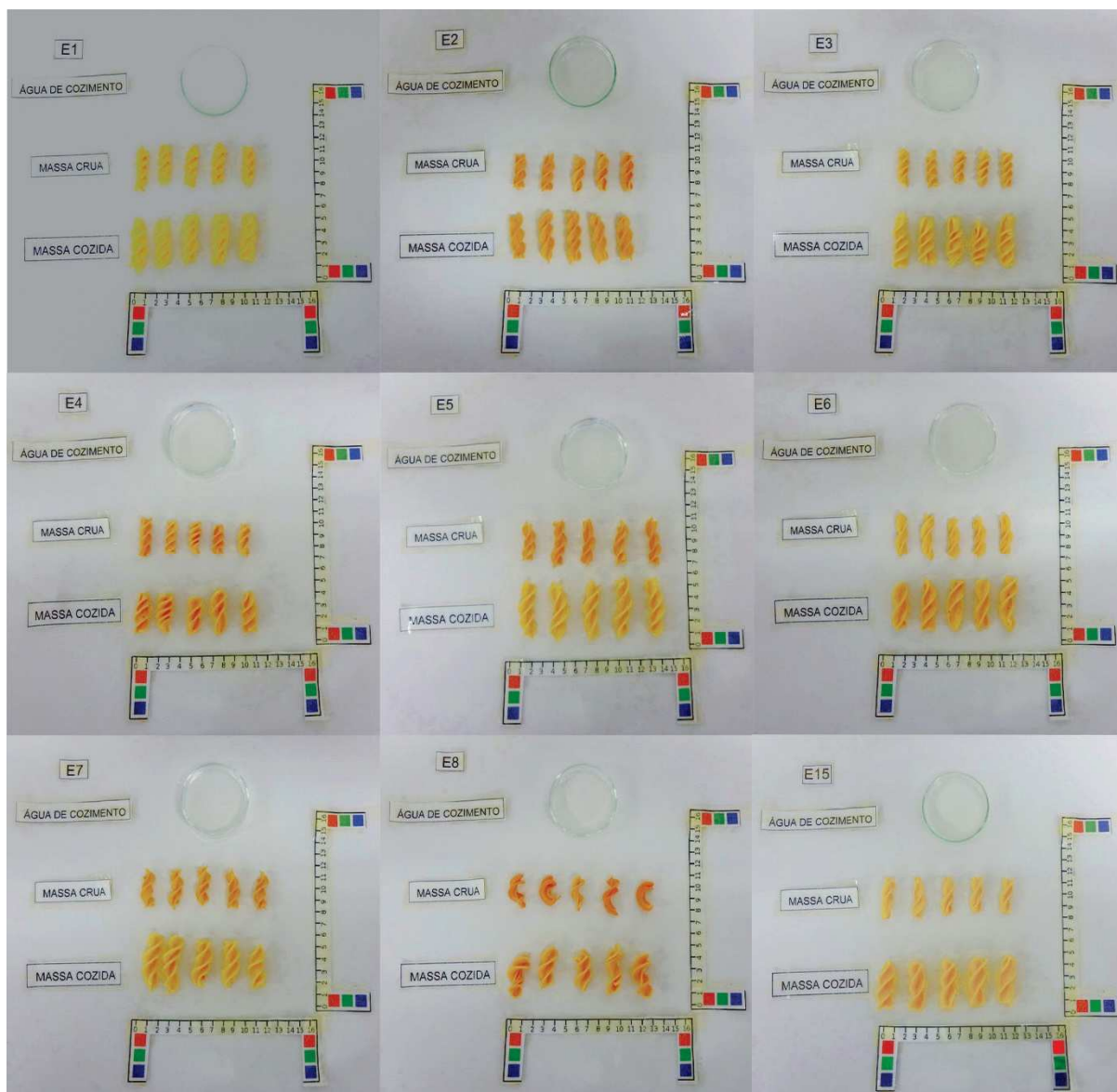


Figura 6. Massas alimentícias sem glúten secas e após cozimento, produzidas conforme DCCR 2³, com variáveis independentes ($x_1/x_2/x_3$)*, experimentos: * Onde: x_1 = proporção da mistura de farinha de arroz e farinha de batata-doce biofortificada (FA:FBDB, em %), x_2 = quantidade de proteína concentrada de soja hidrolisada (PCSH, em g/100 g de mistura FA:FBDB) e x_3 = quantidade de goma carboximetilcelulose sódica (CMC, em g/100 g de mistura FA:FBDB).



Figura 6 (continuação). Massas alimentícias sem glúten secas e após cozimento, produzidas conforme DCCR 2³, com variáveis independentes ($x_1/x_2/x_3$)*, experimentos: E9 (93,4:6,6/5/2); E10 (76,6:23,4/5/2); E11 (85:15/3,6/2); E12 (85:15/10,4/2); E13 (85:15/0,3/1); E14 (85:15/7/3,7); E16 (85:15/7/2, formulação controle); E17 (85:15/7/2, formulação controle). * x_1 = proporção da mistura de farinha de arroz e farinha de batata-doce biofortificada (FA:FBDB, em %), x_2 = quantidade de proteína concentrada de soja hidrolisada (PCSH, em g/100 g de mistura FA:FBDB) e x_3 = quantidade de goma carboximetilcelulose sódica (CMC, em g/100 g de mistura FA:FBDB).

Tabela 6. Características tecnológicas das massas alimentícias sem glúten.

Massa	Valores reais			Características das massas secas								Características das massas cozidas		
	FA:FBDB (%)	PCSH**	CMC**	Cor visual	Tonalidade visual	Tamanho da unidade (cm) **	Diâmetro (mm) **	Defeitos no formato	Quebras	Distância entre passos (mm) **	Característica do parafuso	Mantém estrutura após cozimento?	Cor visual	Tonalidade visual
1	10:90	5,0	1,0	Amarela	Clara	2,96±0,25	0,91±0,06	Sem defeitos	Sem quebras	0,65±0,04	Intermediário	Sim	Amarela	Clara
2	20:80	5,0	1,0	Laranja	Clara	2,87±0,53	0,94±0,08	Sem defeitos	Sem quebras	0,61±0,08	Intermediário	Sim	Laranja	Clara
3	10:90	9,0	1,0	Amarela	Escura	2,95±0,29	0,95±0,09	Defeitos leves	Quebras leves	0,54±0,07	Fechado	Não	Amarela	Escura
4	20:80	9,0	1,0	Laranja	Escura	2,83±0,86	0,94±0,09	Defeitos leves	Quebras leves	0,57±0,11	Fechado	Não	Laranja	Escura
5	10:90	5,0	3,0	Laranja	Escura	3,19±0,55	0,90±0,15	Defeitos leves	Quebras leves	0,78±0,08	Aberto	Não	Amarela	Clara
6	20:80	5,0	3,0	Laranja	Clara	2,98±0,35	0,93±0,10	Defeitos leves	Quebras leves	0,74±0,22	Aberto	Sim	Laranja	Escura
7	10:90	9,0	3,0	Amarela	Escura	2,88±0,68	0,86±0,06	Defeitos leves	Muitas quebras	0,64±0,08	Intermediário	Não	Amarela	Clara
8	20:80	9,0	3,0	Laranja	Escura	2,97±0,34	0,90±0,09	Defeitos graves	Muitas quebras	-	Ausente	Não	Laranja	Escura
9	6,6:93,4	5,0	2,0	Amarela	Clara	3,03±0,30	0,88±0,09	Defeitos leves	Quebras leves	0,60±0,08	Intermediário	Não	Amarela	Clara
10	23,4:76,6	5,0	2,0	Laranja	Escura	3,38±0,48	0,90±0,06	Defeitos leves	Sem quebras	0,68±0,08	Intermediário	Sim	Laranja	Escura
11	15:85	3,6	2,0	Amarela	Clara	3,07±0,66	0,93±0,07	Defeitos leves	Sem quebras	0,62±0,20	Intermediário	Sim	Amarela	Clara
12	15:85	10,4	2,0	Amarela	Escura	3,29±0,14	0,90±0,05	Sem defeitos	Sem quebras	0,67±0,10	Intermediário	Sim	Amarela	Escura
13	15:85	7,0	0,3	Amarela	Escura	2,32±1,05	0,95±0,07	Defeitos leves	Quebras leves	0,55±0,03	Fechado	Sim	Amarela	Escura
14	15:85	7,0	3,7	Amarela	Escura	3,09±0,40	0,92±0,05	Defeitos graves	Quebras leves	-	Ausente	Não	Amarela	Clara
15 (C)	15:85	7,0	2,0	Amarela	Escura	3,13±0,90	0,93±0,12	Defeitos leves	Sem quebras	0,64±0,11	Intermediário	Sim	Amarela	Clara
16 (C)	15:85	7,0	2,0	Amarela	Escura	3,23±0,69	0,91±0,06	Defeitos leves	Sem quebras	0,67±0,04	Intermediário	Sim	Amarela	Clara
17 (C)	15:85	7,0	2,0	Amarela	Escura	3,18±0,97	0,92±0,08	Defeitos leves	Sem quebras	0,68±0,07	Intermediário	Sim	Amarela	Clara

*Valores de média±desvio padrão obtidos a partir de 15 unidades de massas.

**g/100 g de mistura FA:FBDB.

Quanto ao parâmetro defeitos no formato, observou-se que todas as formulações que apresentavam adição igual ou superior a 3% de CMC apresentaram algum grau de defeito na formação das massas. Houve a ocorrência de defeitos graves para as massas E8 e E14, o que consequentemente impossibilitou a formação de parafuso para estas duas massas, o que pode estar relacionado às gomas, adicionadas em quantidade de 3% para a massa E8 e 3,7% para a massa E14. Os hidrocolóides atuam como aditivos melhoradores, contribuindo para absorção de água com a formação de gel, o que contribui para redução da perda de sólidos (PELLEGRINI e AGOSTONI, 2015), mas também contribui para o aumento da maciez das massas, o que pode ter ocasionado a dificuldade na manutenção da estrutura em parafuso, principalmente após a secagem.

Realizou-se a ANOVA dos parâmetros tamanho da unidade (cm) e diâmetro das unidades, e os resultados encontram-se na Tabela 7. As superfícies obtidas para os modelos significativos encontram-se na Figura 7, itens “a”, “b”, “c” e “d”.

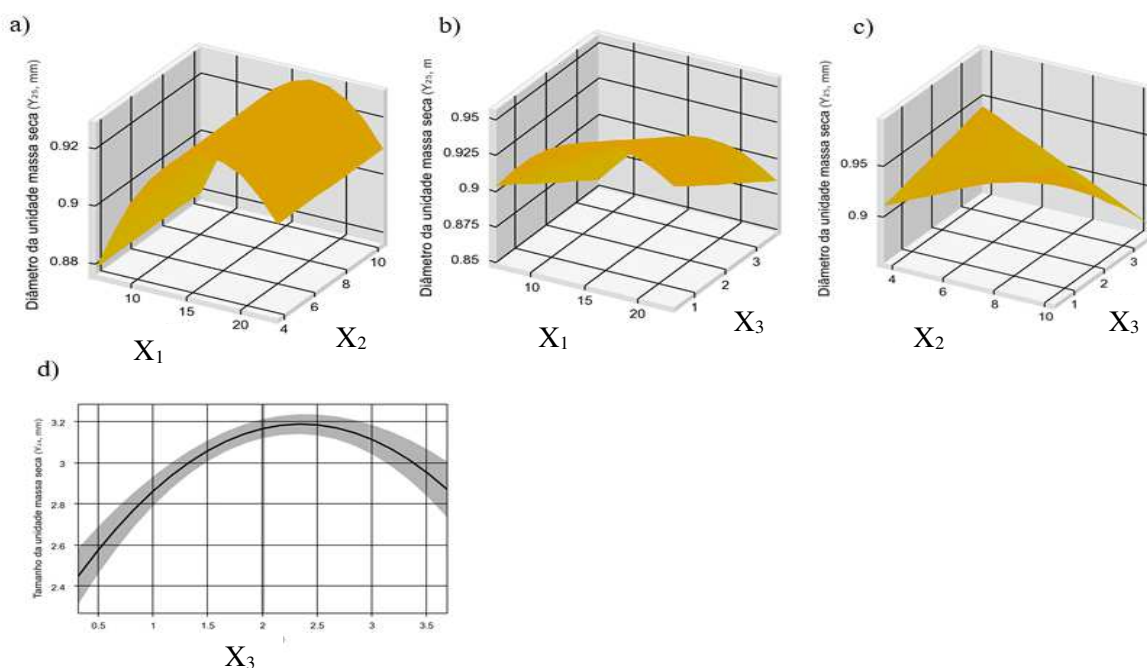


Figura 7. Superfícies de resposta para análises tecnológicas de massas alimentícias secas sem glúten: a) interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto ao diâmetro da unidade (mm); b) interação entre FA:FBDB (x_1) e CMC (x_3) quanto ao diâmetro da unidade (mm); c) interação entre PCSH (x_2) e CMC (x_3) quanto ao diâmetro da unidade (mm); d) Efeito da CMC (x_3) quanto à tamanho da unidade (cm).

Tabela 7. Resultados de ANOVA para efeitos tecnológicos e reológicos das pré-misturas, massas alimentícias sem glúten secas e massas secas submetidas ao cozimento e secagem.

Parâmetro	Equação	Média ± desvio padrão	R ²	p-valor*	Falta de ajuste*	Quadrados médios (Erro puro)
Pré-misturas						
IAA			0,45	0,74267	0,07494	0,0
ISA (%)	$Y1 = 7,10 + 1,07 x_1 + 0,20 x_2 + 0,44 x_3 + 0,26 x_3^2$		0,92	0,00000	0,08269	0,0
Tp (°C)	$Y2 = 78,45 - 2,87 x_1 - 2,42 x_3 + 1,95 x_1 x_3 + 1,58 x_2 x_3$		0,82	0,00021	0,30597	1,9
VM à 95°C (cP)		4738 ± 7,72	0,58	0,05766	0,05384	15765,03
tp (minutos)	$Y3 = 6,94 - 0,04 x_1 + 0,20 x_3 - 0,12 x_3^2 - 0,05 x_2 x_3$		0,95	0,00000	0,17000	0,0
Vm à 50°C (cP)	$Y4 = 3364,27 + 245,99 x_1 - 259,50 x_1 x_2 - 178,42 x_2 x_3$		0,81	0,00006	0,19829	7573,5
Quebra (cP)		1374 ± 2,83	0,59	0,00204	0,01744	2302,2
Vf (cP)		7092 ± 9,50	0,52	0,60299	0,01605	13506,6
Retrogradação (cP)		3727 ± 6,62	0,38	0,85267	0,00232	1501,5
Massas secas cruas						
Tamanho da unidade (mm)	$Y5 = 3,16 + 0,12 x_3 - 0,18 x_3^2$		0,69	0,00025	0,10405	0,0
Diâmetro da unidade (mm)	$Y6 = 0,92 + 0,01 x_1 - 0,01 x_1^2 - 0,01 x_3 - 0,01 x_2 x_3$		0,74	0,00153	0,34582	0,0
Tp (°C)		94,01 ± 24,09	0,60	0,00172	0,00024	0,0
VM à 95°C (cP)	$Y7 = 1928,74 - 115,31 x_1 - 147,33 x_2 - 77,88 x_3^2$		0,73	0,00054	0,40544	9320,4
tp (minutos)		7,0 ± 0,00	0,55	0,000348	N.C	0,0
Vm à 50°C (cP)	$Y8 = 714,57 + 70,42 x_3^2 + 130,50 x_1 x_2 - 146,83 x_1 x_3 - 211,58 x_2 x_3$		0,80	0,00035	0,15922	3069,9
Quebra à 95°C (cP)		1086,56 ± 3,40	0,87	0,06198	0,06198	1796,7
Vf à 50°C (cP)	$Y9 = 2588,19 - 188,16 x_1 - 189,16 x_2 - 84,54 x_3^2 - 131,58 x_1 x_2 + 154,83 x_1 x_3$		0,85	0,00035	0,40796	13850,2
Retrogradação (cP)	$Y10 = 1867,66 - 189,61 x_1 - 156,57 x_2 - 140,33 x_3^2 - 262,08 x_1 x_2 + 301,67 x_1 x_3 + 291,41 x_1 x_3$		0,95	0,00000	0,20006	4107,1
Massas secas cozidas						
Tp (°C)	$Y11 = 90,69 + 1,15 x_1 - 3,35 x_3 - 1,38 x_3^2 - 2,29 x_1 x_2 + 3,81 x_1 x_3 + 3,50 x_2 x_3$		0,89	0,00028	0,19655	1,5
VM à 95°C (cP)		1662,53 ± 3,07	0,56	0,51411	0,09306	35094,2
tp (minutos)		9,87 ± 0,15	0,58	0,4646	0,83550	0,0
Vm à 25°C (cP)		1729,86 ± 2,95	0,18	0,08845	0,06759	24111,7
Vf à 25°C (cP)	$Y12 = 2075,31 + 312,01 x_3 - 409,79 x_1 x_3$		0,36	0,04283	0,14131	58945,3
Retrogradação (cP)	$Y13 = 409,86 + 70,04 x_1 + 95,57 x_3 - 79,81 x_3^2 - 107,67 x_1 x_3$		0,72	0,00230	0,70380	15028,9

* Análise em intervalo de 90% de confiança pelo teste F.

Características de pasta: cP (centipoise, mPa.s⁻¹); VM (viscosidade máxima); tp (tempo de pico); Tp (temperatura de pasta); Vm (viscosidade mínima); Vf (viscosidade final).

Para o diâmetro da unidade, tiveram efeito significativo a proporção entre FA:FBDB, a quantidade de CMC e a interação entre PCSH e CMC. A partir das superfícies obtidas na Figura 7, itens “a”, “b” e “c”. Como o modelo apresentou $R^2 < 0,80$, pode-se afirmar que houve a tendência do aumento do diâmetro da unidade relacionado principalmente ao aumento da quantidade de FBDB e diminuição do teor de FA adicionado.

Para o parâmetro tamanho da unidade de massa, somente a CMC teve efeito significativo, como pode ser observado na Figura 7, item “d”. Observou-se a tendência ($R^2 < 0,80$) do aumento no tamanho da unidade, e a obtenção de valores de maior tamanho da unidade para adição de CMC em níveis entre 2 e 2,5%.

A distância entre passos não pode ser avaliada estatisticamente, pela presença de defeitos graves de formação de parafuso, impossibilitando a medida entre passos para as massas E8 e E14. A distância entre passos variou entre $0,54 \pm 0,07$ mm e $0,78 \pm 0,08$ mm. Observou-se que teores proteicos iguais ou superiores a 7%, relacionados a teores de goma iguais ou inferiores a 1%, resultaram em massas com menor distância entre parafusos, sendo assim classificadas quanto ao parâmetro características de parafuso como “fechado”. Uma explicação deste efeito pode ter sido a contribuição das proteínas para o aumento da firmeza das massas pela formação de rede em torno dos grânulos de amido (MARTI; PAGANI, 2013), e durante a secagem, com efeito do calor e da desidratação, ocasionam a retração da estrutura da massa.

A partir da avaliação tecnológica das massas secas e cozidas, foram selecionadas as melhores formulações, que apresentaram ausência de quebras, ausência de defeitos, característica de parafuso intermediário e manutenção da estrutura após cozimento. Conforme estes critérios, as massas secas selecionadas foram a E1, E2 e E12, cuja composição encontra-se descrita na Tabela 8.

Tabela 8. Características tecnológicas das massas alimentícias sem glúten secas selecionadas.

Massa	Variáveis independentes ($x_1/x_2/x_3$) *
E1	90:10/5/1
E2	80:20/5/1
E12	85:15/10,4/2

* x_1 = proporção da mistura de farinha de arroz e batata-doce biofortificada (FA:FBDB, em %), x_2 = quantidade de proteína concentrada de soja hidrolisada (PCSH, em g/100 g de mistura FA:FBDB) e x_3 = quantidade de goma carboximetilcelulose sódica (CMC, em g/100 g de mistura FA:FBDB).

Observou-se que a obtenção de massas secas com as melhores características tecnológicas foi possível a partir de todas as variações da proporção de FA e FBDB dentro da

faixa estudada, variando-se as quantidades de PCSH e de CMC, mantendo-se fixa a quantidade de MGD.

As avaliações tecnológicas são úteis para o entendimento dos efeitos de interações entre ingredientes e de processamento sobre as características das massas secas, além de fornecer critérios para a pesquisa e seleção das melhores formulações.

Na aquisição de massas alimentícias, a aparência é o principal critérios de escolha aos consumidores, e a coloração é um dos parâmetros que mais impacta nas escolhas alimentares. Portanto, para contribuir aos estudos, a influência da FBDB na coloração das massas alimentícias poderia ser avaliada entre os consumidores, visando identificar o impacto deste atributo nas preferências de consumo.

3.7. Propriedades de pasta das pré-misturas

O termo viscosidade pode ser definido como uma característica dos fluídos de exercerem resistência quando estão sob ação de uma força de cisalhamento (ATWELL, 1986).

As análises de propriedades de pasta foram realizadas para as pré-misturas de massas, para as massas cruas e para as massas cozidas, cujos resultados encontram-se nas Tabelas 9, 10 e 11, respectivamente. Os resultados da ANOVA, com modelos significativos ajustados foram descritos na Tabela 7.

Para os parâmetros viscosidade máxima à 95°C, quebra à 95°C, viscosidade final à 50°C e retrogradação, não foram observados efeitos significativos para as variáveis na faixa estudada, o que indicou características de comportamentos de pasta semelhantes para as pré-misturas. Foram obtidos modelos significativos para os parâmetros temperatura de pasta (T_p), tempo de pasta (t_p), e viscosidade mínima (V_m), e suas superfícies de resposta encontram-se na Figura 8.

Nas superfícies de resposta para o parâmetro T_p , na Figura 8, itens “a”, “b” e “c”, observa-se que a FBDB teve maior efeito entre as variáveis independentes, e conforme maior quantidade de FBDB adicionada, houve aumento da T_p das pré-misturas. A interação entre CMC e PCSH indicou a redução da T_p em menores concentrações de PCSH. O modelo foi preditivo, apresentando $R^2 > 0,80$.

O tempo de pico (t_p) apresentou modelo preditivo ($R^2 > 0,80$) para as pré-misturas, e foi influenciado predominantemente pela adição de CMC, com efeito de aumento do t_p . Houve aumento dos valores de t_p , conforme aumento na quantidade de FBDB e redução

proporcional da quantidade de FA, como pode ser observado nas superfícies de resposta da Figura 8, itens “d”, “e” e “f”.

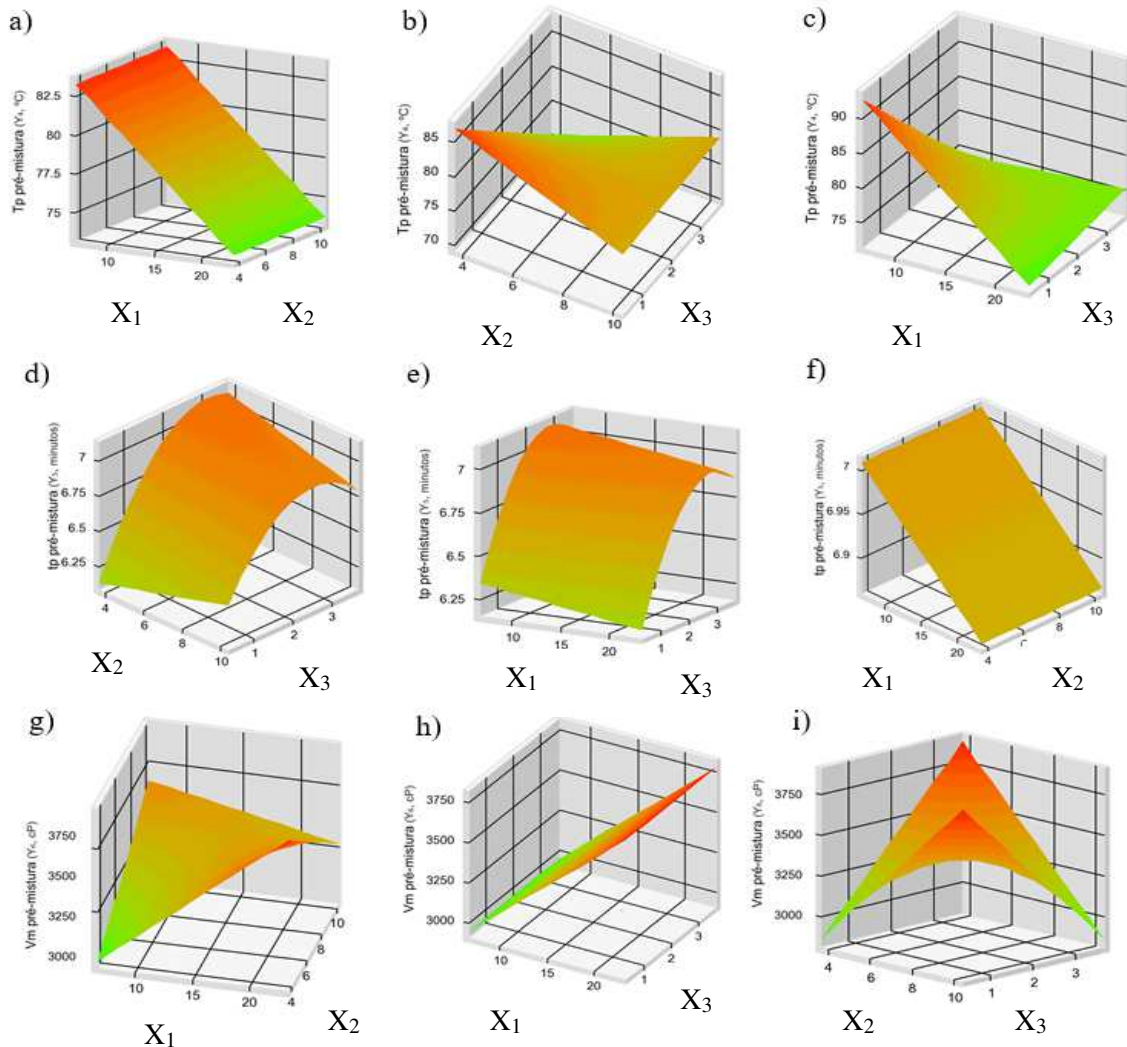


Figura 8. Superfícies de resposta para análises de viscosidade de pasta para pré-misturas de massas alimentícias secas sem glúten: a) interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto à temperatura de pasta (°C); b) interação entre PCSH (x_2) e CMC (x_3) quanto à temperatura de pasta T_p (°C); c) interação entre FA:FBDB (x_1) e CMC (x_3) quanto à temperatura de pasta T_p (°C); d) interação entre PCSH (x_2) e CMC (x_3) quanto ao tempo de pico t_p (min); e) interação entre FA:FBDB (x_1) e CMC (x_3) quanto ao tempo de pico t_p (min); f) interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto ao tempo de pico t_p (min); g) interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto à viscosidade mínima V_m (cP); h) interação entre FA:FBDB (x_1) e CMC (x_3) quanto à viscosidade mínima V_m (cP); i) interação entre PCSH (x_2) e CMC (x_3) quanto à viscosidade mínima V_m (cP).

Para a viscosidade mínima à 50°C (V_m) das pré-misturas, foi obtido modelo preditivo ($R^2 > 0,80$). A interação entre FA:FBDB e CMC teve maior efeito, reduzindo a V_m das pré-misturas, o que pode ser observado em concentrações próximas às regiões dos pontos centrais, conforme pode ser observado nas superfícies de resposta da Figura 8, itens “g”, “h” e “i”.

3.8. Propriedades de pasta das massas alimentícias secas

Para as massas secas, quanto às propriedades de pasta, os parâmetros temperatura de pasta (T_p), tempo de pasta (tp), viscosidade mínima (V_m) e quebra à 95°C, não foram observados efeitos significativos dentro das variações propostas. Foram obtidos modelos significativos para os parâmetros viscosidade máxima (V_M), viscosidade mínima (V_m), Viscosidade final (V_f) e retrogradação, e os modelos ajustados foram apresentados na Tabela 7. As superfícies de resposta encontram-se descritas na Figura 9.

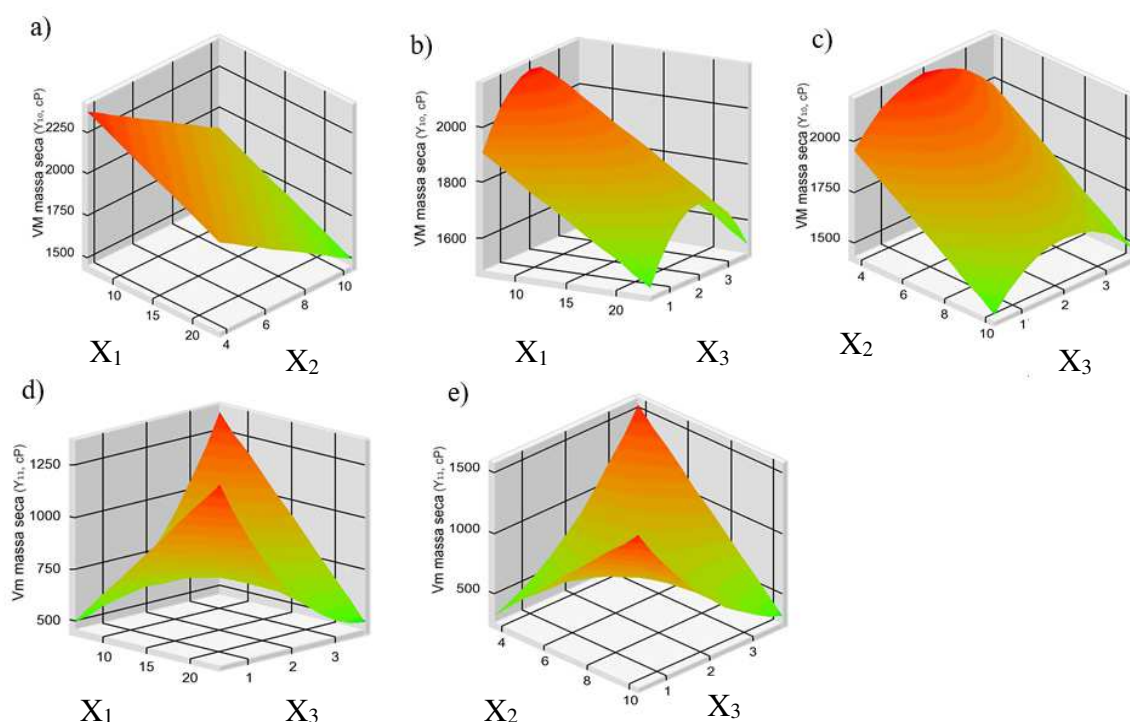


Figura 9. Superfícies de resposta para análises de viscosidade de pasta de massas alimentícias secas sem glúten cruas; a) interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto à viscosidade máxima V_M (cP); b) interação entre FA:FBDB (x_1) e CMC (x_3) quanto à viscosidade máxima V_M (cP); c) interação entre PCSH (x_2) e CMC (x_3) quanto à viscosidade máxima V_M (cP); d) interação entre FA:FBDB (x_1) e CMC (x_3) quanto à viscosidade mínima V_m (cP); e) interação entre PCSH (x_2) e CMC (x_3) quanto à viscosidade mínima V_m (cP).

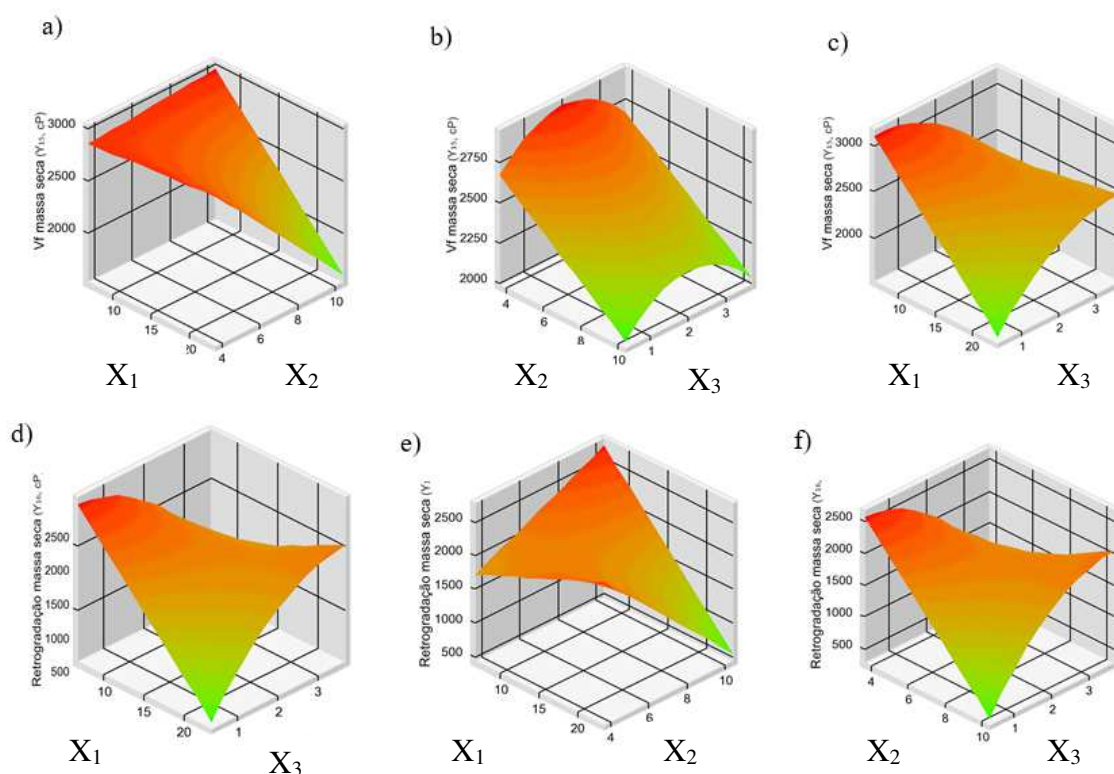


Figura 9 (continuação). Superfícies de resposta para análises de viscosidade de pasta de massas alimentícias secas sem glúten: f) interação entre FA:FBDB (x₁) e PCSH (x₂) quanto à viscosidade final (V_f) à 50°C (cP); g) interação entre PCSH (x₂) e CMC (x₃) quanto à viscosidade final (V_f) à 50°C (cP); h) interação entre FA:FBDB (x₁) e CMC (x₃) quanto à viscosidade final V_f (cP); i) interação entre FA:FBDB (x₁) e CMC (x₃) quanto à retrogradação (cP); j) interação entre FA:FBDB (x₁) e PCSH (x₂) quanto à retrogradação (cP); k) interação entre PCSH (x₂) e CMC (x₃) quanto à retrogradação (cP).

A viscosidade máxima (VM) das massas secas foi influenciada principalmente pela PCSH, seguida da proporção entre FA:FBDB. Como o modelo apresentou $R^2 < 0,80$, identificou-se a tendência do aumento da proporção de FBDB e diminuição da quantidade de FA adicionada, e o aumento na quantidade de PCSH exerceram efeitos de redução na VM, conforme descrito nas superfícies de resposta da Figura 9, itens “a”, “b” e “c”

Para a viscosidade mínima (Vm), conforme observado na Figura 9, itens “d” e “e”, o maior efeito significativo foi para a interação entre PCSH e a CMC. Obteve-se modelo preditivo ($R^2 > 0,80$), e com o aumento da quantidade adicionada de PCSH, associada ao aumento da CMC, observou-se a redução da Vm, tendendo aos pontos centrais.

Quanto à viscosidade final (Vf) da massa seca, obteve-se modelo preditivo ($R^2 > 0,80$), e observou-se que a PCSH e a proporção de FA:FBDB adicionadas tiveram os maiores efeitos de influência. O aumento na adição promoveu efeitos de redução da viscosidade

final para ambas as variáveis independentes, conforme superfícies de resposta na Figura 9, itens “f”, “g” e “h”.

Para o parâmetro retrogradação, obteve-se modelo preditivo ($R^2 > 0,80$), e identificou-se o maior efeito para a interação entre FA:FBDB e CMC. Com o aumento da proporção de FA adicionada e diminuição da FBDB, associado ao aumento da CMC, houve aumento da viscosidade de retrogradação da massa seca, como pode ser observado nas superfícies de resposta da Figura 9, itens “i”, “j” e “k”.

3.9 Propriedades de pasta das massas alimentícias cozidas e submetidas à secagem

Em relação às massas secas submetidas ao cozimento e posterior secagem, os modelos não foram significativos para a viscosidade máxima (VM), tempo de pasta (tp), viscosidade mínima (Vm) e viscosidade final (Vf), indicando que o processo de cozimento não promoveu diferenças significativas ($p > 0,10$) para estes parâmetros de propriedade de pasta. Obtiveram-se modelos significativos para a temperatura de pasta (Tp), viscosidade final (Vf) e retrogradação, cujos modelos ajustados foram apresentados na Tabela 7 e as superfícies de resposta estão na Figura 10.

Quanto à temperatura (Tp) de pasta, o parâmetro apresentou modelo preditivo ($R^2 > 0,80$), e foram significativos os efeitos da CMC e de todas as interações entre ingredientes. O maior efeito foi o de interação entre FA:FBDB e CMC, no aumento da Tp conforme maior quantidade adicionada destes ingredientes, principalmente pelo efeito da CMC, como pode ser observado nas superfícies descritas na Figura 10, itens “a”, “b” e “c”.

Quanto ao parâmetro viscosidade final (Vf), modelo não foi preditivo ($R^2 < 0,80$), e houve efeito significativo para a proporção FA:FBDB, quantidade de CMC e interações entre a proporção FA:FBDB e PCSH, e entre a FA:FBDB com a CMC. Como observado na Figura 11, itens “d”, “e” e “f”, o efeito mais significativo foi o da interação entre FA:FBDB e a CMC, apresentando a tendência da redução da viscosidade final com o aumento de CMC, redução da FA adicionada e aumento da quantidade de FBDB, sendo que a quantidade de PCSH apresentou pouco efeito sobre este parâmetro.

Para a retrogradação da massa cozida, o modelo não foi preditivo ($R^2 < 0,80$), e obtiveram-se efeitos significativos para FA:FBDB, CMC e interação entre CMC e FA:FBDB. O efeito da CMC foi mais significativo, apresentando tendência no aumento dos valores deste parâmetro, conforme observado na Figura 10, itens “g”, “h” e “i”.

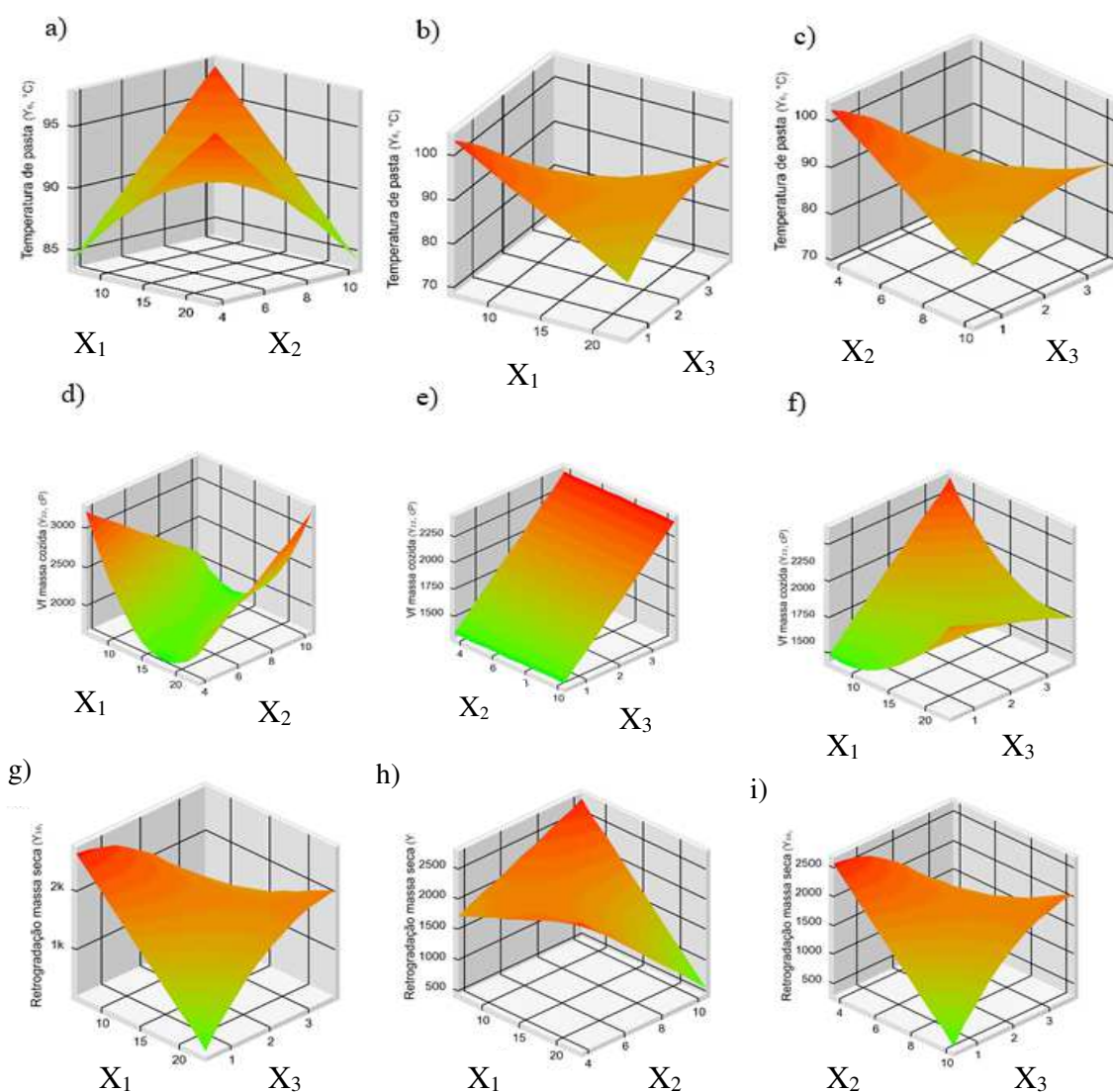


Figura 10. Superfícies de resposta para análises em massas alimentícias secas sem glúten cozidas e submetidas à secagem: a) interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto à temperatura de pasta T_p ($^{\circ}\text{C}$); b) interação entre FA:FBDB (x_1) e CMC (x_3) quanto ao parâmetro temperatura de pasta ($^{\circ}\text{C}$); c) interação entre PCSH (x_2) e CMC (x_3) quanto à temperatura de pasta ($^{\circ}\text{C}$); d) interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto à viscosidade final (V_f) à 25°C (cP); e) interação entre PCSH (x_2) e CMC (x_3) quanto à viscosidade final (V_f) à 25°C (cP); f) interação entre FA:FBDB (x_1) e CMC (x_3) quanto à viscosidade final (V_f) à 25°C (cP); g) interação entre FA:FBDB (x_1) e CMC (x_3) quanto à retrogradação (cP); h) interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto à retrogradação (cP); i) interação entre PCSH (x_2) e CMC (x_3) quanto à retrogradação (cP).

3.10 Comparação das propriedades de pasta entre pré-mistura e massas

De modo a compreender melhor as interações ocorridas entre as etapas de produção e preparo das massas, analisou-se os valores obtidos para as pré-misturas, massas alimentícias secas e massas submetidas ao cozimento e secagem, que foram descritos nas Tabelas 9, 10 e 11.

As pré-misturas de massas apresentaram valores de viscosidade máxima entre 2782,67 cP e 5480,67 cP, maiores do que os observados para as massas secas (entre 1488 cP e 2240,33 cP) e para as massas cozidas (entre 1089,33 cP a 2276,00 cP).

As pré-misturas apresentaram maiores valores de viscosidade máxima, o que indica que estas apresentaram maior quantidade de grânulos com estrutura cristalina preservada, que com a adição de água e aquecimento sofreram o processo de inchamento e gelatinização (ZHONG et al., 2009). Menores valores de viscosidade máxima estão relacionados a maiores danos aos grânulos (HAGENIMANA et al., 2006).

A ocorrência de valores mais baixos de viscosidade máxima para as massas secas indicou que mesmo condições de processamento brandas, com temperaturas abaixo das de gelatinização na formação e secagem da massa, promoveram modificações no amido disponível, possivelmente decorrentes de danos aos grânulos, o que reduz os valores de viscosidade.

No processo de cozimento das massas, as temperaturas utilizadas promoveram a gelatinização do amido, mas a gelatinização ocorreu de forma parcial, ocasionando menores valores de viscosidade máxima quando comparados aos apresentados pela massa crua, mas ainda assim elevados. Deste modo, as massas ainda mantiveram frações de amido não-gelatinizado.

A goma CMC interage com a água, e a PCSH durante o aquecimento sofre o processo de desnaturação, e ambos os ingredientes podem ter contribuído com efeito protetor, formando estrutura de rede em torno dos grânulos de amido. As massas produzidas apresentaram cozimento rápido (entre 2,3 a 3,3 minutos) em comparação a outras formulações de massas alimentícias sem glúten, como em estudos de Bastos et al. (2016), com massas à base de amaranto e de polpas de batata secas e extrusadas, onde os autores obtiveram valores de cozimento ideal (Tempo Ótimo de Cozimento, TOC) entre 5 e 6 minutos.

As temperaturas de pasta para as pré-misturas foram entre 73,98°C e 89,67°C, sendo maiores para as massas secas (entre 81,82°C e 94,95°C). As massas cozidas apresentaram temperaturas de pasta entre 73,18°C e 95,57°C.

Tabela 9. Propriedades de pasta de pré-misturas de massas alimentícias sem glúten. *

Massa	Tp (°C)	VM à 95°C (cP)	tp (min)	Vm à 95°C (cP)	Quebra à 95°C (cP)	Vf à 50°C (cP)	Retrogradação (cP)
E1	89,67 ± 0,80	2782,67 ± 12,91	6,58 ± 1,26	2434,67 ± 12,51	348,00 ± 16,30	4774,00 ± 12,08	2339,33 ± 11,75
E2	75,62 ± 1,06	4707,67 ± 0,42	6,47 ± 0,84	3651,33 ± 1,78	1056,33 ± 4,40	7546,00 ± 0,48	3894,67 ± 2,52
E3	82,35 ± 0,05	4557,33 ± 0,93	6,80 ± 1,39	3552,33 ± 3,96	1005,00 ± 10,70	7006,67 ± 2,03	3454,33 ± 0,49
E4	75,58 ± 1,00	4275,67 ± 1,19	6,58 ± 0,48	3497,00 ± 1,09	778,67 ± 9,25	6534,00 ± 1,01	3037,00 ± 2,27
E5	74,52 ± 0,51	5258,00 ± 0,12	7,00 ± 0,00	3072,00 ± 2,84	2186,00 ± 3,88	7428,67 ± 0,56	4356,67 ± 1,06
E6	74,05 ± 0,43	5287,00 ± 1,59	6,96 ± 0,90	3859,67 ± 3,26	1427,33 ± 9,56	7874,67 ± 1,88	4015,00 ± 2,48
E7	79,30 ± 1,69	5033,00 ± 2,03	7,00 ± 0,00	3242,00 ± 4,94	1791,00 ± 3,67	6793,33 ± 2,96	3551,33 ± 1,16
E8	74,57 ± 0,51	4591,00 ± 1,99	6,91 ± 1,20	3225,67 ± 1,92	1365,33 ± 6,05	6609,67 ± 1,55	3384,00 ± 2,36
E9	81,78 ± 0,45	5289,00 ± 2,54	7,00 ± 0,00	3026,67 ± 5,22	2262,33 ± 1,11	7781,33 ± 2,53	4754,67 ± 0,95
E10	73,98 ± 0,56	4953,00 ± 1,52	6,93 ± 0,79	3875,00 ± 2,80	1078,00 ± 10,45	7179,00 ± 0,91	3304,00 ± 1,33
E11	75,05 ± 0,05	5480,67 ± 1,36	6,96 ± 0,45	3818,67 ± 1,92	1662,00 ± 2,21	7708,33 ± 2,29	3889,67 ± 3,18
E12	81,73 ± 0,45	4350,67 ± 3,42	6,93 ± 0,79	3173,00 ± 3,22	1177,67 ± 17,26	6700,00 ± 2,69	3527,00 ± 2,93
E13	81,82 ± 0,50	4324,67 ± 1,91	6,27 ± 0,00	3338,67 ± 0,62	986,00 ± 6,39	7914,33 ± 0,91	4575,67 ± 1,62
E14	74,55 ± 0,47	5017,33 ± 2,92	7,00 ± 0,00	3290,33 ± 5,53	1727,00 ± 7,63	7016,67 ± 3,97	3726,33 ± 2,95
E15 (C)	79,92 ± 0,03	4927,33 ± 0,99	6,98 ± 0,45	3381,00 ± 2,59	1546,33 ± 7,30	7202,33 ± 2,12	3821,33 ± 2,92
E16 (C)	80,92 ± 1,28	4743,33 ± 2,33	6,93 ± 0,79	3290,33 ± 7,61	1453,00 ± 13,23	7135,00 ± 3,86	3844,67 ± 0,89
E17 (C)	78,20 ± 1,49	4983,33 ± 0,12	6,98 ± 0,45	3464,33 ± 1,46	1519,00 ± 3,69	7361,33 ± 0,80	3897,00 ± 0,53

*Médias ± desvio padrão

cP: centipoise (mPa.s⁻¹); VM (viscosidade máxima); tp (tempo de pico); Tp (temperatura de pasta); Vm (viscosidade mínima); Vf (viscosidade final).

Tabela 10. Propriedades de pasta de massas alimentícias secas sem glúten.*

Ensaio	Tp (°C)	VM à 95°C (cP)	tp (min)	Vm à 95°C (cP)	Quebra à 95°C (cP)	Vf à 50°C (cP)	Retrogradação (cP)
E1	94,80 ± 0,00	2090,67 ± 2,24	7,00 ± 0,00	650,33 ± 8,50	1440,33 ± 0,75	3012,67 ± 0,56	2362,33 ± 1,79
E2	94,88 ± 0,02	1897,33 ± 1,70	7,00 ± 0,00	745,33 ± 3,78	1152,00 ± 1,55	2659,33 ± 1,43	1914,00 ± 2,07
E3	94,85 ± 0,07	1903,00 ± 2,16	7,00 ± 0,00	815,67 ± 7,08	1087,33 ± 1,53	2770,33 ± 1,98	1954,67 ± 0,20
E4	95,25 ± 0,04	1488,00 ± 3,95	7,00 ± 0,00	1199,33 ± 1,93	288,67 ± 13,30	1609,67 ± 3,32	410,33 ± 8,33
E5	93,28 ± 1,31	2240,33 ± 13,18	7,00 ± 0,00	1449,00 ± 42,86	791,33 ± 41,61	2632,00 ± 1,46	1183,00 ± 49,56
E6	94,87 ± 0,05	1933,33 ± 3,63	7,00 ± 0,00	723,33 ± 4,24	1210,00 ± 3,32	2617,00 ± 2,54	1893,67 ± 1,90
E7	94,98 ± 0,02	1653,67 ± 10,42	7,00 ± 0,00	534,67 ± 6,58	1119,00 ± 12,25	2428,00 ± 4,58	1893,33 ± 4,02
E8	94,95 ± 0,04	1509,67 ± 3,22	7,00 ± 0,00	564,33 ± 7,75	945,33 ± 1,00	2167,67 ± 2,12	1603,33 ± 0,18
E9	94,95 ± 0,00	2047,5 ± 0,708	7,00 ± 0,01	564,00 ± 0,53	1483,5 ± 0,77	2803,00 ± 1,43	2239,00 ± 1,92
E10	94,88 ± 0,02	1741,00 ± 2,81	7,00 ± 0,00	705,00 ± 2,02	1036,00 ± 4,30	2339,00 ± 4,02	1634,00 ± 5,31
E11	94,88 ± 0,02	2007,00 ± 3,81	7,00 ± 0,00	660,33 ± 9,07	1346,67 ± 1,64	2723,00 ± 2,11	2062,67 ± 1,74
E12	94,88 ± 0,002	1766,33 ± 3,84	7,00 ± 0,00	665,67 ± 6,80	1100,67 ± 2,37	2343,67 ± 2,75	1678,00 ± 1,39
E13	94,67 ± 0,07	1550,00 ± 13,37	6,98 ± 0,45	1007,33 ± 5,72	542,67 ± 48,53	2473,00 ± 10,10	1465,67 ± 20,76
E14	81,82 ± 11,68	1899,00 ± 1,24	7,00 ± 0,00	678,00 ± 0,21	1203,33 ± 1,63	2272,00 ± 5,86	1689,33 ± 0,35
E15 (C)	94,90 ± 0,00	1912,00 ± 2,39	7,00 ± 0,00	671,00 ± 2,51	1241,00 ± 2,39	2554,00 ± 2,19	1883,00 ± 2,37
E16 (C)	94,83 ± 0,05	1983,00 ± 4,21	7,00 ± 0,00	698,33 ± 6,56	1290,67 ± 2,63	2652,00 ± 3,00	1956,67 ± 1,77
E17 (C)	94,85 ± 0,11	2103,00 ± 3,17	7,00 ± 0,00	777,67 ± 14,55	1325,33 ± 3,75	2788,33 ± 3,60	2010,67 ± 0,93

*Médias ± desvio padrão

cP: centipoise (mPa.s⁻¹); VM (viscosidade máxima); tp (tempo de pico); Tp (temperatura de pasta); Vm (viscosidade mínima); Vf (viscosidade final).

Tabela 11. Propriedades de pasta de massas alimentícias secas sem glúten submetidas à cozimento e secagem.*

Ensaio	Tp (°C)	VM à 95°C (cP)	tp (min)	Vm à 95°C (cP)	Quebra à 95°C (cP)	Vf à 25°C (cP)	Retrogradação (cP)
E1	93,33 ± 0,03	1348,67 ± 2,44	9,84 ± 1,78	1375,00 ± 2,24	0,00	1474,33 ± 3,10	99,33 ± 21,03
E2	93,43 ± 0,11	1496,67 ± 0,82	9,49 ± 0,88	1443,67 ± 1,80	58,67 ± 36,73	1682,00 ± 1,53	238,33 ± 6,68
E3	94,47 ± 0,36	1282,33 ± 2,02	10,00 ± 0,00	1327,00 ± 1,66	65,00 ± 27,17	1346,33 ± 1,89	26,00 ± 3,14
E4	84,05 ± 2,78	1442,00 ± 10,64	9,62 ± 3,41	1367,00 ± 6,07	97,33 ± 74,52	1926,67 ± 13,05	559,67 ± 31,75
E5	73,18 ± 0,82	2141,00 ± 30,40	9,98 ± 0,31	2778,00 ± 3,89	77,67 ± 61,53	3164,33 ± 7,39	386,33 ± 36,87
E6	87,17 ± 1,89	888,00 ± 44,76	9,89 ± 1,59	920,00 ± 40,07	0,00	1276,00 ± 28,88	356,00 ± 3,56
E7	86,97 ± 2,89	1471,00 ± 17,37	9,76 ± 3,54	1577,33 ± 11,02	0,00	2059,33 ± 9,46	482,00 ± 4,38
E8	93,17 ± 1,26	1089,33 ± 0,98	9,96 ± 0,32	1133,67 ± 0,29	0,00	1457,33 ± 0,75	323,67 ± 2,34
E9	89,18 ± 0,45	2887,00 ± 3,75	9,98 ± 0,31	3017,67 ± 4,34	0,00	3393,00 ± 2,73	375,33 ± 10,65
E10	92,65 ± 0,19	2101,33 ± 5,20	9,96 ± 0,63	2128,00 ± 4,84	0,00	2784,33 ± 4,68	656,33 ± 5,76
E11	94,23 ± 0,41	2096,67 ± 5,31	9,80 ± 2,89	2185,00 ± 7,95	0,00	2577,67 ± 6,80	392,67 ± 10,64
E12	93,30 ± 0,32	1518,67 ± 1,33	10,00 ± 0,00	1539,67 ± 0,48	0,00	1833,00 ± 1,79	293,33 ± 11,46
E13	94,57 ± 0,10	1104,67 ± 2,62	9,84 ± 2,23	1056,00 ± 1,84	91,33 ± 15,28	1067,67 ± 2,36	11,67 ± 52,53
E14	82,07 ± 4,98	2276,00 ± 10,35	10,00 ± 0,00	2276,67 ± 9,53	0,00	2693,00 ± 5,59	416,33 ± 17,80
E15 (C)	91,77 ± 1,69	1879,67 ± 7,47	9,64 ± 4,24	1905,00 ± 8,54	0,00	2456,67 ± 7,83	551,67 ± 6,48
E16 (C)	89,73 ± 0,05	1507,67 ± 2,71	10,00 ± 0,00	1596,67 ± 2,22	0,00	1996,67 ± 3,23	400,00 ± 8,36
E17 (C)	89,59 ± 0,08	1732,33 ± 4,79	10,00 ± 0,00	1783,00 ± 5,46	0,00	2092,00 ± 6,42	309,00 ± 14,67

*Médias ± desvio padrão

cP: centipoise (mPa.s⁻¹); VM (viscosidade máxima); tp (tempo de pico); Tp (temperatura de pasta); Vm (viscosidade mínima); Vf (viscosidade final).

Para as pré-misturas, os valores de viscosidade mínima à 95°C variaram entre 2434,67 a 3651,33 cP, maiores do que os observados para as massas secas, que apresentaram entre 524,67 cP e 1449,00 cP, o que demonstrou que ainda haviam grânulos íntegros na massa seca, e que sofreram processo de gelatinização e posterior cisalhamento, que provocou a queda da viscosidade.

Para as pré-misturas, os valores de quebra de viscosidade à 95°C variaram entre 348 cP e 1662 cP, e as massas secas apresentaram valores entre 288,67 cP e 1440,33 cP. A quebra de viscosidade está relacionada à estabilidade do amido em condições de aquecimento e ação mecânica de mistura (LUSTOSA et al., 2009). As massas cozidas, por apresentarem para algumas formulações valores de viscosidade mínima maiores do que a viscosidade durante o aquecimento (viscosidade de pico), apresentaram ausência de valores de quebra de viscosidade (ocorrência de valores negativos pela ascensão da curva), o que é atribuído às modificações sofridas pelas massas no cozimento, e que as diferenciam das características encontradas para as massas cruas e pré-misturas.

A viscosidade final à 50°C, para as pré-misturas e massas secas, e à 25°C, para as massas cozidas, foi entre 4774 cP e 7914,33 cP para a pré-mistura e entre 1609,67 cP e 3012,67 cP para as massas cruas. Conforme Mariotti et al. (2011), maiores valores de viscosidade final indicam maiores quantidades iniciais de amido nativo. A massa cozida por sua vez apresentou valores de viscosidade final comparáveis aos das massas cruas, (entre 1067,67 e 3164,33 cP). Tal comportamento está relacionado à presença de frações de amido retrogradado. Como as massas foram cozidas e submetidas à secagem, parte do amido sofreu retrogradação, aumentando a resistência ao processo de cisalhamento e contribuindo para aumento dos valores de viscosidade.

Quanto à retrogradação, as pré-misturas apresentaram valores entre 2339,33 cP e 4754,67 cP, enquanto as massas secas apresentaram valores entre 410 cP e 2362,33, e as massas cozidas, entre 26 cP e 656 cP. Este fato é decorrente de processos de retrogradação já ocorridos na massa cozida, que apresentou valores mais baixos, indicando a presença de maior quantidade de amido nativo nas pré-misturas. As massas secas apresentaram valores mais baixos de retrogradação do que os obtidos para as pré-misturas, o que pode indicar que parte dos grânulos de amido sofreram danos no processamento, extrusão e secagem da massa.

4 CONCLUSÃO

Foi possível a obtenção e avaliação de massas alimentícias sem glúten a partir das concentrações propostas de farinha de arroz (76,6 a 93,4%), FBDB (6,6 a 23,4%), PCSH (3,6 a 10,4 g/100 g) e goma carboximetilcelulose sódica (0,3 a 3,7 g/100 g).

As massas foram avaliadas tecnologicamente, e foram selecionadas as três seguintes massas: E1 (proporção FA:FBDB 90:10; quantidade PCSH 5 g/100 g de mistura FA:FBDB; quantidade de CMC de 1 g/100 g de mistura FA:FBDB), E2 (proporção FA:FBDB 20:80; quantidade de PCSH de 5 g/100 g de mistura FA:FBDB; quantidade de CMC de 1 g/100 g de mistura FA:FBDB) e E12 (proporção FA:FBDB 15:85; quantidade de PCSH de 10,4 g/100 g de mistura FA:FBDB; quantidade de CMC de 2 g/100 g de mistura FA:FBDB) com as melhores características, que apresentaram ausência de quebras, ausência de defeitos e mantiveram a estrutura após cozimento.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado concedida à Michele Scarton (Processo 131208/2015-2); ao programa BioFORT, EMBRAPA, pela doação das batatas biofortificadas e à Fazenda Pau d'Alho, pelo plantio e tratos culturais destas; à empresa SL Alimentos, pela doação da farinha de arroz; à empresa HT Nutri pela doação da Proteína Concentrada de Soja Hidrolisada; à empresa CPKelco pela goma CMC sódica e à empresa Danisco, pela doação do emulsificante monoglicerídeos destilados.

REFERÊNCIAS

A.A.C.C.I. American Association of Cereal Chemists International. **Approved methods of AACCI**. 11 ed., 2010.

ABDEL-AAL, E.-S. M. Functionality of Starches and Hydrocolloids in Gluten-Free Foods. In: GALLAGHER, E. (Ed.). **Gluten-Free Food Science and Technology**. Wiley-Blackwell, 2009. chap. 11, p. 200-224. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1002/9781444316209.ch11>>. Acesso em: 25 out. 2016.

ALVES, R. M. V.; ITO, D.; CARVALHO, J. L. V.; MELO, W. F.; GODOY, R. L. O. Stability of biofortified sweet potato flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 59-71, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012000100007>>. Acesso em: 09 ago. 2015.

ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN JUNIOR, E.L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, Minneapolis, v.14, n.1, 1969. p.44 -11.

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 18. ed. Maryland: AOAC, 2005.

ATWELL, W. A. Viscosity of flour and starch in high water systems. In: FARIDI, H.; FAUBION, J. M. (Ed.) **Fundamentals of dough rheology**. The American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, 1986. 180 p.

BARROS-NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Editora da Unicamp, 2ª edição, Campinas, 2001. 401 p.

BASTOS, G. M. SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; PEREIRA, A. L. A.; MORAIS, C. C.; CAMPOS, M. R. H. Physical and sensory quality of gluten-free spaghetti processed from amaranth flour and potato pulp. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 128-136, 2016. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815300840>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

CABRERA-CHÁVEZ, F.; DE LA BARCA A. M. C.; ISLAS-RUBIO, A. R.; MARTI, A.; MARENGO, M.; PAGANI, M. A.; BONOMI, F.; IAMETTI, S. Molecular rearrangements in extrusion processes for the production of amaranth-enriched, gluten-free rice pasta. **LWT Food Science and Technology**, v.47, p. 421-426, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.040>>. Acesso em: 24 jul. 2016.

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. L. R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002. Disponível em: <<http://www.editora.ufla.br/index.php/component/phocadownload/category/49-volume-26-numero-5?download=873:vol26numero5>>. Acesso em 05 jan. 2017.

CHANG, Y.C.; FLORES, H. E. M. Qualidade tecnológica de massas alimentícias frescas elaborados de semolina e trigo durum (*T. durum* L.) e farinha de trigo (*T. aestivum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.487-94, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v24n4/a02v24n4.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2017.

ELIASSEN, A.C. **Starch in food: Structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, 2004. 605p.

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, p. 147-151, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615006317>>. Acesso em: 24 jul. 2016.

IMAGEJ. RWS **ImageJ**. US National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. *Software*. 2017. Disponível em: <<https://imagej.nih.gov/ij/>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

JOHNSTON, K. W. Pasta Drying. In: KILL, R. C.; TURNBULL, K. (Ed.). **Pasta and Semolina Technology**. Blackwell Science, 2001. p. 158-173.

KILL, R.; TURNBULL, K. **Pasta and Semolina Technology**. Blackwell Science, USA, 2001. 242 p.

KRUGER, E. J.; MATSUO, R. B.; DICK, J. W. **Pasta and noodle technology**. The American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, USA. 1998. 356 p.

LAI, H.M. Effects of rice properties and emulsifiers on the quality of rice pasta. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.82, p. 203-216, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.1019>>. Acesso em: 02 out. 2016.

LALEG, K.; CASSAN, D.; BARRON, C. PRABHASANKAR, P.; MICARD, V. Structural, Culinary, Nutritional and Anti-Nutritional Properties of High Protein, Gluten Free, 100% Legume Pasta. **Plos One**, v. 11, n. 9, p. 1-19, Sept. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0160721>>. Acesso em: 11 dez. 2016.

LAZARIDOU, A.; BILIADERIS, C. G. Gluten-Free Doughs: Rheological Properties, Testing Procedures: Methods and Potential Problems. In: GALLAGHER, E. (Ed.). **Gluten-Free Food Science and Technology**: Wiley-Blackwell, 2009. chap. 5, p. 52-82. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781444316209.ch5/pdf>>. Acesso em: 08 set. 2016.

LEE, B. H.; LEE, Y. T. Physicochemical and structural properties of different colored sweet potato starches. **Starch - Stärke**, v. 61, p. 1-9, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/star.201600001>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

LIMROONGREUNGRAT, K.; HUANG, Y. W. Pasta products made from sweetpotato fortified with soy protein. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, p. 200–206, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643805002240>>. Acesso em: 19 abr. 2015.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; LEITE, T. D.; FRANCO, C. M. L.; MISCHAN, M. M. Produção de farinha instantânea de mandioca: efeito das condições de extrusão sobre as propriedades térmicas e de pasta. **Acta Scientiarum Technology**, v.31, n.2 v.2, p. 231-238, 2009. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/892/892>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

MANN, J.; TRUSWELL. **Essentials of Human Nutrition**, 3rd edition. Oxford University Press. 2007. 599 p.

MARTI, A.; PAGANI, M. A. What can play the role of gluten in gluten free pasta? **Trends in Food Science & Technology**, v. 31, n. 1, p. 63-71, May 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.001>>. Acesso em 07 jul. 2015.

MEGAZYME. **Total Dietary Fibre Assay Procedure K-TDFR-100A/K-TDFR-200A 08/16**. Megazyme International Ireland, Wicklow, Ireland. Disponível em: <https://secure.megazyme.com/files/Booklet/K-TDFR_DATA.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

MITCHELL, C. R. Rice Starches: Production and Properties. In: BeMILLER, J.; WHISTLER, R. (Ed.). **Starch: Chemistry and Technology**. San Diego: Academic Press, 3th edition, 2009. chap. 13, p.569-578.

NEWPORT SCIENTIFIC. Instruction manual for the series 4 rapid visco analyzer. Australia: Newport Scientific Pty, 2001. p. 1-45. Disponível em: <http://www.perten.com/Global/Brochures/RVA/RVA%20Method%20Brochure_20151110.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2017.

ORMENESE, R. C. S. C.; CHANG, Y. K. Massas alimentícias de arroz: uma revisão. Boletim do CEPPA, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 175-190, 2002. Disponível em: <revistas.ufpr.br/alimentos/article/download/1246/1046>. Acesso em: 12 dez. 2016.

PELLEGRINI, N.; AGOSTONI, C. Nutritional aspects of gluten-free products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 12, p. 2380-2385, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7101>>. Acesso em 25 jun. 2016.

PERONI, F. H. G.; ROCHA, T. S.; FRANCO, C. M. L. Some Structural and Physicochemical Characteristics of Tuber and Root Starches. **Food Science and Technology International**, v. 12, n. 6, p. 505-513, 2006. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1082013206073045>>. Acesso em: 24 jan. 2016.

RODRIGUES, M. I., COSTA, P. R. A., Protimiza Experimental Design. 2014. Software. Disponível em: <<http://experimental-design.protimiza.com.br/>>.

SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; ISHIDA, P. M. G.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Massa alimentícia sem glúten com elevado teor proteico obtida por processo convencional. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 43, n. 5, p. 908-914, maio 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000500026>>. Acesso em: 07 jan. 2017.

SENANAYAKE, S. A.; RANAWEERA, K. K. D. S.; GUNARATNE, A.; BAMUNUARACHCHI, A. Comparative analysis of nutritional quality of five different cultivars of sweet potatoes (*Ipomea batatas* (L) Lam) in Sri Lanka. **Food Science & Nutrition**, v. 1, n. 4, p. 284-291, 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3951594/>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

SICIGNANO, A.; DI MONACO, R.; MASI, P.; CAVELLA, S. From raw material to dish: pasta quality step by step. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 13, p. 2579-2587, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7176>>. Acesso em: 07 out. 2015.

WALTER, W. M.; TRUONG, V. D.; WIESENBERN, D. P.; CARVAJAL, P. Rheological and Physicochemical Properties of Starches from Moist and Dry-Type Sweetpotatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, n. 7, p. 2937-2942, 2000. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf9909631>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

WASZCZYNSKYJ, N.; RAO, C. S.; SILVA, R.S.F. Extraction of proteins from wheat bran: application of carbohydrases. **Cereal Chemistry**, v. 58, n.4, p.264-268, 1981. Disponível em: <http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1981/Documents/chem58_264.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2016.

XUE, J.; NGADI, M. Rheological properties of batter systems containing different combinations of flours and hydrocolloids. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 7, p. 1292-1300, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2845>>. Acesso em 19 nov. 2016.

ARTIGO III

Avaliação tecnológica, funcional e sensorial de massas alimentícias sem glúten com farinha de batata-doce biofortificada em provitamina A

Autores: Michele Scarton, Helena Teixeira Godoy, Tatiane Godoy Ribeiro, Jorge Herman Behrens e Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

O artigo será submetido à Revista *Cereal Chemistry*.

ARTIGO 3 – Avaliação tecnológica, funcional e sensorial de massas alimentícias

Avaliação tecnológica, funcional e sensorial de massas alimentícias sem glúten com farinha de batata-doce biofortificada em provitamina A

Michele SCARTON¹, Helena Teixeira GODOY², Tatiane Godoy RIBEIRO³, Jorge Herman BEHRENS⁴ Maria Teresa Pedrosa Silva CLERICI⁵

¹ Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, CEP 13083-862, Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: m162311@dac.unicamp.br.

² Departamento de Ciências de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Laboratório de Análise de Alimentos I, CEP 13083-862, Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: helenatg@unicamp.br.

³ Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), CEP 13083-862, Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: tatiane.godoy.ribeiro@gmail.com.

⁴ Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), CEP 13083-862, Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: behrens@fea.unicamp.br

⁵ Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, CEP 13083-862, Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: mclerici@unicamp.br.

RESUMO

A farinha de batata-doce biofortificada em provitamina A (FBDB) é um ingrediente que pode contribuir para melhores características tecnológicas, sensoriais e funcionais em massas alimentícias sem glúten. Este trabalho teve como objetivo avaliar as características tecnológicas, funcionais e sensoriais de massas alimentícias sem glúten à base de farinha de arroz (FA), FBDB, proteína concentrada de soja hidrolisada (PCSH), goma carboximetilcelulose sódica (CMC) e emulsificante monoglicerídeos destilados. Foi utilizado um delineamento composto central rotacional 2^3 , totalizando 17 ensaios. Os ingredientes foram caracterizados quanto à sua composição centesimal, e as massas obtidas foram caracterizadas tecnologicamente, quanto ao tempo ótimo de cozimento (TOC) em minutos, perda de sólidos (%), aumento de massa após cozimento (%) e firmeza da massa cozida (N). As massas também foram caracterizadas quanto aos parâmetros de cor das massas secas e cozidas, e quanto à diferença de cor (ΔE) entre a massa crua e após cozimento. As três massas previamente selecionadas foram analisadas quanto à sua composição centesimal e seus teores de β -caroteno. As massas selecionadas também foram analisadas quanto à aceitabilidade sensorial, onde foram verificados os efeitos da cor e da consistência sobre as médias de impressão global utilizando-se a escala do ideal e a análise de penalidades. O parâmetro aumento de massa apresentou modelo significativo ($p < 0,10$) para a interação entre a variação na proporção de FA:FBDB e quantidade de CMC. A FBDB teve efeito significativo ($p < 0,10$) para os parâmetros de cor a^* da massa crua e a^* da massa cozida. Foram observados ΔE acima de 5 para todas as massas, demonstrando que foi observada diferenças evidentes entre a coloração visual da massa inicial e após cozimento. As massas apresentaram entre 3,71 μg e 7,87 μg de β -caroteno/g de massa cozida, sendo o teor maior conforme o aumento na quantidade de FBDB adicionada. A massa E2 apresentou maior teor de β -caroteno, diferindo das demais massas. Todas as massas avaliadas apresentaram boa aceitação sensorial. A textura foi o atributo que mais penalizou a impressão global das massas alimentícias sem glúten.

Palavras-chave: cereal; raiz; soja; produto sem glúten; β -caroteno.

1 INTRODUÇÃO

As massas alimentícias são opções saudáveis para as refeições como o almoço e o jantar, e são formuladas principalmente à base de farinha de trigo, pois este cereal possui proteínas formadoras da rede de glúten que fornecem características de viscoelasticidade únicas, que contribuem para a estrutura das massas. Porém, estes produtos não poderão ser consumidos por indivíduos celíacos e aqueles que possuem alergia ou sensibilidade ao glúten.

Na formulação de massas sem glúten, devem ser utilizados ingredientes e processos que reproduzam a viscoelasticidade e forneçam a textura final desejável às massas, o que é obtido pela aplicação conjunta de ingredientes amiláceos, ingredientes proteicos, gomas e emulsificantes (MARTI; PAGANI, 2013). A farinha de arroz (FA) é um dos ingredientes mais indicados como base para a formulação de massas sem glúten, pois possui sabor suave e não

possui gliadinas ou proteínas associadas com resposta alergênica (MITCHELL, 2009). Porém, a qualidade de cozimento e características sensoriais, como cor e sabor, das massas sem glúten à base de arroz é inferior em comparação às massas convencionais de trigo, sendo também carente em compostos nutricionais, como proteínas e vitaminas (SOZER, 2009; PELLEGRINI; AGOSTONI, 2015).

São características de cozimento desejáveis para as massas alimentícias sem glúten a boa resistência, ganho de volume e conservação da textura firme após cozimento, a baixa perda de sólidos e reduzida adesividade (LUCISANO et al., 2012). É importante a avaliação das propriedades de cozimento, pois estas irão influenciar diretamente na desejabilidade das massas pelo consumidor.

A análise sensorial é uma ferramenta única para determinar as características organolépticas dos alimentos usando sentidos humanos, sendo correlacionada com a atitude do consumidor, sendo importante para compreender a qualidade de alimentos, em conjunto com métodos físico-químicos e de avaliação instrumental, tendo em vista a complexidade das propriedades de cozimento das massas (PESTORIĆ, 2012).

Quanto à qualidade nutricional, os indivíduos celíacos ou que possuem sensibilidade ao glúten apresentam sensibilidade intestinal, sendo necessária a inclusão de alimentos com alto valor nutricional, principalmente ricos em proteínas, vitaminas e minerais (JULIANTI et al., 2015; PELLEGRINI; AGOSTONI, 2015).

Visando promover melhores características tecnológicas, sensoriais e nutricionais, a batata-doce biofortificada '*Beauregard*' pode ser utilizada como ingrediente para as massas alimentícias à base de arroz. Trata-se de uma cultivar de batata-doce introduzida no Brasil a partir do projeto de pesquisa de alimentos biofortificados (BioFORT) desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em convênio com o *International Potato Center* (CIP, Lima, Peru). Esta cultivar se destaca pela polpa macia e de coloração alaranjada, com sabor adocicado, sendo fonte de compostos carotenoides, principalmente β -caroteno (ALVES et al., 2012; FERNANDES et al., 2014; BERNI et al., 2015). O β -caroteno é o mais abundante carotenoide provitamina A em alimentos de origem vegetal e desempenha propriedades funcionais importantes, pois possuem ações fisiológicas na manutenção da saúde e reparo dos tecidos e efeito sinérgico na absorção de outras vitaminas, tais como a vitamina C e E (MANN; TRUSWELL, 2007) e auxilia também na elevação da absorção de ferro, o que é importante no combate à anemia (TANUMIHARDJO, 2008).

A utilização da batata-doce biofortificada no Brasil ainda se limita ao consumo de mesa, sendo necessárias ações para ampliar sua aplicação em alimentos, e a obtenção de farinha

de batata-doce biofortificada (FBDB) é uma opção para aumento da vida útil e das possibilidades de sua inclusão em produtos alimentícios (ALVES et al., 2012). Alguns estudos têm utilizado a FBDB em produtos à base de cereais sem glúten, em pré-misturas para pães (JULIANTI et al., 2015), massas para panquecas (SHIH; TRUONG; DAIGLE, 2006) e massas alimentícias tipo *noodles* (LIMROONGREUNGRAT; HUANG, 2007), obtendo produtos com boas características tecnológicas e boa aceitabilidade sensorial.

Entre os atributos sensoriais avaliados nas massas alimentícias sem glúten, a cor é um dos mais importantes. A cor amarela das massas convencionais à base de trigo está relacionada aos carotenoides xantofila e luteína presentes no trigo, sendo um dos atributos desejados pelos consumidores (KRUGER; MATSUO; DICK, 1998). Nas massas alimentícias à base de arroz, é necessário a aplicação de ingredientes para a coloração, o que pode ser obtido pela adição da FBDB, que possui coloração alaranjada e atrativa.

Deste modo, a aplicação da FBDB em massas alimentícias secas sem glúten pode promover a valorização da batata-doce '*Beauregard*' e oferecer aos consumidores de massas alimentícias sem glúten opções de produtos mais nutritivos e sensorialmente atrativos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características tecnológicas de cozimento de massas sem glúten secas curtas, formuladas com FA, FBDB, proteína concentrada de soja hidrolisada, carboximetilcelulose sódica e emulsificante monoglicerídeos destilados, assim como avaliar os efeitos da FBDB nas características físico-químicas, funcionais e sensoriais, de massas previamente selecionadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Foram utilizados como ingredientes das formulações de massas alimentícias a FBDB, produzida conforme item 2.2.2; FA, fornecida pela SL Alimentos (Mauá da Serra, PR, Brasil); proteína concentrada de soja hidrolisada (PCSH) Imunoprotein®, fornecida pelo Grupo HT Nutri (Camaquã, RS, Brasil); goma carboximetilcelulose sódica (CMC) Cekol® 30.000B, fornecida pela CPKelco (Limeira, SP, Brasil); emulsificante monoglicerídeos destilados (MGD), com composição: mínima de 90% de monoglicerídeos DIMODAN® PH 100 NS/B, fornecida pela DuPont Danisco (Grindsted, DK, Dinamarca).

Para as análises físico-químicas e funcionais, foram utilizados reagentes de grau analítico éter de petróleo (índice de pureza: >99,5%), éter etílico (>99,5%), acetona (> 99,5%), metanol (> 99,5%), hidróxido de potássio (> 90,0%), sulfato de sódio anidro (> 99,5%),

comercializados pela empresa Synth (São Paulo, Brasil), óxido de magnésio (97%) e Celite Hyflo Supercel (Merck, Darmstadt, Alemanha). Foram utilizados reagentes de grau HPLC, acetonitrila (> 99,5%, JT Baker, New Jersey, USA), acetato de etila, metanol (> 99,5%, Merck, Darmstadt, Alemanha) e água ultrapura obtida por sistema Mili-q, modelo Direct-Q 3 UV (Millipore Corporation, França).

2.2 Métodos

2.2.1 Caracterização dos ingredientes

As matérias-primas FA e PCSH foram caracterizadas conforme metodologia proposta pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005) quanto ao teor de umidade (método AOAC 926.12), proteínas (método AOAC 945.18), cinzas (método AOAC 900.02) e lipídios (método AOAC, 920.39). O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença ($100 - (\% \text{ de proteínas} + \% \text{ de lipídios} + \% \text{ de umidade} + \% \text{ de cinzas})$).

2.2.2 Obtenção e caracterização da farinha de batata-doce biofortificada (FBDB)

Foram utilizadas batatas-doces (*Ipomoea batatas* L.) da cultivar ‘Beauregard’, provenientes de estação experimental do projeto EMBRAPA BioFORT. Foram plantadas em dezembro de 2015 e colhidas em abril de 2016 na Fazenda Pau d’Alho (Lat. -22,76; Long. -47,02), em Campinas, São Paulo, Brasil. As batatas receberam tratamentos culturais e adubação N.P.K (nitrogênio, 4%; fósforo, 14%; potássio 8%) em dose única, em quantidade de 100 g por metro linear plantado.

A FBDB foi preparada a partir da lavagem, seleção, corte e branqueamento das batatas-doces com casca. O branqueamento para inativação de enzimas presentes na raiz e que poderiam causar seu escurecimento foi realizado pela imersão das batatas em água fervente ($95^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) por 2 minutos, seguido da imersão imediata em água resfriada a $10^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Em seguida, as batatas-doces branqueadas foram ultracongeladas a -40°C e liofilizadas em equipamento Liotop LP820 (Liobras, São Carlos, SP, Brasil), submetidas a processo de retirada da água com uso de baixa temperatura e pressão (programação de rampa de aquecimento: -20°C a 0°C em 720 min.; 0°C até 2160 min.; 0°C a 20°C até 2880 min.; manutenção a 20°C até 4320 min.). As batatas liofilizadas foram moídas em liquidificador até formação de pó fino e homogêneo, sendo embaladas imediatamente em embalagens de filme de polietileno monocamada com dióxido de titânio 1,5%, seladas a vácuo e armazenadas sob congelamento ($-18^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$).

A FBDB foi caracterizada quanto aos teores de umidade, cinzas, proteínas e lipídios, conforme métodos oficiais descritos no item 2.2.1 (AOAC, 2005), e quanto às frações de fibra total e insolúvel, por método enzimático-gravimétrico, utilizando-se kit Megazyme (MEGAZYME INTERNATIONAL, Wicklow, Irlanda).

2.2.3 Obtenção da massa sem glúten

Foi utilizado um delineamento composto central rotacional (DCCR) fatorial 2^3 , totalizando 17 tratamentos, conforme descrito na Tabela 1. Foram consideradas 3 variáveis independentes: proporção de farinha de batata-doce biofortificada (FBDB) adicionada para substituição parcial da farinha de arroz (FA); quantidade de proteína concentrada de soja hidrolisada (PCSH); quantidade de goma carboximetilcelulose sódica (CMC).

Foi acrescentada em quantidade fixa do emulsificante monoglicerídeos destilados de 1g/100 g de mistura FA:FBDB.

2.2.4 Preparo das massas alimentícias sem glúten

As massas alimentícias curtas (2 a 3 cm) com formato parafuso (tipo '*fusilli*') foram produzidas em cinco etapas: pesagem dos ingredientes, mistura e hidratação da massa, formatação por extrusão à frio, secagem e embalagem. A mistura dos ingredientes secos foi realizada por 5 minutos em batedeira de uso doméstico (Arno, Planetária, São Paulo, Brasil), em bateladas de 200 g de pré-mistura.

A água (45 g/100 g de pré-mistura) foi adicionada lentamente durante 1 minuto, aumentando-se para a segunda velocidade, aumentando-se para a segunda velocidade após 2 minutos, até obtenção de consistência ideal, ou seja, a obtenção de grumos de massa úmidos e que se esfarelavam com facilidade.

A formatação da massa foi feita em extrusora de massas Pastaia II (Italvisa, Tatuí, SP, Brasil), com matriz para massa parafuso ('*fusilli*'), acoplada a cortador fixo automático de massas. A velocidade de corte foi regulada para obtenção de massas com tamanho médio de 2 a 3 cm.

As massas foram submetidas à secagem em estufa de circulação de ar, primeiramente em secagem úmida (UR > 60%), a 45°C, por 2h, e posteriormente em secagem convencional a 55°C, até que a umidade das massas fosse inferior a 14%.

Tabela 1. Matriz do planejamento fatorial completo 2³ (valores codificados e reais) das formulações de massas alimentícias sem glúten.

Ensaio	Variáveis codificadas			Valores reais		
	X ₁	X ₂	X ₃	FA:FBDB (%)	PCSH *	CMC *
				X ₁	X ₂	X ₃
1	-1	-1	-1	90:10	5,0	1,0
2	1	-1	-1	80:20	5,0	1,0
3	-1	1	-1	90:10	9,0	1,0
4	1	1	-1	80:20	9	1,0
5	-1	-1	1	90:10	5,0	3,0
6	1	-1	1	80:20	5,0	3,0
7	-1	1	1	90:10	9,0	3,0
8	1	1	1	80:20	9,0	3,0
9	-1,682	-1	0	93,4:6,6	5,0	2,0
10	1,682	-1	0	76,6:23,4	5,0	2,0
11	0	-1,682	0	85:15	3,6	2,0
12	0	1,682	0	85:15	10,4	2,0
13	0	0	-1,682	85:15	7,0	0,3
14	0	0	1,682	85:15	7,0	3,7
15 (C)	0	0	0	85:15	7,0	2,0
16 (C)	0	0	0	85:15	7,0	2,0
17 (C)	0	0	0	85:15	7,0	2,0

FA: farinha de arroz; FBDB: farinha de batata-doce biofortificada; PCSH: proteína concentrada de soja hidrolisada; CMC: goma carboximetilcelulose sódica. (C): formulações controle.

*quantidade em g/100 g da mistura FBDB:FA.

As massas foram mantidas em embalagens seladas de filme de polietileno monocamada com dióxido de titânio 1,5% e armazenadas em local seco e arejado, ao abrigo da luz.

2.2.5 Características de cozimento das massas

As características de cozimento das massas alimentícias foram determinadas em triplicata para todas as formulações, envolvendo as análises de tempo ótimo de cozimento (TOC, em minutos), perda de sólidos (%), aumento de massa (%) e firmeza das massas cozidas (N).

O TOC foi determinado conforme método nº 16-50 da *American Association of Cereal Chemists International* (AACCI, 2010) com modificações, utilizando-se 300 ml de água destilada e 10 g de massa alimentícia. Foram avaliadas a perda de sólidos e o aumento de massa a partir de metodologias de Gull, Prasad e Kumar (2015).

Para avaliação da textura (firmeza), as massas foram preparadas conforme método nº 66-50.01 (AACCI, 2010) e mantidas em recipiente fechado até a análise para evitar ressecamento superficial. As medidas foram realizadas após tempo padronizado de resfriamento (5 minutos após o cozimento), em texturômetro modelo TA-XT2i (*Stable Micro Systems, Surrey, UK*), com célula de carga de 25 kg, célula de calibração de 5 kg, corpo de prova A/LKB-F e software próprio do equipamento. Foi aplicado o modelo de máxima força de cisalhamento sobre 3 unidades de massa enfileiradas, utilizando os parâmetros aplicados em estudos de Ormenese e Chang (2003): velocidade pré-teste (1,0 mm/s), velocidade teste (0,17mm/s), velocidade pós-teste (10 mm/s), distância (4,5 mm), tipo de *trigger* (*button*, altura inicial 5 mm). Dez repetições foram realizadas para cada massa, e os resultados foram expressos em Newtons (N).

2.2.6 Cor instrumental e diferenças de cor das massas

A coloração das massas alimentícias cruas e cozidas foi avaliada com auxílio de equipamento espectrofotômetro portátil 45/O-L (XE-MiniScan, HunterLab Konica Minolta CR-400 meter (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan), utilizando-se o padrão de calibração do equipamento e iluminante D65. Foram obtidos os parâmetros L, a* e b* pelo sistema CIELab. As diferenças de cor das massas foram avaliadas a partir da variação de cor (ΔE), calculada conforme Equação 1.

As diferenças de coloração entre as massas cruas e após o cozimento (ΔE) foram calculadas e interpretadas conforme metodologia de Mokrzycki e Tatol (2012), classificadas como: diferenças não perceptíveis ($\Delta E < 1$); diferença perceptível para provadores experientes ($1 < \Delta E < 2$); diferença perceptível por provadores não experientes ($2 < \Delta E < 3,5$); diferença clara entre as cores ($3,5 < \Delta E < 5$); provadores não treinados percebem duas cores distintas ($\Delta E > 5$).

$$\text{Eq. 1} \quad \Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

2.2.7 Caracterização massas alimentícias selecionadas

Em estudo realizado previamente, foram selecionadas entre as massas secas produzidas conforme o delineamento experimental (Tabela 1), três massas alimentícias sem glúten, cujas características tecnológicas encontram-se descritas na Tabela 2.

Estas massas apresentaram as melhores propriedades tecnológicas, que apresentaram ausência de quebras, ausência de defeitos, característica intermediária de parafuso e mantiveram a estrutura após o cozimento. Foram avaliadas a aceitação sensorial e as propriedades funcionais quanto ao teor de β -caroteno na massa crua e após cozimento.

Tabela 2. Características tecnológicas das massas alimentícias sem glúten secas selecionadas.

Massa	Variáveis independentes (x ₁ /x ₂ /x ₃) *	Características tecnológicas
E1	90:10/5/1	Cor: amarelo Tonalidade: clara Tamanho da unidade: 2,96±0,25 cm Diâmetro:0,91±0,06 mm Sem defeitos Sem quebras Distância entre passos: 0,65±0,04 mm Característica do parafuso: Intermediário
E2	80:20/5/1	Cor: laranja Tonalidade: clara Tamanho da unidade: 2,87±0,53 cm Diâmetro:0,94±0,08 mm Sem defeitos Sem quebras Distância entre passos: 0,61±0,08 mm Característica do parafuso: Intermediário
E12	85:15/10,4/2	Cor: amarelo Tonalidade: escura Tamanho da unidade: 3,29±0,14 cm Diâmetro:0,90±0,05 mm Sem defeitos Sem quebras Distância entre passos: 0,67±0,10 mm Característica do parafuso: Intermediário

*x₁= proporção da mistura de farinha de arroz e batata-doce biofortificada (FA:FBDB, em %), x₂= quantidade de proteína concentrada de soja hidrolisada (PCSH, em g/100 g de mistura FA:FBDB) e x₃= quantidade de goma carboximetilcelulose sódica (CMC, em g/100 g de mistura FA:FBDB).

2.2.7.1 Composição físico-química das massas

As massas selecionadas caracterizadas quanto à umidade, proteínas, cinzas, lipídios e carboidratos totais conforme metodologia descrita no item 2.2.1.

2.2.7.2 Caracterização funcional em β -caroteno

As massas foram caracterizadas quanto às suas propriedades funcionais, a partir da quantificação da fração de β -caroteno.

O padrão de β -caroteno foi obtido conforme metodologia de Rodriguez-Amaya e Kimura (2002), extraído a partir de 80 g de cenouras trituradas. Este método também foi utilizado para a extração nas amostras de massas alimentícias cozidas (conforme TOC específico para cada massa), utilizando-se 20 g de amostra (peso de amostra em base úmida).

A fração de β -caroteno obtida foi concentrada em evaporador rotativo a $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, com ação de vácuo. O extrato obtido em éter de petróleo foi armazenado em frasco âmbar e mantido em ultracongelamento (-40°C) até a análise. Para injeção, o solvente das amostras foi evaporado completamente em gás nitrogênio, e as amostras ressuspendidas em 2 ml de solvente de injeção (acetonitrila/metanol/acetato de etila, 60:20:20), de acordo com metodologia descrita por Bohoyo-Gil et al. (2012).

As separações cromatográficas foram realizadas em coluna cromatográfica Hypersil Gold C18 (100 x 2,1 mm, 1,9 μm , *Thermo Scientific, Waltham, MA, USA*), utilizando-se sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) *Agilent 1260 infinity* (*Agilent Technologies, Califórnia, EUA*), equipado com sistema de bomba quaternária, injetor automático, degaseificador, forno com controle de temperatura da coluna e detector de arranjos de diodo (DAD). As condições cromatográficas foram ajustadas de acordo com Cardenas-Toro et al. (2015). A fase móvel constituiu de uma mistura de água ultrapura (solvente A) e acetonitrila grau HPLC (solvente B), com um fluxo de 0,7 ml/min, volume de injeção 10 μL e tempo total de corrida de 7 minutos. Utilizou-se o seguinte gradiente de solventes: 0 minutos: 80% B; 0,5 minutos: 100% B; 5,5 minutos: 100 B; 6,5 minutos: 80% B (fase de equilíbrio). Os dados foram obtidos a partir do software *Agilent 1100*. A identificação dos carotenoides β -caroteno foi realizada através da comparação dos tempos de retenção e espectros de absorção (UV-VIS) a 450 nm, comparados com o espectro do padrão β -caroteno.

Para a curva-padrão, foram utilizadas as concentrações de 1,21 $\mu\text{g/ml}$ até 3,38 $\mu\text{g/ml}$ de β -caroteno, e as amostras foram diluídas conforme necessário para ajuste na curva. Os extratos das amostras de massas alimentícias foram diluídos mais duas vezes para ajuste à

curva-padrão (diluição 1:10, e em seguida, diluição 1:10) e filtradas em membrana 0,2 μ para injeção.

2.2.7.3 Aceitação sensorial

As massas com melhores características tecnológicas foram submetidas a um teste sensorial, realizado na Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP (Campinas, São Paulo, Brasil), com projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa desta universidade (CAAE 58561716.4.0000.5404), conforme ANEXO I.

Foram convidados 60 consumidores de massas alimentícias, entre 18 e 60 anos. Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo II) e responderam um questionário composto por 5 questões fechadas para identificação de preferências de consumo (ANEXO III).

As metodologias utilizadas para a avaliação sensorial foram as propostas por Meilgaard, Civille e Carr (2006), com modificações. Foram apresentadas aos provadores três massas secas em embalagens de polietileno transparentes, identificadas com código de três dígitos, e a ficha correspondente para a avaliação visual (ANEXO IV).

Foi questionado aos provadores sobre a aparência, pedindo-se que fossem indicadas as notas em escalas hedônicas não-estruturadas de 9 centímetros (cm), sendo 0 cm = “desgostei muitíssimo” e 9 cm = “gostei muitíssimo”. Para a atribuição da nota, foi requisitado ao consumidor que marcasse com um traço a região da escala que refletisse sua avaliação para a massa. A região central da escala (4,5 cm) foi considerada como uma área de neutralidade entre a aceitação e a não aceitação.

Foi também requisitado aos consumidores que avaliassem a cor das amostras conforme escala do ideal de 9 centímetros (cm), sendo 0 cm = “cor mais clara que o ideal”; 4,5 cm = “cor ideal” e 9 cm = “cor mais escura que o ideal”. Foi requisitado ao consumidor que indicasse com um traço a região da escala correspondente à sua avaliação da massa quanto à proximidade do considerado ideal para massas alimentícias. A intenção de compra foi avaliada através de escala estruturada de notas de 5 pontos, sendo “1” = certamente não compraria e “5”, certamente compraria.

Para avaliação das massas alimentícias cozidas, foi realizado o preparo das mesmas pelo cozimento em água fervente (95°C) conforme tempo ótimo de cozimento (TOC) específico para cada massa, retiradas da água e escorridas em peneiras, sendo imediatamente colocadas em pratos descartáveis brancos, armazenadas em embalagens térmicas próprias para alimentos e servidas aos provadores (10 g de amostra). Foram identificadas com uso de códigos numéricos

aleatórios de três dígitos. Foi apresentada uma amostra de cada vez, acompanhada de ficha de avaliação (ANEXO V). Foi pedido aos provadores que avaliassem as amostras quanto à aparência, aroma, textura e impressão global do produto, utilizando escala não-estruturadas de 9 centímetros (cm), sendo 0 cm = desgostei muitíssimo e 9 cm = gostei muitíssimo, da mesma forma que foi utilizada para a avaliação das massas secas cruas. A cor e a consistência das amostras foram avaliadas utilizando-se escala do ideal de 9 centímetros (cm), sendo 0 cm = “cor mais clara que o ideal” ou “consistência menos firme que o ideal”; 4,5 cm = “cor ideal” ou “consistência ideal” e 9 cm = “cor mais escura que o ideal” ou “consistência mais firme que o ideal”. Foi requisitado ao consumidor que indicasse com um traço a região da escala correspondente à sua avaliação quanto à cor e consistência das massas em relação ao considerado ideal para massas alimentícias.

Também foi requisitado aos consumidores que avaliassem sua intenção de consumo quanto às massas apresentadas, através de uma escala estruturada de notas de 5 pontos, sendo “1” = “certamente não consumiria” e “5” = “certamente consumiria”.

2.2.8 Análise estatística dos resultados

Os dados obtidos foram apresentados como médias \pm desvio padrão ou coeficiente de variação. As correlações entre as variáveis independentes foram avaliadas através de análise de variância (ANOVA), observando-se a significância (p-valor) da regressão e da falta de ajuste em relação ao nível de 10% de confiança pelo teste F, para ajuste da equação descritiva das características da região avaliada. Para os modelos significativos, foram obtidas as superfícies de resposta, utilizando-se o software *Protimiza Experimental Design Statistical* (RODRIGUES e COSTA, 2014).

Também foi analisado o valor do coeficiente de determinação (R^2) da equação obtida, e quanto mais próximo do valor 1 (ou seja, 100%), melhor o ajuste do modelo aos dados observados. Foram considerados como modelos preditivos àqueles que apresentaram p-valor significativo para a regressão e falta de ajuste não significativa ao nível de 10% de confiança e que apresentaram R^2 superior a 0,80 (BARROS-NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2001).

Em modelos de regressão significativa com alto valor de R^2 e falta de ajuste significativa, foi analisado o quadrado médio do erro puro, no procedimento de ANOVA modificada, onde o teste de significância pode ser considerado não relevante quando o quadrado médio apresenta valores extremamente baixos (WASZCZYNSKYJ; RAO; SILVA, 1981).

Para a análise centesimal e sensorial e das massas, as diferenças estatísticas entre os valores das médias foram analisadas através de análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se o software XLStat, versão 10 (ADDINSOFT, 2015).

Para as análises funcionais de β -caroteno, as equações de regressão e os coeficientes de determinação (R^2) para as análises foram calculados usando o software Microsoft[®] Excel 2010, sendo considerado para a curva padrão um valor de R^2 superior a 0,95.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos ingredientes

Os ingredientes utilizados estavam na forma de pós, apresentando as cores branca (FA, CMC), creme (PCSH) e laranja (FBDB). A composição proximal das matérias-primas utilizadas encontra-se descrita na Tabela 3.

Tabela 3. Composição centesimal dos ingredientes utilizados na produção de massas alimentícias sem glúten.

	Umidade (%)	Proteínas (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Carboidratos (%)
FA	11,43±0,08	10,64±0,21	0,48±0,01	1,03±0,13	75,88±0,14
FBDB	14,49±0,32	4,43±0,31	2,71±0,14	0,72±0,09	77,51±0,53
PCSH	9,28±0,14	51,67±1,31	7,39±0,06	0,50±0,03	31,16±1,37

FA: farinha de arroz; FBDB: farinha de batata-doce biofortificada; PCSH: proteína concentrada de soja hidrolisada.

A farinha de arroz apresentou 11,43% de umidade, 10,64% de proteína, 0,48% de cinzas e 1,03% de lipídios. Os autores Bouasla et al. (2017) relataram 7,92 % de proteínas, 1,37% de cinzas e 1% de lipídios, para farinha de arroz utilizada em massas sem glúten pré-cozidas. Em estudos de Sozer (2009), utilizou-se a semolina de arroz, que apresentou 11,45% de umidade, 5,92% de proteínas, 0,41% de cinzas e 0,79% de lipídios, para o preparo de massas alimentícias.

A FBDB apresentou 14,49% de umidade, 4,43% de proteínas, 2,71% de cinzas e 0,72% de lipídios. Em estudos de Ahmed, Akter e Eun (2010), os autores obtiveram valores de proteína de 3,91% para farinha de batata-doce de polpa alaranjada com casca, semelhante à farinha utilizada no presente trabalho.

Os teores de cinzas na FBDB foram semelhantes aos encontrados na literatura, em estudos de Jangchud, Phimolsiripol e Haruthaithanasan (2003), que identificaram 2,7% de cinzas em farinhas obtidas de batatas-doces de polpa alaranjada branqueadas. Os teores de lipídios foram próximos aos encontrados na literatura para FBDB, de 1,5% (LIMROONGREUNGRAT; HUANG, 2007) e 0,6% (JANGCHUD; PHIMOLSIRIPOL; HARUTHAITHANASAN, 2003).

Quanto ao teor de fibras, a FBDB apresentou 13,09% de fibras totais, sendo 9,44% de fibras insolúveis. O valor de fibras totais foi muito próximo ao encontrado pelos autores Mais e Brennan (2008) de 12,6% para farinha de batata de polpa alaranjada sem utilização da casca.

A PCSH apresentou teores de proteína menores do que os valores encontrados na literatura para concentrado proteico de soja, que apresentou 70%, e próximo aos valores obtidos para farinha desengordurada de soja, que apresentou 52% (LIMROONGREUNGRAT; HUANG, 2007). O teor de proteínas apresentado foi superior ao encontrado na literatura para farinha de soja tostada, que foi de 47,61% (SUSANNA; PRABHASANKAR, 2013). Quanto ao teor de cinzas da PCSH, esta apresentou valores próximos aos 6% descritos por Krishna-Kumar, Yea e Cheryan (2003).

A composição proximal pode variar normalmente, sem prejuízo à qualidade final da farinha, conforme tratos culturais, tipo de cultivar, local de cultivo, características dos grãos e métodos de extração dos ingredientes.

3.3 Características tecnológicas das massas alimentícias sem glúten

As características tecnológicas (Tabela 4 e 5) foram avaliadas estatisticamente. Os valores de médias, desvio padrão, coeficiente de correlação (R^2), significância (p-valor), falta de ajuste, quadrados médios do erro puro e os modelos significativos ajustados encontram-se descritos na Tabela 6.

Os parâmetros tempo ótimo de cozimento (TOC), perda de sólidos (PS) e firmeza não apresentaram efeitos significativos, o que indica que as variações de ingredientes dentro da faixa estudada não influenciaram e que as massas possuem comportamento tecnológico semelhante quanto a estas características. Foi obtido modelo significativo para o parâmetro aumento de massa (AM), conforme a superfície de resposta da Figura 1.

O tempo ótimo de cozimento (TOC) para as massas experimentais, variou entre 2 minutos e 30 segundos e 3 minutos e 30 segundos, menores do que os encontrados por Bastos

et al. (2016), em estudos sobre massas frescas sem glúten tipo espaguete à base de polpa de batata seca, polpa de batata extrusada e farinha de amaranto, com adição de ovos (56 g/ 100 g), que obtiveram valores de TOC entre 5 a 6 minutos. Já em estudos de Giubert et al. (2015), no desenvolvimento de massas secas longas sem glúten à base de arroz e feijão obtidas a partir de mistura convencional, o TOC variou entre 9 a 11 minutos, sendo que o tempo aumentou proporcionalmente com o aumento da quantidade de farinha de feijão adicionada. A variação do TOC está relacionada diretamente a fatores que influenciam no aumento da firmeza das massas ou na interação entre água e amidos, proteínas e gomas. Quando há adição de fibras, amidos resistentes, amidos pré-gelatinizados e ingredientes altamente proteicos, são encontrados maiores valores de TOC (SARAWONG et al., 2014).

Quanto à perda de sólidos, as massas apresentaram valores entre 3,86% e 10,68%. Para este estudo, considerou-se que os valores de perda de sólidos deveriam estar idealmente abaixo de 8% (HUMMEL, 1966). Deste modo, 13 das 17 massas neste estudo encontraram-se adequadas quanto à menores perdas de sólidos. Outros estudos na literatura consultada apresentaram maiores valores quanto à perda de sólidos, como em estudo de Larrosa et al. (2016), que obtiveram valores entre 6,24 e 13,76% para massas à base de mistura entre amido de milho e farinha de milho (proporção 4:1), albumina de ovos desidratada (0,25 a 0,6%), ovo integral desidratado (2,45 a 6%) e mistura de gomas locusta e xantana (2,5 g/100 g, proporção 2:1). Quanto à textura, as massas cozidas apresentaram valores de firmeza entre 2,15 e 4,28 N. Em estudos sobre massas alimentícias sem glúten formuladas à base de farinhas de leguminosas por extrusão termoplástica, Laleg et al. (2016) encontraram valores de firmeza entre 4,37 a 6,86, sendo que as massas formuladas com farinha de feijão *black-gram* apresentaram maior firmeza.

Tabela 4. Características de cozimento das massas alimentícias sem glúten.

Ensaio	Valores reais			TOC (min)	PS (%)	AM (%)	Firmeza (N)
	FA:FBDB (%)	PCSH *	CMC*				
1	90:10	5,0	1,0	3	3,86±0,04	109,76±12,35	2,82±0,42
2	80:20	5,0	1,0	2,3	5,66±0,03	168,91±16,08	2,32±0,52
3	90:10	9,0	1,0	2,3	5,87±0,05	143,74±3,63	2,27±0,47
4	80:20	9,0	1,0	2,3	7,32±0,03	76,68±1,61	2,40±0,41
5	90:10	5,0	3,0	3,3	4,69±0,12	117,26±8,18	4,28±0,66
6	80:20	5,0	3,0	2,3	7,88±0,09	107,18±14,05	2,91±0,55
7	90:10	9,0	3,0	3,3	5,69±0,08	130,71±4,59	3,29±0,99
8	80:20	9,0	3,0	3	7,32±0,06	116,85±12,65	2,91±0,79
9	93,4:6,6	5,0	2,0	3	7,25±0,08	152,85±15,99	3,32±0,70
10	76,6:23,4	5,0	2,0	2,3	6,53±0,02	118,69±4,55	2,50±0,31
11	85:15	3,6	2,0	3	4,69±0,03	112,96±5,04	2,15±0,48
12	85:15	10,4	2,0	2,3	7,62±0,04	111,21±3,49	2,16±0,32
13	85:15	7,0	0,3	2,3	8,63±0,06	118,31±14,80	2,62±0,60
14	85:15	7,0	3,7	2,3	10,68±0,07	134,93±5,71	2,77±0,85
15 (C)	85:15	7,0	2,0	2,3	8,59±0,02	138,28±15,54	3,12±0,92
16 (C)	85:15	7,0	2,0	2,3	8,33±0,04	135,04±10,88	3,17±0,46
17 (C)	85:15	7,0	2,0	2,3	7,78±0,03	105,65±6,86	3,08±0,43

FA: farinha de arroz; FBDB: farinha de batata-doce biofortificada; PCSH: proteína concentrada de soja hidrolisada; CMC: goma carboximetilcelulose sódica; TOC: Tempo Ótimo de Cozimento; PS: perda de sólidos; AM: Aumento de Massa.

*g/100 g de mistura FA:FBDB.

Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) para características tecnológicas de massas alimentícias sem glúten.

Parâmetros		Equação	Média ± D.P.	R ²	p-valor*	Falta de ajuste*	Quadrado médio do erro puro
Massa seca							
Cor	L		53,95±3,77	0,58	0,47286	0,00498	0,1
	a*		16,10±1,74	0,64	0,34133	0,01413	0,0
	b*	Y1= 31,17 - 1,34 x ₁ - 0,92 x ₁ x ₃		0,65	0,00059	0,16258	0,2
Massa cozida							
OCT			2,8±0,42	0,63	0,071086	N.C.**	0,0
Perda de sólidos (%)			6,93±1,69	0,41	0,02246	0,07125	0,2
Aumento de massa (%)		Y2= 123,47 - 16,25 x ₁ x ₂		0,29	0,02507	0,58430	323,2
Textura (N)			2,82±0,78	0,60	0,00668	0,01186	0,0
Cor	L		66,81±3,90	0,66	0,29429	0,00477	0,1
	a*	Y3= 15,26 + 2,41 x ₁ - 0,42 x ₁ ² - 0,50 x ₂ + 0,49 x ₁ x ₂		0,94	0,00000	0,06373	0,0
	b*		43,32±3,07	0,76	0,00096	0,04260	0,2

*Análise em intervalo de 90% de confiança pelo teste F.

**N.C.: Não calculável.

Para o aumento de massa (AM), foi obtido efeito significativo para a interação entre a variação na proporção de FA:FBDB e CMC, cuja superfície de resposta encontra-se na Figura 1, item “a”. Porém, o modelo indica tendência, uma vez que $R^2 < 0,80$. Observou-se a redução do AM com o aumento na quantidade de CMC, de FBDB, e redução da FA adicionada, com o valor máximo para a interação entre os dois ingredientes próxima à região do ponto central. Observou-se na superfície, a tendência ao aumento da absorção de água nas regiões com quantidade superiores à faixa estudada.

As farinhas amiláceas e as gomas são ingredientes que contribuem para o aumento da absorção de água, principalmente quando há o aquecimento, pela presença de grupos hidrofílicos que estabelecem interações com as moléculas de água disponíveis na água de cozimento.

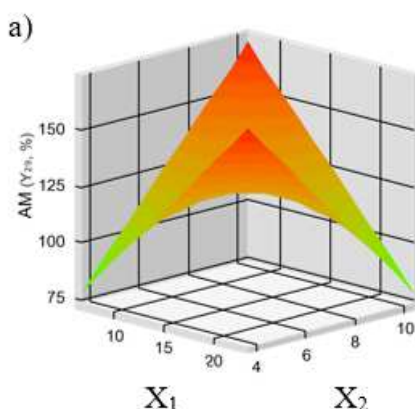


Figura 1. Superfície de resposta para a interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto ao aumento de massa AM (%).

3.4 Análise de cor instrumental e diferença de cor das massas alimentícias

Os resultados para as análises de cor instrumental para as massas alimentícias encontram-se descritos na Tabela 6. Os resultados das análises dos efeitos estatísticos foram descritos na Tabela 5, e as superfícies de resposta para os modelos significativos ($p < 0,10$), encontram-se na Figura 2.

Para a massa seca, obteve-se modelo significativo ($p < 0,10$) o parâmetro cor b^* , que foi influenciado principalmente pelo aumento da quantidade de FBDB adicionada e redução proporcional da quantidade de FA.

Tabela 6. Valores de cor (sistema CIELab) e de diferença de cor (ΔE) para massas alimentícias sem glúten secas cruas e cozidas

Ensaio	Valores reais			Massas cruas			Massas cozidas			ΔE
	FA:FBDB (%)	PCSH **	CMC**	L	a*	b*	L	a*	b*	
1	90:10	5,0	1,0	56,77±0,27	14,17±0,73	31,13±0,80	67,19±1,53	13,04±0,29	44,13±0,22	16,76±0,94
2	80:20	5,0	1,0	54,85±0,70	17,11±0,46	30,01±0,27	57,42±1,30	18,15±0,80	46,01±1,44	16,40±1,67
3	90:10	9,0	1,0	55,26±0,13	14,21±0,59	32,18±0,32	66,25±0,79	11,78±0,29	39,32±0,52	13,40±0,45
4	80:20	9	1,0	48,73±0,60	17,65±1,07	29,99±1,03	60,41±0,79	17,51±0,89	43,79±0,37	18,26±0,67
5	10:90	5,0	3,0	47,40±0,44	17,92±0,38	35,68±0,93	61,72±1,41	14,58±0,22	41,46±0,56	15,84±1,55
6	20:80	5,0	3,0	58,61±0,37	16,39±0,74	30,03±0,99	68,17±0,27	16,95±0,28	46,04±0,27	18,68±0,85
7	90:10	9,0	3,0	47,80±0,53	16,10±0,16	34,18±0,05	71,56±0,22	11,00±0,22	37,90±0,45	24,60±0,46
8	80:20	9,0	3,0	47,64±0,90	19,12±1,15	29,14±0,76	67,53±0,04	16,66±0,08	38,69±0,33	22,24±0,69
9	93,4:6,6	5,0	2,0	56,55±0,81	12,35±0,41	31,66±0,34	72,80±1,14	9,73±0,30	38,74±0,55	17,95±0,90
10	76,6:23,4	5,0	2,0	51,38±0,41	17,61±0,34	29,10±0,34	66,07±0,56	18,10±0,20	45,50±0,21	22,05±0,61
11	85:15	3,6	2,0	56,73±0,50	14,92±0,11	30,06±0,17	66,58±1,29	15,42±0,17	45,09±0,75	17,99±1,52
12	85:15	10,4	2,0	55,67±1,00	14,58±0,38	29,98±0,61	64,78±0,71	14,77±0,24	42,91±0,46	15,93±0,39
13	85:15	7,0	0,3	55,68±0,31	16,42±0,09	31,57±0,19	69,05±0,91	15,61±0,04	49,15±0,37	22,12±1,13
14	85:15	7,0	3,7	58,84±0,98	14,83±0,31	30,24±0,38	69,27±0,61	14,16±0,29	43,42±0,64	16,86±1,15
15 (C)	85:15	7,0	2,0	55,31±0,15	16,84±0,50	32,01±0,58	69,31±0,66	15,59±0,26	45,24±0,13	19,31±1,02
16 (C)	85:15	7,0	2,0	55,17±0,83	16,53±0,19	31,82±0,51	68,90±0,34	15,41±0,23	44,63±0,40	18,83±0,61
17 (C)	85:15	7,0	2,0	54,71±0,53	16,95±0,47	31,08±0,02	68,77±0,46	15,22±0,05	44,49±0,21	19,51±0,35

FA: farinha de arroz; FBDB: farinha de batata-doce biofortificada; PCSH: proteína concentrada de soja hidrolisada; CMC: goma carboximetilcelulose sódica.

Luminosidade; a*: valores positivos (vermelho) e valores negativos (verde); b*: valores positivos (amarelo) e valores negativos (azul). ΔE : diferença de cor entre massa seca em comparação à média das massas secas padrão.

** g/100 g de mistura FA:FBDB.

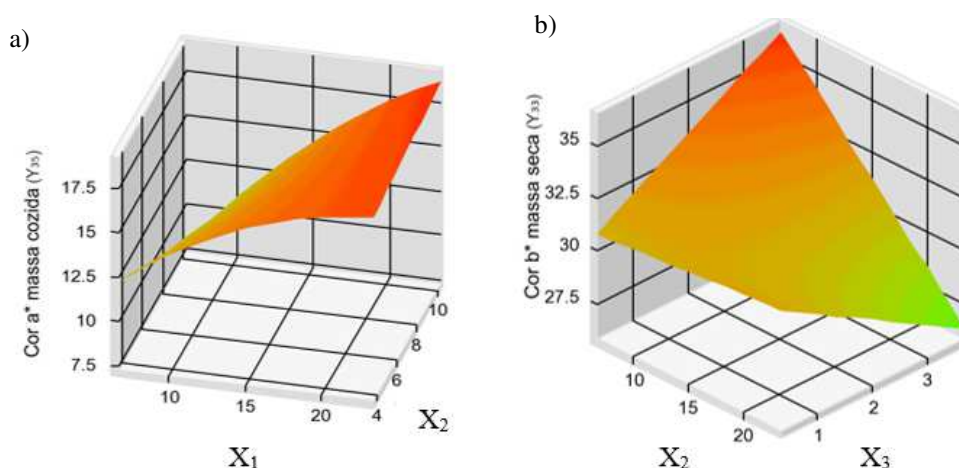


Figura 2. Superfícies de resposta para análise de parâmetros de cor (CIELab) de massas alimentícias sem glúten cruas e cozidas: a) interação entre FA:FBDB (x_1) e PCSH (x_2) quanto ao parâmetro colorimétrico a^* para a massa cozida; b) interação entre PCSH (x_2) e CMC (x_3) quanto parâmetro colorimétrico b^* para a massa seca.

Porém, mesmo com a tendência de redução, os valores de b^* ainda mantiveram-se positivos, e estes estão relacionados à coloração amarela. Como o modelo obtido não foi preditivo ($R^2 < 0,80$), outros fatores além das variáveis significativas podem ter influenciado este parâmetro, o que poderia ser identificado em estudos complementares.

Para a massa cozida, o parâmetro a^* foi considerado significativo, a partir da aplicação da ANOVA modificada (item 2.9.9). O aumento da quantidade de FBDB adicionada e redução proporcional da quantidade de FA foi significativa para o modelo proposto, aumentando os valores de a^* , conforme observado na superfície de resposta da Figura 5, item “a”. Os valores positivos de a^* estão relacionados à coloração “vermelha”, indicando que a FBDB teve efeito importante neste fator, pelos compostos carotenoides.

Em estudos de Limroongreungrat e Huang (2007), com massas alimentícias tipo *noodles* formuladas à base de farinha de batata-doce de polpa alaranjada com adição de diversos derivados de soja, os autores observaram parâmetros de cor próximos aos encontrados neste estudo, apresentando valores de luminosidade (L) entre 40 e 42, a^* entre 18,7 e b^* entre 11,6 e 24,1, constatando coloração visual alaranjada.

Todas as massas alimentícias apresentaram valores de diferenças de cor (ΔE) muito perceptíveis em comparação com as massas antes e após cozimento. Estas mudanças nos valores de coloração podem ser atribuídas às modificações químicas sofridas pelo β -caroteno presente na FBDB, pois este carotenoide possui estrutura química isoprenoide sujeita a modificações por oxidação e calor, sofrendo degradação em compostos derivados, ocasionando diferenciação na coloração percebida (PATHARE et al., 2013).

3.5. Composição centesimal das massas alimentícias secas selecionadas

Os resultados para a quantificação de proteínas, cinzas, lipídios e carboidratos para as massas alimentícias encontra-se descrita na Tabela 7.

Tabela 7. Composição centesimal das massas alimentícias sem glúten selecionadas.

Massa	Umidade (%)	Proteínas (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Carboidratos (%)
E1 (90:10/5/1)*	9,00±0,26	9,58±0,47 ^b	1,10±0,00 ^c	1,33±0,02 ^b	78,97±0,22
E2 (80:20/5/1)*	7,99±0,02	11,01±0,75 ^{ab}	1,54±0,00 ^b	1,48±0,03 ^a	77,97±0,73
E12 (85:15/10,4/2)*	9,93±0,05	11,44±0,40 ^a	1,58±0,01 ^a	1,38±0,01 ^b	74,08±0,31

Média±desvio padrão.

Resultados seguidos da mesma letra em cada linha não diferem significativamente em intervalo de 95% de confiança pelo teste de *Tukey*.

* Variáveis independentes das massas alimentícias: ($x_1/x_2/x_3$), sendo: x_1 = proporção de FA:FBDB, em %; x_2 =quantidade de PCSH adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB; x_3 =quantidade de CMC adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB.

O teor de umidade das massas variou entre 7,99 a 9,93%, sendo decorrente do processo de secagem, pois foi padronizado valor de umidade ideal abaixo de 14% (KRUGER; MATSUO; DICK, 1998), de modo a evitar o crescimento microbiano e manter a estabilidade do produto em estocagem. Estes valores foram menores em relação aos encontrados na literatura, que variaram entre 10,84 e 11,43% (FERREIRA et al., 2016).

Quanto aos teores de proteínas, a massa E12 diferiu estatisticamente ($p>0,05$) das demais, apresentado maior teor de proteínas, o que pode ser atribuído à maior adição de PCSH nesta massa. As massas E1 e E2 não diferiram entre si quanto a este atributo. Os valores proteicos encontrados para as massas selecionadas foram superiores aos encontrados por FERREIRA et al. (2016) em massas contendo sorgo, arroz, batata e ovos, apresentando entre 7,86 a 8,85%.

Sobre os teores de cinzas, as massas alimentícias diferiram entre si, sendo o valor máximo apresentado pela massa E12. Os valores foram próximos aos encontrados em estudos de Rosa-Sibakov et al. (2016), para massas à base de farinha de feijão-fava, que apresentaram de 0,8 a 1,5% de cinzas. Observou-se que o aumento na adição de FBDB, contribuiu ao aumento do teor de cinzas nas massas.

Quanto aos teores de lipídios, a massa E2 diferiu das demais massas, apresentando maior teor lipídico. As massas E1 e E12 não diferiram estatisticamente entre si. Massas alimentícias sem glúten apresentam baixos teores de fração lipídica, observando-se na literatura valores próximos aos obtidos, tais como o encontrado em massas à base de arroz com substituição parcial por farinha de feijão nas proporções 20 e 40%, que apresentaram teores de lipídios de 1,5 e 1,7%, respectivamente (GIUBERTI et al., 2015). A fração lipídica é importante as massas biofortificadas, pois esta concentra as frações de compostos lipossolúveis, tais como a provitamina A. Este aspecto deverá ser considerado para escolha da embalagem e de condições de armazenamento que evitem a oxidação lipídica, visando maior conservação destes compostos.

As massas alimentícias, particularmente as massas sem glúten, são ricas em carboidratos, pelas farinhas e amidos utilizados, que podem ser derivadas de cereais, pseudocereais, raízes ou tubérculos. Estas fontes são importantes para a estruturação da massa, a partir da gelatinização e retrogradação do amido disponível quando há o cozimento da massa. As frações de amido, conjuntamente com as frações proteicas, formam a estrutura das massas, fornecendo a firmeza e mantendo seu formato após o cozimento (MARTI; PAGANI, 2013), uma característica importante para as massas curtas.

3.6 Análise funcional

As massas alimentícias cozidas foram avaliadas quanto aos teores de compostos β -caroteno, cujos resultados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Teor de β -caroteno em massas alimentícias sem glúten cozidas.

Massas	Cozida (μg de β -caroteno total/g de massa) *
E1 (90:10/5/1)*	3,71 \pm 0,14 ^b
E2 (80:20/5/1)*	7,87 \pm 1,69 ^a
E12 (85:15/10,4/2)*	4,67 \pm 0,16 ^b

Média \pm desvio padrão (valores em base seca).

Resultados seguidos da mesma letra em cada linha não diferem significativamente em intervalo de 95% de confiança pelo teste de Tukey.

* Variáveis independentes das massas alimentícias: ($x_1/x_2/x_3$), sendo: x_1 = proporção de FA:FBDB, em %; x_2 =quantidade de PCSH adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB; x_3 =quantidade de CMC adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB.

As massas cozidas apresentaram quantidades de β -caroteno entre 3,71 μg e 7,87 μg de β -caroteno/g de massa cozida. A massa E2 apresentou o maior teor, o que era esperado, pois esta possuía em sua composição a maior adição de FBDB (20%), correspondendo à

aproximadamente o dobro da quantidade encontrada para a massa E1, que apresentava 10% de FBDB. As massas E1 e E12 não diferiram significativamente entre si ($p>0,05$).

Krishnan et al. (2012), em estudos sobre massas alimentícias obtidas por extrusão convencional e enriquecidas com fibras, formuladas com farinha de batata-doce de polpa alaranjada (variedade Sree Kanaka), amido de mandioca pré-gelatinizado, e como fontes de fibras, testaram-se os farelos de aveia, trigo e arroz. A formulação controle (70% farinha de batata-doce, 3% de amido de mandioca pré-gelatinizado e 27% de farinha de trigo refinada), apresentou maior quantidade de farinha de batata-doce, e consequentemente maior teor de carotenoides, apresentando 2,87 mg de β -caroteno/100 g de massa alimentícia crua (equivalente à 28,7 μ g de β -caroteno/g de massa).

Em estudos de Limroongreungrat e Huang (2007), os autores analisaram massas sem glúten produzidas à base de farinha obtida a partir de batata-doce '*Beauregard*' com adição de diferentes ingredientes derivados de soja. Na massa controle (sem adição de derivados de soja, contendo 100% de farinha de batata-doce) o teor de β -caroteno total encontrado foi de 9 mg/100 g de massa alimentícia seca, equivalente à 90 μ g/g de massa.

No entanto, as massas utilizadas nestes estudos aplicaram a farinha de batata-doce em maiores concentrações. Além deste fator, no presente trabalho utilizou-se a FBDB associada a outros ingredientes, e a quantificação de carotenoides foi obtida para a massa após o cozimento.

A cultivar '*Beauregard*' apresenta teores de provitamina A 10 vezes mais elevados, em comparação com variedades comumente consumidas no Brasil (ALVES et al., 2012). Berni et al. (2014), em estudos sobre a cultivar *Beauregard*, relataram em média 120,2 μ g de β -caroteno total/g de raiz fresca, e verificaram que o teor predominante foi na forma de *trans*- β -caroteno (114,4 μ g/g raiz fresca). No estudo mencionado, os autores também avaliaram os efeitos dos processos de cozimento e fritura sobre os teores de carotenoides, verificando que as condições de processamento afetaram os teores de carotenoides, reduzindo-os.

Pela quantidade de ligações insaturadas que possui, os carotenoides sofrem degradação por oxidação, catabolizada por fatores como exposição a luz, temperaturas elevadas e presença de substâncias catalisadoras (metais, enzimas), fatores constantemente presentes no preparo e estocagem de alimentos (PROVESI et al., 2012) e que interferem nos teores finais e na atividade do carotenoide.

3.7 Análise sensorial

Um total de 57 provadores (38 mulheres e 19 homens), participaram da análise sensorial. Segundo informações obtidas em questionário sobre hábitos de consumo (ANEXO III), 7% dos provadores consumiam massas alimentícias 3 a 4 vezes por semana, enquanto 56% consumiam de 1 a 2 vezes por semana, 28% pelo menos 1 vez a cada 15 dias e 9% pelo menos 1 vez ao mês. Entre as três massas alimentícias mais consumidas, 72% dos provadores relataram consumir massas com ovos, 61% as massas secas e 46% as massas frescas comerciais. Em relação ao consumo de massas alimentícias sem glúten, 65% dos entrevistados relataram nunca ter consumido massas sem glúten, 23% haviam consumido uma única vez, 10% consumiam ocasionalmente e 2% consumiam frequentemente.

A Tabela 9 apresenta a aceitação e a intenção de compra a partir da avaliação das massas alimentícias sem glúten secas.

Tabela 9. Aparência e intenção de compra das massas alimentícias sem glúten cruas E1, E2 e E12 (n=57).

Atributo	E1 (90:10/5/1) *	E2 (80:20/5/1) *	E12 (85:15/10,4/2) *	p-valor**
Aparência ***	5,88	5,72	6,09	0,614
Intenção de Compra ****	3,79	3,46	3,54	0,132

* Variáveis independentes das massas alimentícias: ($x_1/x_2/x_3$), sendo: x_1 = proporção de FA:FBDB, em %; x_2 =quantidade de PCSH adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB; x_3 =quantidade de CMC adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB.

** Intervalo de 95% de confiança (teste de Tukey).

*** Escala não estruturada de 9 cm, onde: < 4,5 = região de não aceitabilidade; 4,5 = região de neutralidade; >4,5 = região de aceitabilidade.

**** Escala estruturada, onde: 1 = certamente não compraria; 2 = provavelmente não compraria; 3 = talvez não compraria/talvez compraria; 4 = provavelmente compraria; 5 = certamente compraria.

Para o atributo aparência, não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as amostras, indicando que todas as massas obtiveram notas na região de aceitação, com valores de notas acima de 4,5. Quanto à avaliação de intenção de compra, não houve diferença significativa entre as amostras, cujas notas variaram entre 3,46 (“talvez compraria/talvez não compraria” a “possivelmente compraria”)

Considerando a importância da coloração dos produtos como parâmetro de qualidade de aparência, avaliou-se a influência do atributo cor na média das notas para aparência através da análise de penalidades.

Os efeitos das penalidades encontram-se descritos na Tabela 10. Observou-se que para a massa E1, 52,6% dos provadores consideraram a coloração como mais clara do que o ideal para massa alimentícia, o que teve efeito significativo na avaliação do atributo aparência,

penalizando a média em 1,83 pontos quando comparada à média de aparência daqueles que consideraram a cor da amostra como ideal ($p < 0,05$). Para a massa E2, 68,4% dos provadores consideraram que esta apresentava coloração mais escura que o ideal, tendo efeito significativo ($p < 0,05$) e penalizando a média em 2,51 pontos. Para a massa E12, 59,7% dos provadores consideraram a coloração mais escura que o ideal, porém não houveram efeitos significativos de penalidade para a média do atributo aparência ($p > 0,05$).

Os efeitos de penalidade de cor mais escura que o ideal foi maior que o de cor mais clara para as massas sem glúten, segundo os provadores deste estudo.

As massas E1 e E2 foram formuladas com a mesma quantidade de PCSH e de CMC, diferindo quanto à substituição parcial da farinha de arroz por FBDB. A massa E1, que apresentava 10% de FBDB adicionada, foi considerada pelos consumidores como mais clara que o ideal, enquanto a massa E2, que possuía 20% de FBDB foi considerada mais escura que o ideal.

Tal efeito relaciona-se à FBDB, pelo teor de carotenoides que esta possui, atribuindo aos produtos coloração mais escura e mais alaranjada. A coloração menos amarela e mais escura em relação às massas convencionais de semolina é característica às massas sem glúten, pelos ingredientes diferenciados que as compõem. Efeito semelhante foi observado em estudos de Moura et al. (2016), onde a aplicação de farinha de linhaça, rica em fibras, em massas à base de farinha de arroz e farinha de arroz pré-gelatinizada, resultou em massas mais escuras. Foi também observada por Bouasla et al. (2017), em massas à base de arroz com adição de farinha de leguminosas em 10%, 20% e 30%, a redução da luminosidade instrumental (L) das massas, conforme aumento dos teores de farinhas de leguminosas, principalmente para lentilha e grão-de-bico.

3.6.1 Análise sensorial das massas cozidas

A Tabela 11 apresenta as médias de aceitação atribuídas pelos provadores para os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global, para as massas cozidas. A intenção de consumo após a avaliação também foi questionada aos voluntários. Não houve diferença significativa entre as amostras quanto aos atributos avaliados e para intenção de consumo ($p < 0,05$), e as médias das notas para os atributos aparência, aroma, sabor e impressão global das massas avaliadas estiveram na região de aceitação (acima de 4,5).

Tabela 10. Análise de penalidades para o atributo aparência em relação à cor ideal de massas alimentícias sem glúten secas cruas (n=57).

Massa	Nível	Provadores (%)	Aparência	Efeitos na média	Diferença padronizada	p-valor**	Penalidades	Diferença padronizada	p-valor**
E1 (90:10/5/1)*	Mais claro	52,6	5,28	1,83	3,202	0,006	1,630	2,999	0,004
	Ideal	24,6	7,11						
	Mais escuro	22,8	5,93	1,18	1,732	0,203			
E2 (80:20/5/1)*	Mais claro	14,0	5,26	2,53	N.C.***	N.C.***	2,511	3,979	0,000
	Ideal	17,5	7,79						
	Mais escuro	68,4	5,28	2,51	3,960	0,000			
E12 (85:15/10,4/2)*	Mais claro	19,3	5,42	1,46	N.C.***	N.C.***	1,046	1,590	0,118
	Ideal	21,1	6,88						
	Mais escuro	59,7	5,97	0,91	1,450	0,154			

* Variáveis independentes das massas alimentícias: ($x_1/x_2/x_3$), sendo: x_1 = proporção de FA:FBDB, em %; x_2 =quantidade de PCSH adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB; x_3 =quantidade de CMC adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB.

** Intervalo de 95% de confiança (teste de *Tukey*).

***N.C.: Valores não calculados pela limitação de teste estatístico (resposta provadores inferior a 20%).

Este é um importante fator que indica boa qualidade e aceitabilidade das massas, considerando que estas foram provadas sem adição de molhos ou temperos, diferentemente do hábito de consumo popular e de alguns estudos observados que realizaram análise sensorial de massas alimentícias (BASTOS et al., 2016; SILVA; ASCHERI; ASCHERI, 2016).

A textura foi o único parâmetro com notas próximas à região de neutralidade, indicando que novos estudos podem ser direcionados visando a melhoria deste parâmetro para alcançar melhor aceitação.

Tabela 11. Aceitação sensorial e intenção de consumo das massas alimentícias sem glúten cozidas E1, E2 e E12 (n=57).

Atributo	Massa E1 (90:10/5/1) *	Massa E2 (80:20/5/1) *	Massa E12 (85:15/10,4/2) *	p-valor****
Aparência **	6,22	5,89	5,88	0,597
Aroma **	6,53	5,91	6,02	0,187
Sabor **	4,83	5,09	4,61	0,495
Textura **	4,25	4,75	3,77	0,098
Impressão Global **	4,97	5,03	4,66	0,568
Intenção de consumo ***	2,93	3,18	2,90	0,409

* Variáveis independentes das massas alimentícias: ($x_1/x_2/x_3$), sendo: x_1 = proporção de FA:FBDB, em %; x_2 =quantidade de PCSH adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB; x_3 =quantidade de CMC adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB.

** Escala não estruturada de 9 cm, onde: < 4,5 = região de não aceitabilidade; 4,5 = região de neutralidade; >4,5 = região de aceitabilidade.

*** Escala estruturada, onde: 2 = provavelmente não consumiria; 3 = talvez não consumiria/talvez consumiria; 4 = provavelmente consumiria.

**** Intervalo de 95% de confiança (teste de Tukey).

As notas médias para impressão global variaram entre 4,66 e 5,03. Quanto à avaliação de intenção de consumo, não houve diferença significativa entre as notas, que variaram entre 2,90 a 3,18 (correspondente a “talvez consumiria, talvez não consumiria” e “possivelmente consumiria”).

Os efeitos das penalidades para coloração da massa conforme a escala do ideal encontram-se descritos na Tabela 12.

O atributo cor penalizou a média de impressão global para as amostras E2 e E12 ($p<0,05$). Para as amostras E2 e E12, a cor ser considerada mais escura que o ideal teve um efeito significativo de redução na média de impressão global, de 2,29 e 1,47, respectivamente, quando comparada às médias de impressão global daqueles que consideraram a cor da amostra como ideal ($p<0,05$).

Tabela 12. Análise de penalidades para atributo aparência em relação à cor ideal de massas alimentícias sem glúten cozidas (n=57).

Massa	Nível	Provedores (%)	Impressão Global	Efeitos na média	Diferença padronizada	p-valor**	Penalidades	Diferença padronizada	p-valor**
E1 (90:10/5/1)*	Mais claro	33,3	4,81	0,48	0,791	0,433	0,641	1,224	0,226
	Ideal	49,1	5,29						
	Mais escuro	17,5	4,36	0,93	N.C.***	N.C.***			
E2 (80:20/5/1)*	Mais claro	5,26	3,27	3,51	N.C.***	N.C.***	2,378	4,306	<0,0001
	Ideal	26,3	6,78						
	Mais escuro	68,4	4,49	2,29	4,151	0,000			
E12 (85:15/10,4/2)*	Mais claro	14,0	4,89	0,78	N.C.***	N.C.***	1,346	2,395	0,020
	Ideal	24,6	5,67						
	Mais escuro	61,4	4,20	1,47	2,640	0,011			

* Variáveis independentes das massas alimentícias: ($x_1/x_2/x_3$), sendo: x_1 = proporção de FA:FBDB, em %; x_2 =quantidade de PCSH adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB; x_3 =quantidade de CMC adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB.

** Intervalo de 95% de confiança (teste de Tukey).

***N.C.: Valores não calculados pela limitação de teste estatístico (resposta provedores inferior a 20%).

Para a massa E1, a maior parcela dos provadores (49,1%) considerou a coloração ideal. Porém, observou-se que não houve diferenças significativas de penalidade para cor nas médias desta massa ($p < 0,05$). Quanto a massa E2, 68,4% dos provadores consideraram a coloração mais escura do que o ideal, penalizando a média de impressão global em 2,29 pontos, enquanto 26,3% dos provadores considerou a coloração ideal.

A massa E12 foi considerada mais escura por 61,4% dos provadores, penalizando a impressão global média em 1,47 pontos, e 24,6% dos provadores consideraram a coloração da massa como ideal, sendo estes efeitos significativos ($p < 0,05$).

A formulação da massa E12 diferenciou-se das massas E1 e E2 pelos seus teores de FBDB e principalmente pela quantidade de PCSH, possuindo 10,5% enquanto as massas E1 e E2 possuíam 5%.

Em trabalhos de massas sem glúten de alto teor proteico, formuladas a partir de farinhas tostadas de soja, grão-de-bico e sorgo, com adição de concentrado proteico de soro de leite e diferentes gomas (xantana, guar e HPMC), foi relatada coloração escura das massas em comparação à formulação controle à base de trigo, atribuída principalmente pela adição de farinha de soja, em níveis de 29,8 a 39,5% e de farinha de grão-de-bico, em 24,7 a 36,3% (SUSANNA; PRABHANSANKAR, 2013).

Porém, a massa E2 foi mais penalizada quanto a coloração acima do ideal do que a massa E12. Este fator pode estar relacionado diretamente à quantidade de FBDB adicionada, que foi de 20% para a massa E2 e 15% para a massa E12. Conforme maior quantidade de FBDB adicionada, mais alaranjada a coloração atribuída às massas. Este fator relaciona-se diretamente ao hábito dos provadores participantes, cuja maioria consome massas convencionais, tendo como parâmetro de qualidade a coloração amarela e translúcida característica das massas de semolina.

O efeito das penalidades na média do atributo impressão global também foi avaliado em relação à consistência, conforme descrito na Tabela 13.

Para a massa E1, 47,4% dos provadores consideraram a textura menos consistente em relação ao ideal e 35,1% avaliaram as massas como mais consistentes do que o esperado. Ambos os efeitos foram significativos ($p < 0,05$), porém a penalidade para menor consistência foi maior, impactando 3,17 pontos na média.

Para a massa E2, 54,4% consideraram a textura mais consistente, enquanto 31,6% consideraram a textura menos consistente, porém sem efeitos significativos à média deste atributo.

Tabela 13. Análise de penalidades para atributo impressão global em relação à consistência de massas alimentícias sem glúten cozidas (n=57).

Massa	Nível	Provadores (%)	Impressão Global	Efeitos na média	Diferença padronizada	p-valor**	Penalidades	Diferença padronizada	p-valor**
E1 (90:10/5/1)*	Menos consistente	47,4	3,96	3,17	5,214	<0,0001			
	Ideal	17,5	7,13				2,624	4,361	<0,0001
	Mais consistente	35,1	5,24	1,89	2,974	0,012			
E2 (80:20/5/1)*	Menos consistente	31,6	4,57	1,69	1,920	0,143			
	Ideal	14,0	6,26				1,436	1,827	0,073
	Mais consistente	54,4	4,97	1,29	1,568	0,268			
E12 (85:15/10,4/2)*	Menos consistente	33,3	3,84	1,98	2,704	0,024			
	Ideal	15,8	5,82				1,385	2,062	0,044
	Mais consistente	50,9	4,83	0,99	1,440	0,328			

* Variáveis independentes das massas alimentícias: ($x_1/x_2/x_3$), sendo: x_1 = proporção de FA:FBDB, em %; x_2 =quantidade de PCSH adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB; x_3 =quantidade de CMC adicionada em g/100 g de mistura FA:FBDB.

**Intervalo de 95% de confiança (teste de *Tukey*).

A massa E12 foi considerada mais consistente para 50,9% dos provadores, porém sem efeito significativo. Para 33,3% dos provadores, a consistência foi considerada menor do que a ideal, penalizando significativamente a média em 1,98 pontos.

As diferenças encontradas podem estar relacionadas aos diferentes hábitos de cozimento e consumo das massas convencionais, e também ao hábito de consumo de massas alimentícias pelos provadores, que em sua maioria nunca provaram massas sem glúten.

Para as massas cozidas, pode-se verificar que o atributo textura penalizou as médias de maneira mais significativa do que a coloração. A textura das massas é um atributo que envolve a sinergia de sensações, tais como a firmeza, mastigabilidade e adesividade. Deste modo, a aplicação de questões de maior profundidade para avaliação sensorial seria interessante, visando conhecer mais sobre a percepção real do provador quanto às massas sem glúten.

4 CONCLUSÃO

Através do DCCR foram selecionadas as massas sem glúten tecnologicamente viáveis E1, E2 e E12. As massas cozidas apresentaram características tecnológicas desejáveis de textura e aumento de massa, com baixas perdas de sólidos. Os teores de β -caroteno variaram entre 3,71 μg e 7,87 μg de β -caroteno/g de massa cozida (base seca), sendo correlacionados ao aumento na quantidade de FBDB adicionada. Na avaliação sensorial, as massas obtiveram notas na região de aceitação. Observou-se que as massas mais amareladas obtiveram melhor aceitação, e a textura foi o atributo que mais penalizou a impressão global das massas alimentícias, pois ainda não há o hábito disseminado de consumo de massas sem glúten.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado concedida à Michele Scarton (Processo 131208/2015-2); ao programa BioFORT, EMBRAPA, pela doação das batatas biofortificadas e a Fazenda Pau d'Alho, pelo plantio e tratos culturais destas; à empresa SL Alimentos, pela doação da farinha de arroz; à empresa HT Nutri pela doação da Proteína Concentrada de Soja Hidrolisada; à empresa CPKelco pela goma CMC sódica; à empresa Danisco, pela doação do emulsificante ésteres de monoglicerídeos destilados.

REFERÊNCIAS

A.A.C.C.I. American Association of Cereal Chemists International. **Approved methods of AACCI**. 11 ed., 2010.

AHMED, M.; AKTER, S.; EUN, J. B. Peeling, drying temperatures and sulphite-treatment affect physicochemical properties and nutritional quality of sweet potato flour. **Food Chemistry**, v. 121, p. 112-118, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.015>>. Acesso em: 05 jul. 2015.

ADDINSOFT. **XLSTAT 2015**. Disponível em <<https://www.xlstat.com/en/>>. Acesso em 10 jun. 2016.

ALVES, R. M. V.; ITO, D.; CARVALHO, J. L. V.; MELO, W. F.; GODOY, R. L. O. Stability of biofortified sweet potato flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 59-71, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012000100007>>. Acesso em: 09 ago. 2015.

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

BARROS-NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Editora da Unicamp, 2ª edição, Campinas, 2001. 401 p.

BASTOS, G. M. SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; PEREIRA, A. L. A.; MORAIS, C. C.; CAMPOS, M. R. H. Physical and sensory quality of gluten-free spaghetti processed from amaranth flour and potato pulp. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 128-136, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815300840>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

BERNI, P.; CHITCHUMROONCHOKCHAI, C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; MOURA, F. F.; FAILLA, M. L. Comparison of content and In vitro bioaccessibility of

provitamin A carotenoids in home cooked and commercially processed Orange Fleshed Sweet Potato (*Ipomea batatas* Lam). **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 70, n. 1, 2015. p. 1-8. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25575485>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

BOHOYO-GIL, D.; VALHONDO, D.; PARRA, J. G.; GONZALEZ-GOMEZ, D. UHPLC as a suitable methodology for the analysis of carotenoids in food matrix. **European Food Research and Technology**, v. 235, n. 6, p. 1055-1061, 2012. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-012-1838-0>>. Acesso em 03 mar. 2016.

BOUASLA, A.; WÓJTOWICZ, A.; ZIDOUNE, M. N. Gluten-free precooked rice pasta enriched with legumes flours: Physical properties, texture, sensory attributes and microstructure. **LWT - Food Science and Technology**, v. 75, p. 569-577, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643816305990>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

FERNANDES, F. R.; AMARO, G. B.; MADEIRA, N. R.; CAVALIERI, S. D.; MELO, W. F. **Biofortificação Batata-doce Beauregard**. Projeto BioFORT, 1ª Edição, Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2014. 30 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1016136/biofortificacao-batata-doce-beauregard>>.

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, p. 147-151, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615006317>>. Acesso em: 24 jul. 2016.

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, p. 43-49, May 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.127>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

GULL, A.; PRASAD, K.; KUMAR, P. Optimization and functionality of millet supplemented pasta. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 35, p. 626-632, 2015. Disponível

em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612015000400626&nrm=iso)

20612015000400626&nrm=iso >. Acesso em: 03 dez. 2016.

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

JANGSHUD, K.; PHIMOLSIRIPOL, Y; HARUTHAITHANASAN, V. Physicochemical Properties of Sweet Potato Flour and Starch as Affected by Blanching and Processing. **Starch**

- **Stärke**, v. 55, n 6, p. 258-264, 2003. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1002/star.200390053>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

JULIANTI, E.; RUSMARILIN, H.; RIDWANSYAH; YUSRAINI, E. Functional and rheological properties of composite flour from sweet potato, maize, soybean and xantan gum.

Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, June, 2015. Disponível

em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X15000211>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

KRISHNAN, J. G.; MENON, R.; PADMAJA, G.; SAJEEV, M. S.; MOORTHY, S. N.

(2012). Evaluation of nutritional and physico-mechanical characteristics of dietary fiber-enriched sweet potato pasta. **European Food Research and Technology**, v. 234, n. 3, p.

467–476, Mar.2012. Disponível em:< <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00217-011-1657-8>>. Acesso em 22 fev. 2017.

KRISHNA-KUMAR, N. S.; YEA, M. K.; CHERYAN, M. Soy Protein Concentrates by Ultrafiltration. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 7, p. 2278-2283, 2003. Disponível

em:<<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05759.x> >. Acesso em: 03 dez. 2016.

KRUGER, E. J.; MATSUO, R. B.; DICK, J. W. **Pasta and noodle technology**. The American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, USA. 1998. 356 p.

LALEG, K.; CASSAN, D.; BARRON, C. PRABHASANKAR, P.; MICARD, V. Structural, Culinary, Nutritional and Anti-Nutritional Properties of High Protein, Gluten Free, 100%

Legume Pasta. **Plos One**, v. 11, n. 9, p. 19, Sept. 2016. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0160721>>. Acesso em: 11 dez. 2016.

LARROSA, V.; LORENZO, G.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. **LWT-Food Science and Technology**, v. 70, p. 96-103, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.039>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

LIMROONGREUNGRAT, K.; HUANG, Y. W. Pasta products made from sweetpotato fortified with soy protein. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, p. 200–206, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643805002240>>. Acesso em: 19 abr. 2015.

LUCISANO, M.; CAPPÀ, C.; FONGARO, L.; MARIOTTI, M. Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the cooking behaviour. **Journal of Cereal Science**, v. 56, n. 3, p. 667-675, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521012001750>>. Acesso em: 04 jan. 2017.

MAIS, A.; BRENNAN, C. S. Characterisation of flour, starch and fibre obtained from sweet potato (kumara) tubers, and their utilisation in biscuit production. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 43, n. 2, p. 373-379, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01652.x>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

MANN, J.; TRUSWELL. **Essentials of Human Nutrition**, 3rd edition. Oxford University Press. 2007. 599 p.

MARTI, A.; PAGANI, M. A. What can play the role of gluten in gluten free pasta? **Trends in Food Science & Technology**, v. 31, n. 1, p. 63-71, May 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.001>>. Acesso em 07 jul. 2015.

MEGAZYME. **Total Dietary Fibre Assay Procedure K-TDFR-100A/K-TDFR-200A 08/16**. Megazyme International Ireland, Wicklow, Ireland. Disponível em: <https://secure.megazyme.com/files/Booklet/K-TDFR_DATA.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 4.ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. 448 p.

MITCHELL, C. R. Rice Starches: Production and Properties. In: BeMILLER, J.; WHISTLER, R. (Ed.). **Starch: Chemistry and Technology**. San Diego: Academic Press, 3th edition, 2009. chap. 13, p.569-578.

MOKRZYCKI, W.; TATOL, M. Color difference Delta E: a survey. **Machine Graphics and Vision**, Warszawa, v. 20, n. 4, p. 383-411, 2011. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/236023905_Color_difference_Delta_E_-_A_survey>. Acesso em: 09 jan. 2017.

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. Disponível em: <<http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/brazilianjournal/free/p03117.pdf>>.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 36-60, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9> >. Acesso em: 10 dez. 2016.

PELLEGRINI, N.; AGOSTONI, C. Nutritional aspects of gluten-free products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 12, p. 2380-2385, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7101> >. Acesso em 25 jun. 2016.

PESTORIĆ, M. V. Development and evaluation of sensory and instrumental methods for assessment textural properties of pasta. **Food & Feed Research**, v. 39, n. 1, p. 51-55, 2012. Disponível em:<http://fins.uns.ac.rs/e-journal/uploads/Magazines/magazine_112/development_and_evaluation_of_sensory_and_instrumental_methods_for_assessment_textural_properties_of_pasta.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2017.

RODRIGUES, M. I., COSTA, P. R. A., Protimiza Experimental Design. 2014. Software. Disponível em: <<http://experimental-design.protimiza.com.br/>>.

RODRIGUES-AMAYA, D.; KIMURA, M. **Harvest Plus Handbook for carotenoid analysis**. Harvest Plus Technical Monograph Series 2, Washington, USA, 2004. 58 p.

ROSA-SIBAKOV, N.; HEINIÖ, RL, CASSAN, D.; HOLOPAINEN-MANTILLA, 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. **Lwt-Food Science and Technology**, v. 67, p. 27-36, Apr. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.032>>. Acesso em: 11 dez. 2016.

SHIH, F. F.; TRUONG, V. D.; DAIGLE, K. W. Physicochemical properties of gluten-free pancakes from rice and sweet potato flours. **Journal of Food Quality**, v. 29, n. 1, p. 97-107, 2006. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4557.2005.00059.x> >. Acesso em: 12 set. 2016.

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. **Lwt-Food Science and Technology**, v. 68, p. 698-706, May 2016. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.067> > .

SOZER, N. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 849-855, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.03.016>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

SUSANNA, S.; PRABHASANKAR, P. A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 613-621, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643812003246> >. Acesso em: 28 ago. 2015.

TANUMIHARDJO, S. A. Biofortification of staple crops: an emerging strategy to combat hidden hunger. Symposium on "Food Technology for Better Nutrition". Comprehensive

Reviews in food science and food safety, v. 7, 2008. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00049.x>>. Acesso em 04 abr. 2015.

WASZCZYNSKYJ, N.; RAO, C. S.; SILVA, R.S.F. Extraction of proteins from wheat bran: application of carbohydrases. **Cereal Chemistry**, v. 58, n.4, p.264-268, 1981. Disponível em: <http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1981/Documents/chem58_264.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2016.

DISCUSSÃO GERAL

A partir da revisão bibliográfica (Artigo 1), foi possível verificar as tendências quanto aos estudos em ingredientes, e que muitos estudos têm obtido massas alimentícias com melhores características tecnológicas e de saudabilidade, a partir da aplicação de fontes proteicas, de fibras e de amido resistente. Este trabalho contribuiu ao propor as principais diretrizes para inovação na seleção de ingredientes para massas sem glúten, conforme as tendências identificadas, visando contribuir para a saudabilidade destes produtos.

Foi apresentada como proposta o desenvolvimento de massas com melhores características tecnológicas e nutricionais, formuladas à base de farinha de arroz (FA), farinha de batata-doce biofortificada (FBDB), proteína concentrada de soja hidrolisada (PCSH), goma carboximetilcelulose sódica (CMC) e emulsificante monoglicerídeos destilados (MGD). Foi realizada a avaliação morfológica dos grânulos de amido de batata-doce biofortificada, onde foram observados grânulos com característica unimodal, com diâmetro estimado entre $25,10 \pm 4,92$ e $33,22 \pm 7,5$ μm . Conforme consultado em literatura, eles diferenciam-se dos grânulos de arroz em relação ao tamanho, que apresenta entre 1 e 3 μm de diâmetro conforme a literatura consultada (ABDEL-AAL, 2009). Foi observado pela análise das imagens de microscopia dos grânulos obtidas por MEV, disponíveis na Figura 2 (Artigo 2), a presença de rachaduras na camada superficial dos grânulos, sendo proposta a adaptação da metodologia de extração do amido, visando a preservação da estrutura do grânulo.

A avaliação de IAA das pré-misturas (Tabela 5, Artigo 2) indicou que as características de absorção de água das pré-misturas não diferiram significativamente ($p > 0,10$), e obteve-se modelo significativo ($p > 0,10$) para o parâmetro IAA, que foi influenciado principalmente pela variação da proporção FA:FBDB, e também pela CMC, como foi observado nas superfícies de respostas da Figura 3, itens “a”, “b” e “c” (Artigo 2).

As propriedades de pasta dos ingredientes FA e da FBDB, foram avaliadas, indicando diferenças entre o comportamento de pasta e entre as farinhas, conforme foi observado na Figuras 4 (Artigo 2). Verificou-se também que o branqueamento das batatas para preparo da farinha promoveu a pré-gelatinização de uma parcela do amido presente, como foi observado na Figura 5 (Artigo 2), pela formação de pequeno pico de gelatinização à frio (25°C), imediatamente após a hidratação.

Conforme observado na Figura 6 (Artigo 2), foi possível a obtenção de massas a partir de todas as formulações. A distância entre passos não foi avaliada estatisticamente, pela presença de defeitos graves para as massas E8 (composição 80:20, proporção de FA:FBDB; 9

g de PCSH/100 g de mistura FA:FBDB; 3 g de CMC/100 g de mistura FA:FBDB) e E14 (composição 15:85 FA:FBDB; 7 g de PCSH/100 g de mistura FA:FBDB; 3,7 g de CMC/100 g de mistura FA:FBDB). Observou-se que tal ocorrência estava relacionada à quantidades acima de 3 g/100 g de CMC, pois as massas que apresentaram este teor de goma apresentaram algum grau de defeito no formato.

Verificando as propriedades de pasta, pode se observar que as etapas de produção das massas e do preparo, da pré-mistura até a formatação da massa e seu cozimento, ocasionaram modificações nestas propriedades, como pode ser avaliado pelas Tabelas 9, 10 e 11 do Artigo 2.

Este trabalho contribuiu ao apresentar metodologias de seleção das características tecnológicas das massas a partir da observação visual, da mensuração do tamanho e diâmetro das unidades de massa e da classificação quanto à presença de defeitos, quebras e características do parafuso, conforme os parâmetros fixados na Figura 1 e na Tabela 2 (Artigo 2). Classificações semelhantes não foram encontradas na literatura sobre massas sem glúten, principalmente para massas curtas. Deste modo, esta metodologia poderá contribuir significativamente para o avanço na pesquisa e para fixação de padrões de identidade e qualidade de massas sem glúten. Além desta contribuição, este estudou mostrou a possibilidade de obtenção de massas secas com as melhores características tecnológicas a partir de todas as variações estudadas para a proporção de FA e FBDB adicionadas, variando-se as quantidades de PCSH e de CMC, e com a adição fixa de MGD.

A partir dos critérios tecnológicos, foram selecionadas três massas, com as melhores características, que apresentaram ausência de quebras, ausência de defeitos, formação de parafuso intermediária e mantiveram a estrutura após cozimento. Foram selecionadas as massas E1 (proporção FA:FBDB 90:10; quantidade PCSH 5 g/100 g de mistura FA:FBDB; quantidade de CMC de 1 g/100 g de mistura FA:FBDB), E2 (proporção FA:FBDB 80:20; quantidade de PCSH de 5 g/100 g de mistura FA:FBDB; quantidade de CMC de 1 g/100 g de mistura FA:FBDB) e E12 (proporção FA:FBDB 85:15; quantidade de PCSH de 10,4 g/100 g de mistura FA:FBDB; quantidade de CMC de 2 g/100 g de mistura FA:FBDB).

No Artigo 3, as massas foram avaliadas quanto à suas características de cozimento, sua coloração e quanto às diferenças de cor entre a massa crua e cozida. As três massas selecionadas foram avaliadas nutricionalmente, quanto à sua composição centesimal, quanto à seu teor funcional em β -caroteno e quanto à aceitação sensorial.

Na massa seca, obteve-se modelo significativo ($p < 0,10$) somente para o parâmetro cor b^* , indicando que a modificação nas concentrações estudadas para as variáveis independentes não alterou significativamente os parâmetros L e a^* . O parâmetro cor b^* foi influenciado principalmente pelo aumento da quantidade de FBDB adicionada e redução proporcional da quantidade de FA. Na massa cozida, somente o parâmetro a^* foi considerado significativo, e o aumento da quantidade de FBDB adicionada e redução proporcional da quantidade de FA foi significativa para o modelo proposto, aumentando os valores de a^* , conforme observado na superfície de resposta da Figura 5, item “a” (Artigo 3). As massas alimentícias apresentaram valores de diferenças de cor (ΔE) muito perceptíveis, o que pode ter sido atribuído à modificações químicas sofridas pelo β -caroteno, visto que a FBDB teve principal influência para os parâmetros de cor. Deste modo, este é um ingrediente que pode contribuir tecnologicamente para as massas alimentícias sem glúten, como agentes colorantes, fornecendo cor entre amarelo e laranja.

A avaliação funcional permitiu verificar o potencial das massas como produtos enriquecidos, fornecendo compostos benéficos à saúde, importante ao público consumidor de massas alimentícias sem glúten. O estudo indicou maior teor de provitamina A na formulação E2, que possuía proporção de 80% de FA, 20% de FBDB, 5% de PCSH e 1% de CMC, e observou-se que a quantidade de β -caroteno aumentou conforme maior adição de FBDB. No entanto, este estudo limitou-se à quantificação de β -caroteno nas massas cozidas, sendo necessária para melhor avaliação quanto à retenção destes composto que fossem avaliadas também as massas cruas.

A avaliação sensorial das massas selecionadas contribuiu para melhor entendimento quanto à impressão do consumidor, e pela aplicação de análise de penalidades para os atributos de cor, para as massas cruas, e de cor e consistência, para as massas cozidas. Esta avaliação representou um diferencial à literatura de massas sem glúten, pois testes semelhantes não foram encontrados. Foi predominante a participação de consumidores que não possuíam como hábito o consumo de massas alimentícias sem glúten. Portanto, seria proposta interessante à estudos futuros a avaliação das massas alimentícias selecionadas pelos indivíduos celíacos consumidores. As massas mais amareladas obtiveram melhor aceitação e a textura foi o atributo que mais penalizou a impressão global das massas alimentícias, que pode ser pelo hábito não disseminado de consumo de massas sem glúten.

CONCLUSÃO GERAL

Observou-se no Artigo 1 que a aplicação de cereais como principal base para massas sem glúten ainda é predominante, mas com tendências à utilização de farinhas mais nutritivas, derivadas de leguminosas, de pseudocereais, produtos regionais, resíduos de processamento. Observou-se grande aplicação de compostos ricos em fibras e em proteínas, a preferência por aditivos de fontes naturais. Recomendaram-se diretrizes para a escolha de ingredientes em massas alimentícias sem glúten visando melhores efeitos tecnológicos e para a saudabilidade.

Nos Artigos 2 e 3, foi possível a obtenção de massas a partir de diferentes concentrações de FBDB, indicando o potencial deste produto como ingrediente das massas, principalmente para as características de coloração. Foram obtidos efeitos significativos e superfícies de resposta para tamanho da unidade da massa crua, observando entre os ingredientes utilizados para os atributos de diâmetro e tamanho das massas cruas, e para parâmetros de cor das massas cruas e cozidas. A colorimetria das massas indicou diferenças muito significativas entre as massas cruas e cozidas, principalmente relacionadas aos teores de FBDB. Entre as massas selecionadas, a massa E2 apresentou os maiores teores de compostos β -caroteno após o cozimento. As massas cruas e cozidas apresentaram boa aceitação sensorial.

Deste modo, foi possível a aplicação da FBDB em massas alimentícias, conjuntamente com FA, PCSH e CMC, nas concentrações avaliadas, com contribuição para as características tecnológicas, funcionais e sensoriais destas.

REFERÊNCIAS

A.A.C.C.I. American Association of Cereal Chemists International. **Approved methods of AACCI**. 11 ed., 2010.

ABDEL-AAL, E.-S. M. Functionality of Starches and Hydrocolloids in Gluten-Free Foods. In: GALLAGHER, E. (Ed.). **Gluten-Free Food Science and Technology**. Wiley-Blackwell, 2009. chap. 11, p. 200-224. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1002/9781444316209.ch11>>. Acesso em: 25 out. 2016.

ADDINSOFT. **XLSTAT 2015**. Disponível em <<https://www.xlstat.com/en/>>. Acesso em 10 jun. 2016.

AHMED, M.; AKTER, S.; EUN, J. B. Peeling, drying temperatures and sulphite-treatment affect physicochemical properties and nutritional quality of sweet potato flour. **Food Chemistry**, v. 121, p. 112-118, 2010. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.015>>. Acesso em: 05 jul. 2015.

ALVES, R. M. V.; ITO, D.; CARVALHO, J. L. V.; MELO, W. F.; GODOY, R. L. O. Stability of biofortified sweet potato flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 59-71, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012000100007>>. Acesso em: 09 ago. 2015.

ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN JUNIOR, E.L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, Minneapolis, v.14, n.1, 1969. p.44 -11.

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 18. ed. Maryland: AOAC, 2005.

ATWELL, W. A. Viscosity of flour and starch in high water systems. In: FARIDI, H.; FAUBION, J. M. (Ed.) **Fundamentals of dough rheology**. The American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, 1986. 180 p.

BARROS-NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos:** pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Editora da Unicamp, 2ª edição, Campinas, 2001. 401 p.

BASTOS, G. M.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; PEREIRA, A. L. A.; MORAIS, C. C.; CAMPOS, M. R. H. Physical and sensory quality of gluten-free spaghetti processed from amaranth flour and potato pulp. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 128-136, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815300840>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BERNI, P.; CHITCHUMROONCHOKCHAI, C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; MOURA, F. F.; FAILLA, M. L. Comparison of content and In vitro bioaccessibility of provitamin A carotenoids in home cooked and commercially processed Orange Fleshed Sweet Potato (*Ipomea batatas* Lam). **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 70, n. 1, 2015. p. 1-8. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25575485>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

BOHOYO-GIL, D.; VALHONDO, D.; PARRA, J. G.; GONZALEZ-GOMEZ, D. UHPLC as a suitable methodology for the analysis of carotenoids in food matrix. **European Food Research and Technology**, v. 235, n. 6, p. 1055-1061, 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-012-1838-0>>. Acesso em 03 mar. 2016.

BOUASLA, A.; WÓJTOWICZ, A.; ZIDOUNE, M. N. Gluten-free precooked rice pasta enriched with legumes flours: Physical properties, texture, sensory attributes and microstructure. **LWT - Food Science and Technology**, v. 75, p. 569-577, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643816305990>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BROCKWAY, B. E. Pasta. In: DENDY, D. A. V.; DOBRASZCZYK, B. J. (Ed.). **Cereals and cereal products : chemistry and technology**. Gaithersburg, Md.: Aspen Publishers, 2001. p. 311-321.

CABRERA-CHÁVEZ, F.; DE LA BARCA A. M. C.; ISLAS-RUBIO, A. R.; MARTI, A.; MARENGO, M.; PAGANI, M. A.; BONOMI, F.; IAMETTI, S. Molecular rearrangements in extrusion processes for the production of amaranth-enriched, gluten-free rice pasta. **LWT Food Science and Technology**, v.47, p. 421-426, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.040>>. Acesso em: 24 jul. 2016.

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. L. R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002. Disponível em: <<http://www.editora.ufla.br/index.php/component/phocadownload/category/49-volume-26-numero-5?download=873:vol26numero5>>. Acesso em 05 jan. 2017.

CHANG, Y.C.; FLORES, H. E. M. Qualidade tecnológica de massas alimentícias frescas elaborados de semolina e trigo durum (*T. durum* L.) e farinha de trigo (*T. aestivum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.487-94, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v24n4/a02v24n4.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2017.

CLERICI, M. T. P. S. Physical and/or Chemical Modifications of Starch by Thermoplastic Extrusion. In: EL-SONBATI (Ed.). **Thermoplastic Elastomers**. InTech, 2012. p. 39-56. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/thermoplastic-elastomers/physical-and-or-chemical-modifications-of-starch-by-thermoplastic-extrusion>>. Acesso em: 27 jan. 2017.

ELIASSEN, A.C. **Starch in food: Structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, 2004. 605p.

FERNANDES, F. R.; AMARO, G. B.; MADEIRA, N. R.; CAVALIERI, S. D.; MELO, W. F. **Biofortificação Batata-doce Beauregard**. Projeto BioFORT, 1ª Edição, Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2014. 30 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1016136/biofortificacao-batata-doce-beauregard>>.

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, p. 147-151, 2016. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615006317>>. Acesso em: 24 jul. 2016.

FIORDA, F. A.; SOARES JUNIOR, M. S.; SILVA, F. A.; SOUTO, L. R. F.; GROSSMANN, M. V. E. Amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse in the production of gluten-free pasta: technological and sensory aspects. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 9, p. 1977-1984, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12179>>. Acesso em: 28 jul. 2016.

FLORES-SILVA, P. C.; BERRIOS, J. J.; PAN, J.; AGAMA-ACEVEDO, E.; MONSALVE-GONZALES, A.; BELLO-PÉREZ, L. A. Gluten-free spaghetti with unripe plantain, chickpea and maize: physicochemical, texture and sensory properties. **Cyta - Journal of Food**, v. 13, n. 2, p. 159-166, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2014.929178>>. Acesso em: 24 jul. 2016.

FOSCHIA, M.; BERALDO, P.; PERESSINI, D. Evaluation of the physicochemical properties of gluten-free pasta enriched with resistant starch. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 2, p. 572-577, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7766>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

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, p. 43-49, May 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.127>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

GOÑI, I.; GARCIA-ALONSO, A.; SAURA-CALIXTO, F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research**, v. 17, p. 427-437, Mar. 1997. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317\(97\)00010-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317(97)00010-9)>. Acesso em: 30 jan. 2017.

GULL, A.; PRASAD, K.; KUMAR, P. Optimization and functionality of millet supplemented pasta. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 35, p. 626-632, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612015000400626&nrm=iso>. Acesso em: 03 dez. 2016.

HELLER, L. Commercial Aspects of Gluten-Free Products. I In: GALLAGHER, E. (Ed.). **Gluten-Free Food Science and Technology**: Wiley-Blackwell, 2009. chap. 7, p.200-224. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781444316209.ch7/summary>>. Acesso em 02 fev. 2017.

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

JANGSHUD, K.; PHIMOLSIRIPOL, Y; HARUTHAITHANASAN, V. Physicochemical Properties of Sweet Potato Flour and Starch as Affected by Blanching and Processing. **Starch - Stärke**, v. 55, n 6, p. 258-264, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/star.200390053>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

JOHNSTON, K. W. Pasta Drying. In: KILL, R. C.; TURNBULL, K. (Ed.). **Pasta and Semolina Technology**. Blackwell Science, 2001. p. 158-173.

JUHÁSZ, A.; BÉKÉS, F.; WRIGLEY, C.W. Wheat Proteins. In: USTUNOL, Z. (Ed.) **Applied Food Protein Chemistry**. Chichester, UK. John Wiley & Sons, Ltd., 2015. chap. 11, p.219-303. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/9781118860588.ch11>>. Acesso em 22 jan. 2017.

JULIANTI, E.; RUSMARILIN, H.; RIDWANSYAH; YUSRINI, E. Functional and rheological properties of composite flour from sweet potato, maize, soybean and xantan gum. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, June, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X15000211>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

KILL, R.; TURNBULL, K. **Pasta and Semolina Technology**. Blackwell Science, USA, 2001. 242 p.

KRISHNAN, J. G.; MENON, R.; PADMAJA, G.; SAJEEV, M. S.; MOORTHY, S. N. (2012). Evaluation of nutritional and physico-mechanical characteristics of dietary fiber-enriched sweet potato pasta. **European Food Research and Technology**, v. 234, n. 3, p.

467–476, Mar.2012. Disponível em:< <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00217-011-1657-8>>. Acesso em 22 fev. 2017.

KRISHNA-KUMAR, N. S.; YEA, M. K.; CHERYAN, M. Soy Protein Concentrates by Ultrafiltration. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 7, p. 2278-2283, 2003. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05759.x> >. Acesso em: 03 dez. 2016.

KRUGER, E. J.; MATSUO, R. B.; DICK, J. W. AACCI, Minnesota, USA. **Pasta and noodle technology**. 1998. 356 p.

LAI, H.M. Effects of rice properties and emulsifiers on the quality of rice pasta. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.82, p. 203-216, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.1019>>. Acesso em: 02 out. 2016.

LALEG, K.; CASSAN, D.; BARRON, C. PRABHASANKAR, P.; MICARD, V. Structural, Culinary, Nutritional and Anti-Nutritional Properties of High Protein, Gluten Free, 100% Legume Pasta. **Plos One**, v. 11, n. 9, p. 1-19, Sept. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0160721>>. Acesso em: 11 dez. 2016.

LAMACCHIA, C.; CAMARCA, A.; PICASCIA, S.; DI LUCCIA, A.; GIANFRANI, C. Cereal-Based Gluten-Free Food: How to Reconcile Nutritional and Technological Properties of Wheat Proteins with Safety for Celiac Disease Patients. **Nutrients**, v. 6, n. 2, p. 575-590, 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3942718/>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

LAZARIDOU, A.; BILIADERIS, C. G. Gluten-Free Doughs: Rheological Properties, Testing Procedures: Methods and Potential Problems. In: GALLAGHER, E. (Ed.). **Gluten-Free Food Science and Technology**: Wiley-Blackwell, 2009. chap. 5, p. 52-82. Disponível em:<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781444316209.ch5/pdf>>. Acesso em: 08 set. 2016.

LEE, A.; NEWMAN, J. Celiac diet: Its impact on quality of life. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 103, n. 11, p. 1533-1535, Nov. 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jada.2003.08.027>>. Acesso em: 03 jun. 2015.

LIMROONGREUNGRAT, K.; HUANG, Y. W. Pasta products made from sweetpotato fortified with soy protein. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, p. 200–206, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643805002240>>. Acesso em: 19 abr. 2015.

LUCISANO, M.; CAPPA, C.; FONGARO, L.; MARIOTTI, M. Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the cooking behaviour. **Journal of Cereal Science**, v. 56, n. 3, p. 667-675, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521012001750>>. Acesso em: 04 jan. 2017.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; LEITE, T. D.; FRANCO, C. M. L.; MISCHAN, M. M. Produção de farinha instantânea de mandioca: efeito das condições de extrusão sobre as propriedades térmicas e de pasta. **Acta Scientiarum Technology**, v.31, n.2 v.2, p. 231-238, 2009. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/892/892>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

MAIS, A.; BRENNAN, C. S. Characterisation of flour, starch and fibre obtained from sweet potato (kumara) tubers, and their utilisation in biscuit production. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 43, n. 2, p. 373-379, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01652.x>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

MANN, J.; TRUSWELL. **Essentials of Human Nutrition**, 3rd edition. Oxford University Press. 2007. 599 p.

MARENGO, M.; BONOMI, F.; MARTI, A.; PAGANI, M. A.; ELKHALIFA, A. E. O.; IAMETTI, S. Molecular features of fermented and sprouted sorghum flours relate to their suitability as components of enriched gluten-free pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 511-518, Sept. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.070>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

MARTI, A.; PAGANI, M. A. What can play the role of gluten in gluten free pasta? **Trends in Food Science & Technology**, v. 31, n. 1, p. 63-71, May 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.001>>. Acesso em 07 jul. 2015.

MARTI, A.; BARBIROLI, A.; MARENGO, M.; FONGARO, L.; IAMETTI, S.; PAGANI, M. A. Structuring and texturing gluten-free pasta: egg albumen or whey proteins? **European Food Research and Technology**, v. 238, n. 2, p. 217-224, Feb. 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00217-013-2097-4>>. Acesso em 15 jul. 2016.

MEGAZYME. **Total Dietary Fibre Assay Procedure K-TDFR-100A/K-TDFR-200A 08/16**. Megazyme International Ireland, Wicklow, Ireland. Disponível em: <https://secure.megazyme.com/files/Booklet/K-TDFR_DATA.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 4.ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. 448 p.

MIRHOSSEINI, H.; RASHID, N. F. A.; AMID, B. T.; CHEONG, K. W.; KAZEMI, M; ZULKURNAIN, M. 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. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 184-190, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815002315>>. Acesso em 07 ago. 2016.

MITCHELL, C. R. Rice Starches: Production and Properties. In: BeMILLER, J.; WHISTLER, R. (Ed.). **Starch: Chemistry and Technology**. San Diego: Academic Press, 3th edition, 2009. chap. 13, p.569-578.

MOKRZYCKI, W.; TATOL, M. Color difference Delta E: a survey. *Machine Graphics and Vision*, Warszawa, v. 20, n. 4, p. 383-411, 2011. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/236023905_Color_difference_Delta_E_-_A_survey>. Acesso em: 09 jan. 2017.

MOREIRA, A. V. B. **Doença celíaca e sensibilidade ao glúten: o que sabemos sobre isso?**

Associação dos Celíacos do Brasil, Rio Grande do Sul, FENACELBRA, RS, Junho 2013.

Disponível em: <http://www.fenacelbra.com.br/ancelbra_rs/doenca-celiaca-e-sensibilidade-ao-gluten-o-que-sabemos-sobre-isso/>. Acesso em: 02 fev. 2017.

MOURA, C. M. A.; SOARES JUNIOR, M. S.; FIORDA, F. A.; CALIARI, M.; VERA, R.; GROSSMANN, M. V. E. Cooking and texture properties of gluten-free fettuccine processed from defatted flaxseed flour and rice flour. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 51, n. 6, p. 1495-1501, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13097>>. Acesso em: 10 out. 2016.

NEWPORT SCIENTIFIC. Instruction manual for the series 4 rapid visco analyzer. Australia: Newport Scientific Pty, 2001. p. 1-45. Disponível em: <http://www.perten.com/Global/Brochures/RVA/RVA%20Method%20Brochure_20151110.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2017.

NIEWINSKI, M. M. Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 108, n. 4, p. 661-672, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002822308000126>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

O'SHEA, N.; ARENDT, E.; GALLAGHER, E. State of the Art in Gluten-Free Research. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 6, p. R1067-R1076, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.12479>>. Acesso em: 19 jul. 2015.

ORMENESE, R. C. S. C.; CHANG, Y. K. Massas alimentícias de arroz: uma revisão. Boletim do CEPPA, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 175-190, 2002. Disponível em: <revistas.ufpr.br/alimentos/article/download/1246/1046>. Acesso em: 12 dez. 2016.

PADALINO, L.; MASTROMATTEO, M.; DE VITA, P.; FICCO, D. B. M.; DEL NOBILE, M. A. Effects of hydrocolloids on chemical properties and cooking quality of gluten-free spaghetti. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 5, p. 972-983, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12049>>. Acesso em 07 ago. 2016.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 36-60, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9> >. Acesso em: 10 dez. 2016.

PELLEGRINI, N.; AGOSTONI, C. Nutritional aspects of gluten-free products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 12, p. 2380-2385, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7101> >. Acesso em 25 jun. 2016.

PERONI, F. H. G.; ROCHA, T. S.; FRANCO, C. M. L. Some Structural and Physicochemical Characteristics of Tuber and Root Starches. **Food Science and Technology International**, v. 12, n. 6, p. 505–513, 2006. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1082013206073045>>. Acesso em: 24 jan. 2016.

PESTORIĆ, M. V. Development and evaluation of sensory and instrumental methods for assessment textural properties of pasta. **Food & Feed Research**, v. 39, n. 1, p. 51-55, 2012. Disponível em: <http://fins.uns.ac.rs/e-journal/uploads/Magazines/magazine_112/development_and_evaluation_of_sensory_and_instrumental_methods_for_assessment_textural_properties_of_pasta.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2017.

RADOI, P. B.; ALEXA, E.; RADULOV, I.; MORVAY, A.; SORINA, C.; MIHAI, S.; TRASCA, TI. Total Phenolic, Cinnamic Acids and Selected Microelements in Gluten Free Pasta Fortified with Banana. **Revista de Chimie**. v. 66 n. 8, 2015. Disponível em: <<http://www.revistadechimie.ro/pdf/RADOI%20P.pdf%208%2015.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

RAIGOND, P.; EZEKIEL, R.; RAIGOND, B. Resistant starch in food: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 1968–1978, 2015. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.6966/epdf> >. Acesso em 25 jun. 2016.

RODRIGUES, M. I., COSTA, P. R. A., Protimiza Experimental Design. 2014. Software. Disponível em: <<http://experimental-design.protimiza.com.br/>>.

RODRIGUES-AMAYA, D.; KIMURA, M. **Harvest Plus Handbook for carotenoid analysis**. Harvest Plus Technical Monograph Series 2, Washington, USA, 2004. 58 p.

ROSA-SIBAKOV, N.; HEINIÖ, R. L.; CASSAN, D.; HOLOPAINEN-MANTILLA, 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. **Lwt-Food Science and Technology**, v. 67, p. 27-36, Apr. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.032>>. Acesso em: 11 dez. 2016.

ROSS, A. S.; WROLSTAD, R. E. Starch in Foods. In: ROSS, A. S.; WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Food Carbohydrate Chemistry**. John Wiley & Sons Inc., 2012. chap. 7, p.107-133. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/9781118688496.ch7>>. Acesso em: 03 jan. 2017.

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. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 678-684, Dec. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.046>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

SARAWONG, C.; GUTIÉRREZ, Z. C. R.; BERGHOFER, E.; SCHOENLECHNER, R. Gluten-free pasta: effect of green plantain flour addition and influence of starch modification on the functional properties and resistant starch content. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 12, p. 2650-2658, Dec. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12599>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A.; MIRANDA, M. Z.; LIMBERGER, V. M. Trigo: Características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n. 2, p. 2011-222, 2011. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev132/Art13211.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; ISHIDA, P. M. G.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Massa alimentícia sem glúten com elevado teor proteico obtida por processo convencional. **Ciência**

Rural, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 908-914, maio 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000500026>>. Acesso em: 07 jan. 2017.

SENANAYAKE, S. A.; RANAWEERA, K. K. D. S.; GUNARATNE, A.; BAMUNUARACHCHI, A. Comparative analysis of nutritional quality of five different cultivars of sweet potatoes (*Ipomea batatas* (L) Lam) in Sri Lanka. **Food Science & Nutrition**, v. 1, n. 4, p. 284-291, 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3951594/>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

SHIH, F. F.; TRUONG, V. D.; DAIGLE, K. W. Physicochemical properties of gluten-free pancakes from rice and sweet potato flours. **Journal of Food Quality**, v. 29, n. 1, p. 97-107, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4557.2005.00059.x>>. Acesso em: 12 set. 2016.

SICIGNANO, A.; DI MONACO, R.; MASI, P.; CAVELLA, S. From raw material to dish: pasta quality step by step. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 13, p. 2579-2587, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7176>>. Acesso em: 07 out. 2015.

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. **Lwt-Food Science and Technology**, v. 68, p. 698-706, May 2016. ISSN 0023-6438. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.067>>.

SLAVIN, J. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. **Nutrients**, v. 5, n. 4, p. 1417-1435, 2013. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-6643/5/4/1417>>. Acesso em: 22 jan. 2017.

SOZER, N. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 849-855, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.03.016>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

SUN, X. D. Enzymatic hydrolysis of soy proteins and the hydrolysates utilisation.

International Journal of Food Science and Technology, v. 46, p. 2447-2459, Dec. 2011.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02785.x>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

SUSANNA, S.; PRABHASANKAR, P. A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 613-621, 2013. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643812003246> >. Acesso em: 28 ago. 2015.

TANUMIHARDJO, S. A. Biofortification of staple crops: an emerging strategy to combat hidden hunger. Symposium on "Food Technology for Better Nutrition". Comprehensive Reviews in food science and food safety, v. 7, 2008. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00049.x>>. Acesso em 04 abr. 2015.

VACLAVIK, V. A.; CHRISTIAN, E. W (Ed.). **Essentials of Food Science**. New York, NY: Springer New York, 2008. p.35-47. Disponível em:

< http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-69940-0_3>. Acesso em: 20 dez. 2016.

VIJAYKRISHNARAJ, M.; KUMAR, S. B.; PRABHASANKAR, P. Green mussel (*Perna canaliculus*) as a marine ingredient to enrich gluten free pasta: product quality, microstructure and biofunctional evaluation. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 9, n. 1, p. 76-85, Mar. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11694-014-9212-5>>.

Acesso em: 05 dez. 2016.

WALTER, W. M.; TRUONG, V. D.; WIESENBERN, D. P.; CARVAJAL, P. Rheological and Physicochemical Properties of Starches from Moist and Dry-Type Sweetpotatoes.

Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 48, n. 7, p. 2937-2942, 2000. Disponível

em: < <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf990963l>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

WASZCZYNSKYJ, N.; RAO, C. S.; SILVA, R.S.F. Extraction of proteins from wheat bran: application of carbohydrases. **Cereal Chemistry**, v. 58, n.4, p.264-268, 1981. Disponível em: <http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1981/Documents/chem58_264.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2016.

XUE, J.; NGADI, M. Rheological properties of batter systems containing different combinations of flours and hydrocolloids. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 7, p. 1292-1300, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2845>>. Acesso em 19 nov. 2016.

**COMITÊ DE ÉTICA EM
PESQUISA DA UNICAMP -
CAMPUS CAMPINAS****PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Desenvolvimento e avaliação tecnológica, físico-química e sensorial de massa alimentícia sem glúten a base de farinha de arroz e farinha integral de batata-doce biofortificada (Ipomoea batatas `Beauregard`).

Pesquisador: MICHELE SCARTON

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 58561716.4.0000.5404

Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia de Alimentos

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.714.074

Apresentação do Projeto:

Visando obter massas alimentícias sem glúten com melhor qualidade tecnológica e nutricional, apresenta-se como alternativa a adição de farinha integral de batata doce biofortificada, obtida a partir de batatas-doces da variedade Beauregard. A utilização de farinha de batata-doce biofortificada poderá contribuir para melhoria das características tecnológicas e sensoriais das massas alimentícias sem glúten, que naturalmente exigem complementação com aditivos de cor, sabor e agentes de textura. Conforme as características de textura, cor, perda de sólidos por cozimento e absorção de água pela massa, serão selecionadas as quatro melhores formulações para serem submetidas à avaliação sensorial. Para avaliação das características sensoriais das massas (sabor, aroma, aparência, textura e impressão global), será aplicada análise sensorial para 120 provadores não treinados, através de teste afetivo utilizando escala hedônica não-estruturada de 09 pontos. Também será aplicada uma questão quanto a intenção de compra das amostras avaliadas, com escala estruturada de 5 pontos. Deste modo, visa-se a identificação das formulações de massa alimentícia sem glúten de melhor aceitação sensorial.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Selecionar sensorialmente a melhor formulação de massa alimentícia sem glúten a base de farinha

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.714.074

integral de batata-doce biofortificada (l. batatas 'Beauregard'), farinha de arroz, proteína concentrada de soja hidrolisada, carboximetilcelulose sódica e mono e diglicerídeos de ácidos graxos.

Objetivo Secundário:

- Produzir formulações de massas alimentícias sem glúten a base de farinha integral de batata-doce biofortificada (l. batatas 'Beauregard'), farinha de arroz, proteína concentrada de soja hidrolisada, carboximetilcelulose sódica e mono e diglicerídeos de ácidos graxos, conforme delineamento experimental proposto;
- Avaliar tecnologicamente as massas alimentícias produzidas;
- Selecionar 4 formulações de massas alimentícias sem glúten de melhores características tecnológicas;
- Avaliar sensorialmente as massas alimentícias selecionadas através de análise sensorial, aplicando-se teste afetivo de aceitação; • Estimar a intenção de compra quanto as amostras avaliadas sensorialmente pelos provadores;
- Verificar entre os provadores qual a formulação de maior preferência;

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

De acordo com os pesquisasse, caso o voluntário não apresente nenhuma dos critérios de exclusão, os procedimentos não oferecem desconfortos ou riscos previsíveis à integridade moral, física, mental e/ou efeitos colaterais aos voluntários.

Benefícios:

O projeto de pesquisa não prevê benefícios diretos ao provador. Os benefícios indiretos da participação nesta análise serão a contribuição ao estudo de massas alimentícias sem glúten e a colaboração para a avaliação da aceitação deste produto, de modo a oferecer subsídios para avaliar a aceitabilidade do produto pelos consumidores.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Este protocolo se refere ao Projeto de Mestrado intitulado " Desenvolvimento e avaliação tecnológica, físico-química e sensorial de massa alimentícia sem glúten a base de farinha de arroz e farinha integral de batata-doce biofortificada (Ipomoea batatas 'Beauregard')", que será realizado pela aula Michele Scarton com a orientação da pesquisadora Profa. Dra. Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici. A pesquisa foi enquadrada na Área Temática Ciências Agrárias e embasará a Dissertação de Mestrado da pesquisadora. A Instituição Proponente é a Faculdade de Engenharia de Alimentos. Segundo as Informações Básicas do Projeto, a pesquisa tem orçamento estimado em R\$ 150,00

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.714.074

(Cento e cinquenta reais) e o cronograma apresentado contempla início do estudo para setembro de 2016, com término em março de 2017. Serão abordados ao todo 120 indivíduos. Os dados para a pesquisa serão obtidos através das fichas impressas, preenchidas pelos voluntários. Os dados serão comparados através de análise estatística. O desfecho esperado deste projeto é contribuir para o desenvolvimento de massas alimentícias sem glúten mais nutritivas e atrativas. Espera-se também contribuir para ampliar o plantio e consumo de batata-doce biofortificada, a partir da inclusão da farinha integral de batata-doce biofortificada em massas alimentícias sem glúten.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados: 1) projeto de pesquisa (PROJETO_DE_PESQUISA_CEP_Michele_Scarton_PBRASIL.pdf); 2) folha de rosto, devidamente preenchida, datada e assinada pela diretora da unidade na qual a pesquisadora tem vínculo (Folha_de_Rosto_CEP_Michele_Scarton.pdf); 3) termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), de acordo com as normas da Res. CNS-MS 466/12 (TCLE_massa_sem_gluten_Michele_Scarton.pdf)

Recomendações:

1- O texto como foi descrito no TCLE não garante indenização por danos decorrentes da pesquisa. A Resolução 466/12 (item IV.3) define que "os participantes da pesquisa que vierem a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa, previsto ou não no TCLE, têm direito à indenização, por parte do pesquisador, patrocinador e das instituições envolvidas". Cabe enfatizar que a questão da indenização não é prerrogativa da Resolução 466/12, estando prevista no código civil. Portanto, solicitamos que seja assegurado, de forma clara e afirmativa, que o participante de pesquisa tem direito à indenização em casos de danos decorrentes da pesquisa.

3- Informar além dos benefícios indiretos descritos, os benefícios diretos para o participante. Caso o participante não tenha benefícios diretos com a participação, esta informação deverá estar contemplada no TCLE.

3- O cartaz de recrutamento deverá contemplar o CAAE de aprovação do projeto pelo CEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

APROVADO COM RECOMENDAÇÕES (VIDE ITEM ACIMA RECOMENDAÇÕES)

Considerações Finais a critério do CEP:

- O sujeito de pesquisa deve receber uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (quando aplicável).
- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.714.074

em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (quando aplicável).

- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador considerar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou terapêutica oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas e aguardando a aprovação do CEP para continuidade da pesquisa. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial.

- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data deste parecer de aprovação e ao término do estudo.

- Lembramos que segundo a Resolução 466/2012, item XI.2 letra e, “cabe ao pesquisador apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento”.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P	10/08/2016		Aceito

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.714.074

Básicas do Projeto	ETO_771716.pdf	13:59:15		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DE_PESQUISA_CEP_Michele_Scarton_PBRASIL.pdf	10/08/2016 13:43:03	MICHELE SCARTON	Aceito
Outros	AtestadoMatricula_Michele_Scarton.pdf	10/08/2016 13:36:04	MICHELE SCARTON	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_massa_sem_gluten_Michele_Scarton.pdf	10/08/2016 13:28:47	MICHELE SCARTON	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DECLARACAO_ORIENTADORA_MASSAS SEM GLUTEN PBrasil.pdf	10/08/2016 13:27:55	MICHELE SCARTON	Aceito
Outros	ficha_sensorial_MASSA_ALIMENTICIA_SEM GLUTEN PBrasil.pdf	10/08/2016 13:13:33	MICHELE SCARTON	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Documentos_vinculo_Unicamp_Michele_Scarton_PBrasil.pdf	10/08/2016 13:11:03	MICHELE SCARTON	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_CEP_Michele_Scarton.pdf	10/08/2016 13:05:37	MICHELE SCARTON	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPINAS, 06 de Setembro de 2016

Assinado por:
Renata Maria dos Santos Celeghini
(Coordenador)

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

ANEXO II – Termo de consentimento livre e esclarecido (página 1)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**Título da pesquisa:**

Desenvolvimento e avaliação tecnológica, físico-química e sensorial de massa alimentícia sem glúten a base de farinha de arroz e farinha integral de batata-doce biofortificada (*Ipomoea batatas* 'Beauregard').

Nome do(s) responsável(is):

Mestranda Michele Scarton
Orientadora Prof. Dra. Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

Número do CAAE: (inserir após aprovação pelo CEP)

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Se você não quiser participar ou retirar sua autorização, a qualquer momento, não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo.

Justificativa e objetivos:

Essa pesquisa tem como objetivo a análise da aceitação de massas alimentícias sem glúten a base de farinha de arroz, com adição de farinha integral de batata-doce biofortificada (obtida a partir do processamento, secagem e moagem da batata-doce biofortificada com casca). A batata-doce biofortificada é uma variedade da raiz batata-doce que apresenta maior quantidade de carotenoide (β -caroteno), possuindo polpa cor alaranjada, obtida por métodos convencionais de cultivo. Também são ingredientes desta massa alimentícia: proteína concentrada de soja hidrolisada, espessante goma carboximetilcelulose de sódio (também denominado goma CMC ou goma celulósica, é um aditivo regulamentado pela ANVISA, sob identificação de rótulo INS 466) e estabilizante ésteres de mono e diglicerídeos com ácidos graxos (é um aditivo regulamentado pela ANVISA, sob identificação de rótulo INS 471).

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a: experimentar quatro diferentes amostras de massa alimentícia sem glúten e receber fichas sensoriais onde poderá expressar o que acha do produto quanto à textura da massa, sabor, cor, aroma e aspecto global do produto, e também avaliar as amostras quanto à possibilidade de compra ou não do produto.

Desconfortos e riscos:

Você não deve participar deste estudo se:

- Possuir **intolerância ao glúten (celíacos)**, correndo risco de dores agudas devido a possível presença de farinha de trigo, pois esta massa sem glúten é produzida em equipamentos que produzem massas com glúten (a base de farinha de trigo);
- Possuir **alergia e/ou intolerância a soja e produtos derivados de soja**, pois este produto contém adição de proteína concentrada de soja hidrolisada, que pode causar efeitos indesejáveis representando risco à saúde a pessoas que possuam alergia a proteínas de soja;
- Possuir **intolerância ou efeitos negativos ao consumo de arroz e/ou batata-doce**, devido à presença de arroz e batata-doce, que compõe a base deste produto;
- Possuir **intolerância ou efeitos negativos ao consumo dos aditivos INS 466 e INS 471**, pois há adição destes ingredientes neste produto;

Benefícios:

A participação nesta análise contribuirá no estudo de massas alimentícias sem glúten mais nutritivas e com características de sabor, cor, aroma e aparência desejáveis. Também

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

ANEXO II – Termo de consentimento livre e esclarecido (página 2)

contribuirá também para a avaliação da possibilidade de inclusão de farinhas biofortificadas em produtos a base de cereais e quanto à aceitação deste produto pelo consumidor.

Acompanhamento e assistência:

Os pesquisadores envolvidos estarão presentes ao longo do estudo, podendo esclarecer qualquer tipo de dúvida sobre a composição do produto, também explicando os procedimentos para a realização da análise sensorial.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome ou qualquer outra informação pessoal coletada não será divulgada.

Ressarcimento:

A participação na pesquisa não gerará nenhum custo aos provadores, e portanto não haverá qualquer forma de reembolso.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre o estudo, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Universidade Estadual de Campinas –Unicamp, Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA, Rua Monteiro Lobato, 80 - Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-862, Departamento de Tecnologia de Alimentos.

Michele Scarton, michele.scartonbr@gmail.com, (19) 998436-4636

Dra. Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici, mclerici@fea.unicamp.br, 55-19-3521-4000 (sala).

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você pode entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UNICAMP das 08:30hs às 13:30hs e das 13:00hs às 17:00hs na Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126; CEP 13083-887 Campinas – SP; telefone (19) 3521-8936; fax (19) 3521-7187; e-mail: cep@fcm.unicamp.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar:

Nome do(a) participante: _____

_____ Data: ____/____/____.

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu responsável LEGAL)

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

_____ Data: ____/____/____.

(Assinatura do pesquisador)

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

ANEXO III – Ficha de sondagem para avaliação sensorial

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE MASSAS ALIMENTÍCIAS SEM GLÚTEN
PROJETO APROVADO EM 01-09-2016 (CAAE 58561716.4.0000.5404)

Nome: _____ Idade: _____ Sexo: _____ Data: ____/____/____

Escolaridade: _____

Quais os formatos de massa alimentícia você mais prefere consumir? (poderá ser escolhida mais de uma opção)?

- ☐ Não tenho preferência por formato específico
- ☐ Fusilli (Parafuso)
- ☐ Farfalle (Gravatinha)
- ☐ Penne (Pena)
- ☐ Espaguete
- ☐ Outros formatos. Quais? _____

Quantas vezes por semana você costuma consumir massas alimentícias?

- ☐ Todos os dias
- ☐ De 3 a 4 vezes por semana
- ☐ De 1 a 2 vezes por semana
- ☐ Uma vez a cada 15 dias
- ☐ Uma vez por mês

Quais os 3 tipos de massa alimentícia que você mais consome?
(escolher 3 opções principais)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Massas frescas feitas em casa | <input type="checkbox"/> Massas alimentícias integrais |
| <input type="checkbox"/> Massas frescas comerciais | <input type="checkbox"/> Massas alimentícias <i>Grano Duro</i> |
| <input type="checkbox"/> Massas secas | <input type="checkbox"/> Massas alimentícias com ovos |
| <input type="checkbox"/> Massas instantâneas (<i>noodles</i>) | <input type="checkbox"/> Massas alimentícias com vegetais (massa tricolor) |

Você já consumiu ou costuma consumir massas alimentícias sem glúten?

- ☐ Nunca consumi.
- ☐ Sim, uma vez já consumi.
- ☐ Sim, costumo consumir ocasionalmente.
- ☐ Sim, consumo frequentemente.

Se você já consumiu ou costuma consumir massas sem glúten, quais massas você prefere?

- ☐ Não costumo consumir massas alimentícias sem glúten.
- ☐ Não sei especificar.
- ☐ A base de arroz.
- ☐ A base de milho.

ANEXO IV -Ficha de avaliação sensorial de amostras cruas

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE MASSAS ALIMENTÍCIAS SEM GLÚTEN
PROJETO APROVADO EM 01-09-2016 (CAAE 58561716.4.0000.5404)

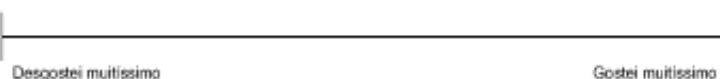
Nome: _____ Data: ____/____/____

Marque no quadro abaixo o código (letra ou número) que está na embalagem da amostra.

Amostra: _____

Avalie a amostra de massa alimentícia sem glúten que você recebeu e use a escala de notas abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo. Faça um traço ou um "x" na escala para marcar sua avaliação.

Aparência



Por favor, avalie utilizando a escala abaixo o atributo cor desta amostra encontra-se em relação à cor de massa alimentícia que você considera ideal. Faça um traço ou um "x" na escala para marcar sua avaliação.

Cor



Supondo que esta massa fosse comercializada como as massas alimentícias que você costuma adquirir, avalie qual sua intenção de compra com notas de 1 a 5, utilizando a escala abaixo. Marque o número da nota correspondente no quadro abaixo (Intenção de compra).

- 1 – Certamente não compraria
- 2 – Provavelmente não compraria
- 3 – Talvez não compraria / talvez compraria
- 4 – Provavelmente compraria
- 5 – Certamente compraria

**Intenção de
compra**

--

ANEXO V – Ficha de avaliação sensorial de amostras cozidas

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE MASSAS ALIMENTÍCIAS SEM GLÚTEN PROJETO APROVADO EM 01-09-2016 (CAAE 58561716.4.0000.5404)	
Nome: _____	Data: ____/____/____
Marque no quadro o código de 3 dígitos presente no prato da amostra.	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px 20px;"> Amostra: _____ </div>
<p>Por favor, deguste a amostra de massa alimentícia sem glúten que você recebeu e avalie esta amostra usando a escala para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo. Faça um traço ou um "x" na escala para marcar sua nota na escala correspondente a cada atributo.</p>	
Aparência	<div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; height: 20px; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 10px; top: 5px;">Desgostei muitíssimo</div> <div style="position: absolute; right: 10px; top: 5px;">Gostei muitíssimo</div> </div>
Aroma	<div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; height: 20px; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 10px; top: 5px;">Desgostei muitíssimo</div> <div style="position: absolute; right: 10px; top: 5px;">Gostei muitíssimo</div> </div>
Sabor	<div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; height: 20px; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 10px; top: 5px;">Desgostei muitíssimo</div> <div style="position: absolute; right: 10px; top: 5px;">Gostei muitíssimo</div> </div>
Textura	<div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; height: 20px; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 10px; top: 5px;">Desgostei muitíssimo</div> <div style="position: absolute; right: 10px; top: 5px;">Gostei muitíssimo</div> </div>
Impressão Global	<div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; height: 20px; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 10px; top: 5px;">Desgostei muitíssimo</div> <div style="position: absolute; right: 10px; top: 5px;">Gostei muitíssimo</div> </div>
<p>Por favor, avalie utilizando a escala abaixo o atributo <u>cor</u> desta amostra encontra-se em relação à cor de massa alimentícia que você considera ideal. Faça um traço ou um "x" na escala para marcar sua avaliação.</p>	
Cor	<div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; height: 20px; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 10px; top: 5px;">Mais clara que o ideal</div> <div style="position: absolute; left: 50%; transform: translate(-50%, -50%); top: 5px;">Ideal</div> <div style="position: absolute; right: 10px; top: 5px;">Mais escura que o ideal</div> </div>
<p>Por favor, avalie utilizando a escala abaixo o atributo <u>consistência</u> desta amostra encontra-se em relação à consistência de massa alimentícia que você considera ideal. Faça um traço ou um "x" na escala para marcar sua avaliação.</p>	
Consistência	<div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; height: 20px; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 10px; top: 5px;">Menos firme que o ideal</div> <div style="position: absolute; left: 50%; transform: translate(-50%, -50%); top: 5px;">Ideal</div> <div style="position: absolute; right: 10px; top: 5px;">Mais firme que o ideal</div> </div>
<p>Considerando a sua Impressão Global sobre esta amostra, por favor, avalie qual sua intenção de consumo com notas de 1 a 5, utilizando a escala abaixo. Marque o número da nota correspondente no quadro abaixo (Intenção de consumo).</p>	
1 – Certamente não consumiria 2 – Provavelmente não consumiria 3 – Talvez não consumiria / talvez consumiria 4 – Provavelmente consumiria 5 – Certamente consumiria	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px 20px;"> Intenção de consumo <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div> </div>