



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José do Rio Preto

Tatiane Ferreira da Silva

Cookies de chocolate isentos de glúten adicionados de inulina enriquecida
com oligofrutose: características químicas, físicas e sensoriais

São José do Rio Preto

2016

Tatiane Ferreira da Silva

Cookies de chocolate isentos de glúten adicionados de inulina enriquecida
com oligofrutose: características químicas, físicas e sensoriais

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: FAPESP – Proc. 2012/16379-6

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Ana Carolina Conti e
Silva

São José do Rio Preto
2016

Silva, Tatiane Ferreira da.

Cookies de chocolate isentos de glúten adicionados de inulina enriquecida com oligofrutose : características químicas, físicas e sensoriais / Tatiane Ferreira da Silva. -- São José do Rio Preto, 2016
128 f. : il., tabs.

Orientador: Ana Carolina Conti e Silva

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Alimentos - Avaliação sensorial.
3. Biscoitos. 4. Dieta sem glúten. 5. Cálcio - Absorção e adsorção.
6. Inulina. 7. Frutanos. I. Conti-Silva, Ana Carolina. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 664.07

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto

Tatiane Ferreira da Silva

Cookies de chocolate isentos de glúten adicionados de inulina enriquecida
com oligofrutose: características químicas, físicas e sensoriais

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: FAPESP – Proc.. 2012/16379-6

Comissão Examinadora

Prof^ª. Dr^ª. Ana Carolina Conti e Silva
UNESP – São José do Rio Preto, SP
Orientador

Prof^ª. Dr^ª. Célia Maria Landi Franco
UNESP – São José do Rio Preto, SP

Prof^ª. Dr^ª. Ana Lúcia Barretto Penna
UNESP – São José do Rio Preto, SP

Prof^ª. Dr^ª. Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici
UNICAMP – Campinas, SP

Prof^ª. Dr^ª. Sabrina Neves Casarotti
UFMT – Cuiabá, MT

São José do Rio Preto, 12 de agosto de 2016.

Dedico este trabalho aos meus pais, Milton e Neuceli, meu irmão Fernando e a minha orientadora Ana Carolina, pela imensa dedicação, amor e carinho. Vocês foram importantes e fundamentais para que eu chegasse até aqui. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me mostrar que as coisas não são fáceis, agradeço por cada dificuldade, e por me mostrar também que o retorno da dedicação é uma das melhores sensações que podemos ter, pois um trabalho feito com amor só poderá trazer bons frutos. E por mostrar que por mais difíceis que a situação pareça o retorno ou reconhecimento sempre virá.

Aos meus queridos pais, Milton Raimundo da Silva e Neuceli Alves Ferreira da Silva pelo carinho, amor e incentivo incondicional em todos os momentos da minha caminhada. Vocês foram fundamentais para conclusão deste trabalho.

Ao meu irmão, Fernando Ferreira da Silva, pelo companheirismo por estar sempre presente em todos os momentos e novas etapas da minha vida.

À Prof. Dra. Ana Carolina Conti e Silva pela confiança, oportunidades e ensinamentos e pela orientação deste trabalho.

À Prof. Dra. Ana Lúcia Barretto Penna pela oportunidade, pela orientação de Mestrado e pelo uso da seladora a vácuo.

Aos meus amigos, alguns ainda presentes e outros que já fazem falta, Ana Beatriz, Aline, Daniel, Denise, Harvey, Marília, Yara, Carolina, Jenifer, Carolina (Carol Aranha), Tiago, Diana, Larissa, Luana, Michele, Patrícia, Sabrina, Talita, Vania, Vivian, Ginaldo, Alana, Juliana, Mariana, Lara, Liara, Julaísa, Flávia, Flávia (Flávia Cutrim), Jéssica, Márcia, Luís, Tânia, Katiele e Mariana pela ajuda, conversas diárias e bons momentos compartilhados ao longo desses anos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela Bolsa de Doutorado concedida (processo n° 2012/16379-6).

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do IBILCE-UNESP pelos conhecimentos transmitidos.

Aos membros da banca pela contribuição para melhoria da qualidade deste trabalho.

À UNESP pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A doença celíaca não tem cura e apresenta, como único tratamento, a dieta isenta de glúten. Em celíacos, observa-se a má absorção de cálcio devido à lesão causada pela presença do glúten no intestino delgado e, neste sentido, a inulina enriquecida com oligofrutose pode contribuir para o indivíduo celíaco, pois tem função reconhecida para o aumento na absorção de cálcio. A fabricação de produtos de panificação isentos de glúten continua sendo um desafio tecnológico, devido às mudanças sensoriais ocasionadas em função da ausência deste componente. Por isso, com o intuito de contribuir para a variação da dieta e favorecer a absorção de cálcio em celíacos, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de *cookies* de chocolate isentos de glúten adicionados de inulina enriquecida com oligofrutose. Primeiramente, foi estudada a substituição da farinha de trigo por matérias-primas isentas de glúten para seleção da melhor substituição da farinha de trigo em *cookies* de chocolate. Em seguida, foram realizados dois estudos sobre a incorporação de inulina/oligofrutose nas formulações dos *cookies* de chocolate, os quais foram caracterizados quimicamente (apenas para o segundo estudo), fisicamente e sensorialmente. Para a produção de *cookies* de chocolate isentos de glúten, concluiu-se que a farinha de arroz é o melhor substituto da farinha de trigo para este tipo de produto. Para o primeiro estudo sobre a incorporação de inulina/oligofrutose, sendo esta adicionada como substituta de gordura (manteiga) e de açúcar, os *cookies* de chocolate se apresentaram extremamente duros, mesmo aqueles com menor proporção de adição de inulina/oligofrutose. Dessa forma, partiu-se para o segundo estudo sobre a incorporação de inulina/oligofrutose, sendo esta agora adicionada como substituta da farinha de arroz nas proporções de 25, 50 e 75%. O *cookie* de chocolate com 25% de substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose foi igualmente aceito ao *cookie* de chocolate com 100% de farinha de arroz (padrão) e ao *cookie* comercial para a maioria dos atributos sensoriais, aceitação global e intenção de compra. Essa aceitação foi resultado das maiores intensidades dos termos descritores arenosidade e fraturabilidade, tonalidade de amarelo (b*) e volume específico do *cookie* de chocolate com 25% de substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose, além das menores intensidades dos termos descritores aroma de caramelo, sabor de caramelo, brilho, adesividade, mastigabilidade, gosto doce e dureza, e da menor força de corte instrumental. Ainda, os *cookies* de chocolate com substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose possuem alegação de

potencialmente prebióticos e podem ser declarados como “isentos de glúten”. Finalmente, considerando, respectivamente, o consumo diário de 3 porções, 2 porções e 1 porção dos *cookies* de chocolate isentos de glúten com substituição da farinha de arroz por 25, 50 e 75% de inulina/oligofrutose, a recomendação de 8 g/dia para aumento na absorção de cálcio é atingida.

Palavras-chave: Frutanos. Cálcio. Textura, Aceitação sensorial, Perfil sensorial.

ABSTRACT

Celiac disease has no cure and the gluten-free diet is the only treatment. In celiac patients, it is observed a calcium malabsorption due to the injury caused by the presence of gluten in the small intestine and, thus, the inulin enriched with oligofructose may contribute to celiacs, since it has a recognizable function for increasing calcium absorption. The manufacture of gluten-free bakery products is still a technological challenge, due to sensory changes caused by the absence of this component. Therefore, in order to contribute to the diet variety and to promote calcium absorption in celiacs, this research aimed to develop gluten-free chocolate cookies added of inulin enriched with oligofructose. First, the replacement of wheat flour by gluten-free flours was studied for selection of the best substitute in chocolate cookies. Then, two studies were conducted about the incorporation of inulin/oligofructose in the chocolate cookies, which were characterized regarding to chemical (only for the second study), physical and sensory characteristics. For the production of gluten-free chocolate cookies, the rice flour is the best substitute of wheat flour in this product. For the first study about the incorporation of inulin/oligofructose, as substitute of fat (butter) and sugar, the chocolate cookies were extremely hard, even those with a lower proportion of inulin/oligofructose. Thus, a second study was performed, through the partial replacement of rice flour by 25, 50 and 75% of inulin/oligofructose. The chocolate cookie with 25% of replacement of rice flour by inulin/oligofructose is so accepted as the cookie with 100% of rice flour (standard) and the commercial cookie for the majority of sensory attributes, overall acceptability and purchase intent. This acceptability is result of the greater intensity of the descriptive terms grittiness and fracturability, yellowness (b^) and specific volume of the chocolate cookie with 25% of replacement of rice flour by the inulin/oligofructose, besides lower intensities of the descriptive terms caramel aroma, caramel flavor, brightness, adhesiveness, chewiness, sweet taste and hardness, and lower instrumental cutting force. Furthermore, the chocolate cookies with replacement of rice flour by the inulin/oligofructose have claim as potentially prebiotics and may be declared as "gluten-free". Finally, considering respectively the daily consumption of 3 portions, 2 portions and 1 portion of gluten-free chocolate cookies with replacement of rice flour by 25, 50 and 75% of inulin/oligofructose, the recommendation of 8 g/day to increase calcium absorption is achieved.*

Keywords: Fructans. Calcium. Texture. Sensory acceptability. Sensory profile.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Planejamento experimental e níveis dos ingredientes farinha de arroz (X_1), farinha de soja integral (X_2) e polvilho (X_3) na mistura.....	38
Tabela 2: Planejamento experimental e níveis dos componentes: açúcar (X_1), manteiga (X_2) e inulina/oligofrutose (X_3) na mistura.....	43
Tabela 3: Formulações dos <i>cookies</i> de chocolate com substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose (I/O).....	45
Tabela 4: Definições e referências dos termos descritores dos <i>cookies</i> de chocolate..	53
Tabela 5: Valores de p de amostra e p de repetição (entre parênteses) para cada avaliador em cada termo descritor julgado no teste de seleção da equipe sensorial.....	58
Tabela 6: Composição centesimal das farinhas isentas de glúten (dados médios \pm dp; n = 3; n = 2 para fibras).....	61
Tabela 7: Médias \pm desvio-padrão da aceitação sensorial (n = 92) dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten (X_1 = farinha de arroz, X_2 = farinha de soja integral, X_3 = polvilho).....	63
Tabela 8: Médias \pm desvio-padrão dos parâmetros de cor (n = 10) dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten (X_1 = farinha de arroz, X_2 = farinha de soja integral, X_3 = polvilho).....	64
Tabela 9: Médias \pm desvio-padrão de textura instrumental (n = 10), volume específico (n = 10) e fator de expansão (n = 10) dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten (X_1 = farinha de arroz, X_2 = farinha de soja integral, X_3 = polvilho).....	65
Tabela 10: Médias (desvio-padrão) para aceitação (n = 92) dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten.....	66
Tabela 11: Médias (desvio padrão) para características físicas (n = 10) dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten.....	71
Tabela 12: Médias (desvio-padrão) da aceitação sensorial (n = 90) dos <i>cookies</i> de chocolate (X_1 = açúcar, X_2 = manteiga, X_3 = inulina/oligofrutose).....	75
Tabela 13: Médias (desvio-padrão) dos parâmetros de cor (n = 4) dos <i>cookies</i> de chocolate (X_1 = açúcar, X_2 = manteiga, X_3 = inulina/oligofrutose).....	76

Tabela 14: Médias (desvio-padrão) de textura instrumental (n = 10), volume específico (n = 10) e fator de expansão (n = 10) dos <i>cookies</i> de chocolate (X_1 = açúcar, X_2 = manteiga, X_3 = inulina/oligofrutose).....	77
Tabela 15: Modelo e qualidade de ajuste para a variável dependente força de corte dos <i>cookies</i> de chocolate.....	78
Tabela 16: Características químicas (média \pm desvio-padrão; n = 3) dos <i>cookies</i> de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.....	82
Tabela 17: Propriedades físicas (média \pm desvio-padrão; n = 8 para cor; n = 20 para demais) dos <i>cookies</i> de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.....	84
Tabela 18: Intensidade dos termos descritores (média \pm desvio-padrão; n = 36) dos <i>cookies</i> de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.....	86
Tabela 19: Aceitação (média \pm desvio-padrão; n = 220, exceto para comercial = 110) dos <i>cookies</i> de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.....	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da Inulina.....	26
Figura 2: Ficha utilizada para a análise da aceitação sensorial dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten.....	40
Figura 3: Questionário de recrutamento.....	48
Figura 4: Ficha de reconhecimento de gostos básicos.....	49
Figura 5: Ficha de reconhecimento de odores.....	50
Figura 6: Ficha do teste diferença do controle.....	51
Figura 7: Ficha de levantamento da terminologia descritiva.....	52
Figura 8: Ficha de avaliação dos <i>cookies</i> de chocolate.....	54
Figura 9: Médias das notas atribuídas por cada avaliador e pela equipe sensorial (média dos avaliadores) para cada termo descritor dos <i>cookies</i> de chocolate padrão, com substituição da farinha de arroz por 25%, 50% e 75% de inulina/oligofrutose e comercial.....	57
Figura 10: Dendogramas resultantes da análise de cluster (A, C) e mapa de preferência interno (B, D) para <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten.....	68
Figura 11: Mapa de preferência externo entre as características sensoriais e físicas dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten (A – projeção das variáveis, B – projeção das amostras).....	73
Figura 12: Diagrama triangular para a força de corte, em newtons, dos <i>cookies</i> contendo açúcar, manteiga e inulina/oligofrutose.....	79
Figura 13: Perfil sensorial dos <i>cookies</i> de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.....	85
Figura 14: Análise de Componentes Principais dos dados dos termos descritores dos <i>cookies</i> de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.....	88
Figura 15: Dendogramas resultantes da análise de cluster (A/C/E) e mapa de preferência interno (B/D/F) para os <i>cookies</i> de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.....	92
Figura 16: Mapa de preferência externo entre a aceitação sensorial e os termos	

descritores dos *cookies* de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial (A – projeção das variáveis, B – projeção das amostras).....94

Figura 17: Mapa de preferência externo entre a aceitação sensorial e parâmetros físicos dos *cookies* de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial (A – projeção das variáveis, B – projeção das amostras).....96

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVO.....	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
3.1 Doença celíaca	20
3.1.1 Substitutos da farinha de trigo	21
3.2 Inulina e oligofrutose.....	24
3.3 <i>Cookies</i>	27
3.4 Metodologia de modelagem de mistura	30
3.5 Análise sensorial	31
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
4.1 Material.....	36
4.2 Análise da composição centesimal das farinhas isentas de glúten	36
4.3 Desenvolvimento e caracterização dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten	37
4.3.1 Análise da aceitação sensorial pelos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten	39
4.3.2 Análise das propriedades físicas dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten	40
4.3.3 Análises estatísticas para esta etapa do trabalho	41
4.4 Desenvolvimento dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten e adicionados de inulina/oligofrutose por meio da metodologia de modelagem de misturas.....	42
4.4.1 Análises estatísticas para esta etapa do trabalho	44
4.5 Desenvolvimento dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten e adicionados de inulina/oligofrutose por meio da substituição parcial da farinha de arroz	44

4.5.1	Análise das características químicas dos <i>cookies</i> de chocolate com substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose	46
4.5.2	Análise das propriedades físicas dos <i>cookies</i> de chocolate com substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose	47
4.5.3	Análise do perfil sensorial dos <i>cookies</i> de chocolate com substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose	47
	Pouco: Pão de forma (Pullman)	53
	Muito: Mistura de pó de café (3 Corações) com açúcar cristal (Guarani) 2:1 ..	53
4.5.4	Análise da aceitação sensorial pelos <i>cookies</i> de chocolate com substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose	59
4.5.5	Análises estatísticas para esta etapa do trabalho	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5.1	Composição centesimal das farinhas isentas de glúten	61
5.2	Aceitação sensorial e parâmetros físicos dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten obtidos por meio do delineamento experimental	62
5.2.1	Aceitabilidade sensorial dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten....	66
5.2.2	Características físicas dos <i>cookies</i> de chocolate	69
5.2.3	Mapa de preferência externo.....	72
5.3	Aceitação sensorial e parâmetros físicos dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten e adicionados de inulina/oligofrutose por meio da metodologia de modelagem de misturas	74
5.4	Caracterização dos <i>cookies</i> de chocolate isentos de glúten e adicionados de inulina/oligofrutose por meio da substituição parcial da farinha de arroz... 80	
5.4.1	Composição centesimal dos <i>cookies</i>	80
5.4.2	Parâmetros físicos dos <i>cookies</i>	82
5.4.3	Perfil sensorial dos <i>cookies</i>	84
5.4.4	Aceitação sensorial dos <i>cookies</i>	89
5.4.5	Mapas de preferência externos.....	93
6	CONCLUSÕES	97

REFERÊNCIAS	98
ANEXO A	107
ANEXO B	110
ANEXO C	113
ANEXO D	114
ANEXO E	115

1. INTRODUÇÃO

A doença celíaca é uma doença autoimune, ocasionada pela presença do glúten na dieta. O glúten é uma mistura de proteínas presentes no trigo, aveia, centeio, cevada e malte (subproduto da cevada), cereais que são amplamente utilizados na composição de alimentos, medicamentos e bebidas industrializadas. Apenas uma fração do glúten é prejudicial e tóxica ao intestino do paciente intolerante ao glúten, sendo que a única forma de tratamento do paciente celíaco, atualmente, é a exclusão permanente do glúten da dieta, sendo fundamental a utilização de substitutos destes cereais na dieta destes pacientes.

Esta doença está relacionada a distúrbios ósseos que ocorrem devido à má absorção do cálcio e vitamina D, relacionados à patologia no intestino. Além disso, essa condição é agravada devido à dieta restrita do celíaco, que tem dificuldade em encontrar variedade de produtos sem glúten e com alto valor agregado. Neste sentido, a inulina e a oligofrutose estão ganhando mais atenção, pois favorecem a absorção de cálcio da dieta, aumentando o nível da massa óssea e, portanto, retardando o risco de fratura de osteoporose em idade mais avançada.

Dentre os produtos de panificação, os *cookies* são ótimos veículos para a retirada do glúten e para adição de ingredientes que possam melhorar sua qualidade nutricional, pois apresentam longa vida de prateleira e são bastante apreciados pelos consumidores em geral. E quando se trata do processamento de alimentos, a mistura dos ingredientes, a mudança na proporção entre os ingredientes, ou simplesmente a alteração de ingredientes, resulta em diversas alterações químicas, físicas e sensoriais, sendo que para *cookies*, algumas delas são fundamentais e decisivas para aceitação pelo consumidor. Neste sentido, a análise sensorial representa um passo decisivo durante as várias fases de desenvolvimento de um produto alimentar.

Dentre as técnicas de análise sensorial, tem-se a Análise Descritiva Quantitativa, que constitui um método descritivo de avaliação sensorial que identifica, descreve e quantifica os atributos sensoriais de um produto, além dos testes de aceitação com consumidores do produto a ser avaliado. Quando se associa a Análise Descritiva Quantitativa a estudos afetivos do consumidor, conclusões de extrema importância podem ser obtidas, como saber quais as características sensoriais e em quais intensidades estão presentes nos produtos mais ou menos aceitos pelos consumidores e,

ainda, verificar de que forma produtos concorrentes diferem sensorialmente entre si. Dessa forma, a análise sensorial é fundamental durante o desenvolvimento de um produto alimentar, tanto para obtenção de informações sobre o produto, como também para viabilizar seu sucesso em um mercado atualmente tão competitivo.

Baseando-se em todas essas alterações possíveis de ocorrer, tem-se que o desenvolvimento de produtos de panificação isentos de glúten continua sendo um desafio tecnológico, devido às mudanças sensoriais relacionadas à ausência do glúten. Além disso, a adição de inulina enriquecida com oligofrutose aos *cookies* isentos de glúten pode acarretar em outras mudanças sensoriais, que precisam ser investigadas. Por isso, com o intuito de contribuir para a variação da dieta de celíacos e promover um possível aumento na absorção de cálcio nestes indivíduos, esta pesquisa teve como objetivo desenvolver *cookies* de chocolate isentos de glúten adicionados de inulina enriquecida com oligofrutose.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver *cookies* de chocolate isentos de glúten e adicionados de inulina enriquecida com oligofrutose em quantidade suficiente para que contribuam para a absorção de cálcio em indivíduos celíacos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desenvolver *cookies* de chocolate isentos de glúten e caracterizá-los quanto à aceitação sensorial e características físicas, selecionando, assim, a melhor formulação para continuação do estudo.

Desenvolver *cookies* de chocolate isentos de glúten e contendo inulina/oligofrutose em quantidade suficiente para a contribuição para a absorção de cálcio em indivíduos celíacos.

Avaliar as características químicas e físicas dos *cookies* de chocolate isentos de glúten e contendo inulina/oligofrutose.

Avaliar a aceitação e o perfil sensorial dos *cookies* de chocolate isentos de glúten e contendo inulina/oligofrutose.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Doença celíaca

O primeiro relato sobre uma condição parecida com a doença celíaca foi realizado por Aretaeus na Capadócia, em meados do século I d. C. Mas, foi apenas em 1888, que Samuel Gee descreveu, de forma clínica, uma doença semelhante à doença celíaca sob a denominação de “afecção celíaca” (DOWD; WALKER-SMITH, 1974). Dicke (1953), um pediatra holandês, observou que durante a Segunda Guerra Mundial, quando o pão esteve escasso na Europa, diminuíram os casos de doença celíaca. Neste período, Dicke observou que a incidência do “*sprue* celíaco” havia diminuído muito com o racionamento de trigo e que, posteriormente, quando os aviões suecos levaram pão para a Holanda, as crianças com doença celíaca voltaram rapidamente a apresentar sintomas, confirmando a importância do trigo na gênese da doença. Porém, apenas em 1953, ele conseguiu comprovar sua teoria, deixando claro o papel do glúten (como agente tóxico) na causa da doença (GARCÍA-MANZANARES; LUCENDO, 2011).

A doença é ativada em indivíduos geneticamente suscetíveis por exposição alimentar ao glúten, termo comumente usado para designar proteínas de armazenamento encontradas no trigo, cevada, centeio e possivelmente encontradas na aveia por contaminação cruzada (THOMPSON, 2003; PERÄÄHO et al., 2004; BARBERO et al., 2014). A doença celíaca é caracterizada por lesão da mucosa no intestino delgado, pois os peptídeos presentes no glúten são resistentes à digestão completa por enzimas do trato gastrointestinal e suas interações com moléculas do sistema imune do próprio trato gastrointestinal podem desencadear uma resposta inflamatória na mucosa do intestino delgado e uma resposta imune sistêmica.

Os pacientes celíacos podem apresentar sintomas no trato gastrointestinal, uma grande variedade de manifestações extra intestinais, ou ambos. Os sintomas gastrointestinais frequentemente incluem aumento de gases e distensão abdominal, dor abdominal, diarreia crônica ou prisão de ventre, e perda de peso, enquanto manifestações extra intestinais incluem frequentemente deficiência de ferro com ou sem anemia, queda na densidade mineral óssea ou início de osteoporose prematura, aumentos inexplicáveis das transaminases hepáticas, depressão, fadiga crônica, neuropatia periférica, estomatite, infertilidade não explicada, e defeitos do esmalte dentário (BARBERO et al., 2014).

Em casos não tratados, a resposta imune exagerada e inflamatória, eventualmente, resulta em lesão da mucosa intestinal, a ponto de comprometer as funções secretoras, digestivas e absorptivas normais, especialmente no intestino proximal. As células dos vilos tornam-se deficientes em dissacaridases e peptidases necessárias para digestão e, também, em transportadores necessários para o transporte de nutrientes para a corrente circulatória. Além disso, a extensão da lesão e o achatamento das vilosidades reduzem a absorção e de macro e micronutrientes (MAHAN; STUMP, 2010). Consequentemente, a má absorção de cálcio e fósforo, hormônios e fatores locais (por exemplo, fatores de crescimento, citocinas) podem estar envolvidos na determinação da perda de minerais ósseos (BIANCHI; BARDELLA, 2008). Complementando, observa-se reduzida densidade mineral óssea em pacientes celíacos já no momento do diagnóstico. Além disso, os celíacos em tratamento, através da exclusão do glúten da dieta, apresentam menor prevalência de perda óssea, mostrando que a dieta isenta glúten aumenta a densidade mineral óssea (BAI et al., 1997; KEMPPAINEN et al., 1999)

A base do tratamento da doença celíaca é uma restrita adesão, ao longo da vida, a uma dieta livre de glúten, em que o paciente deve evitar permanentemente todos os tipos de produtos alimentares que contenham trigo, centeio, cevada e aveia (RODRIGO, 2006). Um estudo realizado mostrou o impacto de uma dieta contendo aveia na qualidade de vida de celíacos. Nestes indivíduos, a dieta sem glúten e contendo aveia provocou mais sintomas intestinais, como diarreia e às vezes até constipação, do que a dieta tradicional, além de uma maior inflamação intestinal no grupo que consumiu aveia (PERÄÄHO et al., 2004). Além disso, a aveia não é recomendada de maneira uniforme, porque a maioria da aveia disponível no mercado está contaminada com grãos que contêm glúten durante o cultivo, transporte e processos de moagem. Assim, os celíacos são aconselhados a consumir apenas produtos testados que estão livres de contaminação (THOMPSON, 2003).

Alguns substitutos da farinha de trigo são pesquisados e utilizados para a produção de produtos isentos de glúten.

3.1.1 Substitutos da farinha de trigo

A farinha de trigo é a base para a produção de produtos como macarrão, pão, bolos, bolachas, e biscoitos, pois seu uso está relacionado à sua natureza e propriedades

funcionais de suas proteínas, que proporcionam características particulares a cada um destes produtos (THARISE; JULIANTI; NURMINAH, 2014), como características sensoriais, tecnológicas e nutricionais. Sua produção no país é aproximadamente de 7,0 milhões de toneladas, concentrando-se na região Sul, sendo o Paraná e Rio Grande do Sul os principais produtores. O Paraná produziu, na safra 2014/2015, aproximadamente 52,2% da produção nacional e o Rio Grande do Sul, 38,3%. A participação de outros estados, da ordem de 9,5%, é distribuída principalmente entre São Paulo e Minas Gerais (BRASIL, 2015).

Mesmo com a vasta utilização da farinha de trigo, é necessário variar os ingredientes dos produtos existentes no mercado, pois há a necessidade da maior disponibilidade de alimentos para indivíduos com alguma patologia, como a doença celíaca. Neste contexto, faz-se necessário o uso de outras fontes como alternativa para a farinha de trigo. Dentre as farinhas comuns utilizadas para substituir o trigo tem-se a farinha de arroz, a fécula de mandioca (polvilho) e farinha de soja.

O arroz é muito consumido no Brasil (aproximadamente 12,0 milhões de toneladas) e no período de 2014/2015 a produção nacional foi de 12,4 milhões de toneladas. Apesar de ser uma cultura comum em quase todo o país, a maior parte da produção ocorre em 5 estados. Sua maior produção em 2014/2015 ocorreu no Rio Grande do Sul (68,1% da produção), onde predomina o arroz irrigado, Santa Catarina (8,5%), Mato Grosso (4,7%), Maranhão (4,6%) e Tocantins (4,8%). No Nordeste, especialmente no estado do Ceará, o arroz é irrigado e se concentra em perímetros de irrigação, mas uma pequena quantidade também é produzida nos estados por onde passa o Rio São Francisco, como Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco, áreas essas também irrigadas (BRASIL, 2015).

A partir do grão de arroz, outros produtos podem ser fornecidos, como a farinha de arroz que é obtida por moagem de grãos de arroz quebrado e usada para alimentação infantil, produtos cárneos, pós para empanados, misturas para panificação e para a formulação de panquecas e *waffles* (LUH; LIU, 1980). A farinha de arroz pode ser usada como substituto da farinha de trigo, por não conter glúten, e apresentar baixo nível de sódio e grande quantidade de carboidrato de fácil digestão, assim como o grão, sendo uma alternativa para pacientes celíacos (YIMAKI et al., 1991; JI et al., 2007). A farinha de arroz está cada vez mais popular como um substituto da farinha de trigo na preparação de produtos direcionados a pacientes intolerantes ao trigo devido ao seu

sabor e aroma suave, cor branca, boa digestibilidade e propriedades hipoalergênicas (LOVIS, 2003; ROSELL; MARCO, 2008).

Outra opção para a substituição da farinha de trigo é a fécula de mandioca. No Brasil, a safra da mandioca 2014/2015 apresentou um aumento de 14% em relação ao ano de 2013 (21 milhões de toneladas), resultando em aproximadamente 24,1 milhões de toneladas. As maiores oscilações na produção brasileira de mandioca ocorrem por conta da redução no consumo animal, as variações climáticas no Nordeste e os baixos preços. Dentre os produtos produzidos a partir da raiz da mandioca está a fécula, e a maioria das indústrias de fécula localiza-se no Estado do Paraná, com 40 unidades instaladas, o que equivale a 57% do parque nacional. Na sequência, estão os estados do Mato Grosso do Sul, São Paulo, Santa Catarina e nos últimos anos surgem a Bahia e o Pará. Este levantamento indica que a capacidade nacional instalada para processamento da mandioca foi de, aproximadamente, 18.215 toneladas por dia no ano de 2014 (BRASIL, 2015).

A mandioca é uma raiz, rica em amido, consumida de forma tradicional ou como ingrediente em alimentos, auxiliando no desenvolvimento de novos produtos. A fécula de mandioca, também conhecida em algumas regiões brasileiras como polvilho doce, é um pó fino branco, inodoro e insípido, que produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos. Trata-se de polissacarídeo natural, da família química dos carboidratos constituídos de cadeias lineares (amilose) e cadeias ramificadas (amilopectina). Obtém-se a fécula a partir das raízes da mandioca, após descascamento, trituração, desintegração, purificação, peneiramento, centrifugação, concentração e secagem (CAMARGO et al., 1984).

A adição da fécula de mandioca às preparações em substituição parcial ou total do trigo apresenta boa aceitação e contribui para a crocância e a coloração clara nos produtos elaborados (VIEIRA et al., 2010; VIEIRA et al., 2015). Ainda, o polvilho de mandioca é uma boa alternativa para aplicação em muitos alimentos processados, pois agrega sabor brando aos produtos, além da ausência de "sabor de cereais" indesejado (CHE et al., 2007). Tal desenvolvimento de novos alimentos, especialmente no campo de produtos de panificação, tem sido avaliado como uma forma alternativa para a farinha de trigo, pelo fato de a mandioca ser um produto sem glúten, podendo assim ser consumido por celíacos (ALVARENGA et al., 2011; DEMIATE; KOTOVICZ, 2011).

Segundo Matos, Sanz e Rossel (2014), devido à necessidade de melhoria da qualidade nutricional de produtos sem glúten, uma alternativa é a incorporação de

proteínas do leite, ação estabelecida há muito tempo na indústria de panificação. Contribuindo para variar a dieta de celíacos, outra opção é incorporar a soja, produto com alta produção no país, entre 94,0 e 96,0 milhões de toneladas no período de 2014/2015. Sua produção é liderada pelos estados de Mato Grosso, com 29,3% da produção nacional, Paraná com 18,0%, Rio Grande do Sul com 15,4%, Goiás com 9,2%, Mato Grosso do Sul com 7,4% e Bahia com 4,5%. Mas a produção de soja está evoluindo também para novas áreas no Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, que em 2014/2015 responderam por 11,0% da produção brasileira de grãos, que corresponde a uma produção de 10,4 milhões de toneladas de soja (BRASIL, 2015).

As leguminosas, como a soja, também podem ser um bom complemento para os alimentos à base de cereais, uma vez que contribuem para o aumento no teor de proteínas, complementando o valor nutritivo do alimento. A soja é uma excelente fonte de proteína (35-40%) e de aminoácidos essenciais (com exceção dos aminoácidos sulfurados), rica em cálcio, ferro, fósforo, vitaminas e fibra (IHEKORONYE; NGODDY, 1985; MASHAYEKH; MAHMOODI; ENTEZARI, 2008). Assim, a farinha de soja e a proteína de soja têm sido usadas como um composto da farinha na produção de pães e biscoitos (THARISE; JULIANTI; NURMINAH, 2014). A adição de ingredientes de soja em pães aumenta a quantidade e melhora a qualidade proteica nestes produtos, com apenas um ligeiro aumento no custo de produção (EL-ADAWY, 1997; FRIEDMAN; BRANDON, 2001). No entanto, pode aumentar a firmeza na massa dos produtos (SHOGREN; HARELAND; WU, 2006; SHIN; KIM; KIM; 2013).

Muitos substitutos da farinha de trigo possuem baixo valor nutritivo, não contribuindo para a melhoria do estado nutricional do indivíduo celíaco, principalmente considerando que a própria doença celíaca resulta em baixa absorção intestinal de nutrientes, principalmente cálcio e vitamina D. Neste sentido, a utilização de ingredientes que possam contribuir, de alguma forma, para o enriquecimento de produtos para estes indivíduos é fundamental. Para atender esta demanda uma alternativa é usar os frutanos inulina e oligofrutose.

3.2 Inulina e oligofrutose

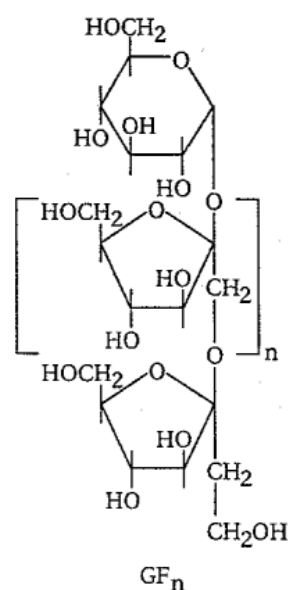
Os frutanos são fibras alimentares do tipo solúveis e são considerados prebióticos. Prebióticos são ingredientes alimentares não digeríveis, fermentados no intestino grosso e que possuem efeito benéfico no hospedeiro devido ao estímulo

seletivo do crescimento e/ou atividade de uma ou de um número limitado de espécies bacterianas já presentes no cólon, aumentando o número de bactérias benéficas e reduzindo espécies potencialmente patogênicas (ROBERFROID, 2007b; KELLY, 2008; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA; 2010). São, portanto, considerados alimentos funcionais, podendo, além de funções nutricionais básicas, produzir efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999).

A inulina e a oligofrutose são frutanos, um termo genérico empregado para descrever todos os oligo ou polissacarídeos de frutose de origem vegetal (CARABIN; FLAMM, 1999).

A inulina ocorre naturalmente como carboidrato de reserva em milhares de espécies de plantas, incluindo cebola, alho, aspargo e banana. Sua principal fonte comercial é a raiz de chicória (*Chicorium intybus*) e algumas vezes também pode ser obtida de tubérculos de alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus*) (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA; 2010). A inulina é um polímero composto por unidades de β -D-frutofuranosil, unidas por ligações $\beta(2\rightarrow1)$, sendo que as suas cadeias são frequentemente terminadas, em sua extremidade redutora, com uma unidade de glicose (Figura 1). Seu grau de polimerização é de 2-60, sendo raro ultrapassar 60. A inulina tem um sabor suave neutro, é moderadamente solúvel em água e contribui para o corpo e sensação na boca. Também possui uma notável capacidade para substituir a gordura, pois, quando misturada com água, é capaz de formar um gel que promove uma textura cremosa e excelente sensação na boca. Além disso, a inulina estabiliza espumas e emulsões, e funciona em sinergia com a maioria dos agentes de geleificação (FRANCK, 2006).

Figura 1: Estrutura da inulina.



Fonte: Roberfroid, Gibson e Delzenne (1993).

A oligofrutose é obtida pela hidrólise enzimática parcial da inulina, tem um grau de polimerização variando de 2 a 8 (FRANCK, 2006; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). A oligofrutose é mais solúvel do que a inulina e é moderadamente doce, sendo que seu poder de doçura se aproxima ao do açúcar. Em combinação com edulcorantes, a oligofrutose fornece um sabor mais acentuado (fruta) com *aftertaste* reduzido. Também contribui para a textura, apresenta propriedades umectantes e reduz a atividade de água (FRANCK, 2006).

A inulina e a oligofrutose não são digeridas no trato gastrointestinal superior e atingem o intestino grosso praticamente intactos, onde são fermentadas e agem como prebióticos. As funções gastrointestinais são as que mais se beneficiam a partir da fermentação dos frutanos tipo inulina. Um dos efeitos mais promissores é a modulação das atividades do cólon, órgão cada vez mais reconhecido por atuar em várias funções-chave na manutenção da saúde e bem-estar, bem como na redução do risco de doenças. A inulina e a oligofrutose, na microbiota intestinal humana, estimulam o crescimento seletivo de microrganismos benéficos, como as bifidobactérias, em menor grau os lactobacilos e possivelmente outras espécies, como o *Clostridium coccooides-Eubacterium rectale*. Assim, através da modulação das funções do cólon, os frutanos tipo inulina também têm o potencial para reduzir o risco de algumas doenças (ROBERFROIDa).

Os frutanos tipo inulina também afetam benéficamente o epitélio intestinal, a morfologia da mucosa e a composição das mucinas. Como consequência, contribuem para a melhoria das atividades química e a enzimática do trato gastrointestinal, aumentando a absorção de nutrientes, tais como vitaminas e minerais (ROBERFROID, 2007a). Além disso, a produção de ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico), por meio da fermentação dos frutanos, favorece a solubilidade e a difusão do cálcio através da mucosa colônica. Estudos também indicam que o ácido butírico estimula a expressão da calbindina-D9K (proteína ligadora de cálcio e dependente da vitamina D), podendo influenciar o transporte ativo do cálcio (SCHOLZ-AHRENS; SCHREZENMEIR, 2002; FRANCK, 2006; SCHOLZ-AHRENS; SCHREZENMEIR, 2007). A empresa belga Beneo-Orafti patenteou um ingrediente funcional, descrito como inulina enriquecida com oligofrutose, como tendo função reconhecida para aumento na absorção de cálcio quando ingerido na quantidade de 8 g/dia (Anexo A).

Observada a literatura, é bastante pertinente aplicar a inulina enriquecida com oligofrutose em alimentos isentos de glúten, pois além de os frutanos apresentam efeito de fibra e prebiótico, melhorando o valor nutritivo dos alimentos e contribuindo para a saúde de indivíduos saudáveis, podem contribuir para o aumento da absorção de cálcio em indivíduos celíacos. Dentre os produtos isentos de glúten, os de panificação estão entre os principais a serem desenvolvidos e destinados a este público alvo.

3.3 Cookies

Biscoitos são itens populares de padaria, consumidos por quase todos os níveis da sociedade. Eles são práticos, podem ser levados para qualquer lugar, têm boa qualidade nutritiva, embora possuam altos teores de gordura e açúcar, e estão disponíveis em diferentes variedades e a um custo acessível. Além disso, possuem baixo teor de umidade (PAREYT; DELCOUR, 2008; LAGUNA et al., 2011; LAGUNA et al., 2013).

Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2005), biscoitos ou bolachas, categoria na qual os *cookies* são enquadrados, são os produtos obtidos pela mistura de farinha(s), amido(s) e ou fécula(s) com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não, e podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos.

Segundo Gallagher (2008), os ingredientes mais importantes usados na produção de biscoitos são farinha, gordura/óleo e açúcar.

Na terminologia norte-americana, trigos *Triticum aestivum* estão divididos em trigo tipo duro e brando (*soft*). A terminologia tipo duro e brando refere-se à força necessária para esmagar os grãos. Em geral, os cultivares tipo brando norte-americanos, que são fáceis de esmagar, são utilizadas para biscoitos (*cookies*), enquanto os cultivares tipo duro, que são mais difíceis de esmagar, são usados em panificação. Por outro lado, em alguns países europeus o termo tipo brando refere-se ao trigo *Triticum aestivum* usado para panificação no geral, enquanto o termo tipo duro, que se refere ao trigo *Triticum durum*, é a matéria-prima para a produção regular de massas alimentícias (PAREYT; DELCOUR, 2008).

Os tipos de *cookies* são geralmente distinguidos com base no tipo de massa, podendo ser de massa feita com farinha de trigo tipo duro ou massa feita com farinha de trigo tipo brando (*soft*). A massa feita com farinha de trigo tipo duro assemelha-se a uma massa de pão, em que uma rede de glúten é formada durante a mistura, que contém água em quantidade relativamente elevada (até 30%) e baixos níveis de açúcar e gordura (até 14% e 12%, respectivamente). A massa feita com farinha de trigo tipo brando (*soft*) dificilmente contém rede de glúten, mas contém, tipicamente, elevados níveis de açúcar (até 30%) e gordura (até 25%), e baixa quantidade de água (até 15%). *Cookies* são de preferência feitos a partir de farinha de trigo brando (DELCOUR et al., 2012).

A sacarose é o açúcar comum usado na preparação de biscoito. Além de fornecer doçura, ele tem impacto na estrutura e textura, e também modifica e melhora o sabor em muitos produtos à base de cereais (CHIOTELLI; ROLÉE; LE MESTE, 2000; MANLEY, 2000). Algumas propriedades físicas do açúcar são importantes para sua utilização, como: solubilidade, higroscopicidade, distribuição de tamanho de partícula e a viscosidade. Estas características influenciam e são influenciadas pela adição dos outros ingredientes, influenciando de forma direta na interação destes ingredientes na massa, e esta interação se torna crucial para a qualidade final do produto (DAVIS, 1995). Sua adição mantém a umidade do produto, proporciona a cor na crosta, contribui para a sua espalhabilidade e maciez, contribuindo para a sua crocância (HUI et al., 2006), influência o produto final devido a transição vítrea, e desempenha um papel na estabilidade emulsiva-coloidal do sistema (DAVIS, 1995).

As principais funções das gorduras em produtos de panificação são as de lubrificação da massa, expansão do produto, textura mais tenra e melhoria do sabor e palatabilidade. *Cookies* têm níveis mais baixos de umidade do que bolo e pão, e, portanto, dependem mais da gordura para conferir maciez e sensação na boca (HUI et al., 2006). A gordura é o principal ingrediente responsável para a ligação dos outros ingredientes na massa. Isso explica porque a preparação da gordura e a temperatura da massa desempenham um papel tão importante no controle da consistência da massa. A adição de gordura para massa tem o efeito de reduzir o nível de água necessária para formar uma massa de consistência viável e de tornar o produto mais macio (WADE, 1988). O tipo e o nível de gordura adicionada à massa têm um forte efeito sobre as propriedades da viscoelasticidade (BALTSAVIAS; JURGENS; VAN VLIET, 1997). Em suma a gordura desempenha um papel estrutural importante (WADE, 1988).

A mistura da massa na fabricação de *cookies* é geralmente um processo de múltiplos passos, em que a gordura é o primeiro ingrediente a ser misturado com a água e o açúcar para obter um creme. Após isso, a farinha de trigo é adicionada aos poucos para uma mistura mínima (PAREYT; DELCOUR, 2008). Este tipo de mistura, juntamente com alto teor de açúcar, alto teor gordura, e baixo nível de umidade, produz uma massa não extensível e não elástica, com o mínimo desenvolvimento do glúten, se houver (DELCOUR et al., 2012). Devido ao baixo teor de umidade, as partículas de farinha na massa permanecem intactas e descontínuas à temperatura ambiente, e a coesividade da massa é principalmente determinada pela mistura de uma solução de açúcar em água e elevados níveis de gordura (PAREYT; BRIJS; DELCOUR, 2010).

Quando variáveis de mistura, tendo como exemplo a fabricação de *cookies*, estão envolvidas em uma otimização, o resultado depende da proporção em que esses componentes se encontram e seus níveis não podem ser variados sem levar em conta os outros componentes. Em outras palavras, misturas são sistemas cujas propriedades dependem das proporções relativas dos seus componentes e não de suas concentrações (COSCIONE; ANDRADE; MAY, 2005; BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010). As misturas têm grande importância industrial e são muito usadas na obtenção de formulações de diversos produtos, tais como novos materiais, alimentos e fármacos (COSCIONE; ANDRADE; MAY, 2005).

3.4 Metodologia de modelagem de mistura

A modelagem de misturas constitui um planejamento fatorial aplicado para estudar a composição de uma mistura de ingredientes na variável resposta de um ensaio (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010). A partir de um delineamento de misturas, a resposta ou a propriedade muda somente quando são feitas alterações nas proporções dos componentes que fazem parte dessa mistura. Portanto, a finalidade principal de se utilizar essa metodologia é verificar como as respostas ou propriedades de interesse são afetadas pela variação das proporções dos componentes da mistura. Nesse caso, as proporções dos componentes não são independentes, pois sua soma deve totalizar 100% (CORNELL, 2002; BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010).

Um modelo experimental bastante utilizado é o planejamento em rede centroide simplex. Nesse delineamento, o modelo mais simples para uma mistura é o modelo linear ou aditivo, que procura explicar o comportamento de uma propriedade apenas com os resultados obtidos com a utilização de cada componente individualmente, isto é, prever o comportamento de qualquer mistura sem realizar nenhuma mistura. Numa mistura de três componentes, pode-se ter, além deste, modelos quadráticos que consideram os efeitos das interações de dois componentes, e modelos cúbicos que consideram os efeitos das interações dos três componentes (HILLIG et al., 2003).

O modelo mais simples para uma mistura de três componentes é o modelo aditivo ou linear, dado por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \epsilon_i,$$

em que Y_i é um valor experimental da resposta de interesse, β_0 , β_1 , β_2 e β_3 são os parâmetros do modelo e ϵ_i representa o erro aleatório associado à determinação do valor de Y_i . Já os modelos quadrático e cúbico especial são dados, respectivamente, por:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \epsilon_i,$$

$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 + \epsilon_i$
sendo que X_1 , X_2 , X_3 são componentes da mistura e $X_1 + X_2 + X_3 = 1$.

Dessa forma, a modelagem de misturas consiste em ajustar um modelo matemático polinomial a uma superfície de resposta obtida segundo um planejamento experimental específico, conhecido como planejamento estatístico de misturas. Essa denominação é utilizada para diferenciá-lo do planejamento fatorial empregado no modelamento de variáveis de processo. O planejamento estatístico de misturas empregado irá depender da complexidade do modelo matemático que se deseja ajustar e do número de componentes da mistura. Esse planejamento envolve a execução de um número exato de experimentos, necessários para ajuste do modelo matemático selecionado e que permita determinar os parâmetros com o mínimo de erro. Para que isso seja possível, é necessário realizar experimentos pré-selecionados, envolvendo os componentes puros e outras misturas de composição variadas (COSCIONE; ANDRADE; MAY, 2005).

Dessa forma, a modelagem de misturas tem grande importância industrial, sendo muito utilizado na obtenção de diversos produtos, como alimentos, fármacos e polímeros (COSCIONE; ANDRADE; MAY, 2005). E quando se trata do processamento de alimentos, a mudança na proporção entre os ingredientes, ou simplesmente a alteração de ingredientes, resulta em diversas alterações químicas, físicas e sensoriais, sendo que para *cookies*, algumas delas são fundamentais e decisivas para aceitação pelo consumidor. Neste sentido, a análise sensorial representa um passo decisivo durante as várias fases de desenvolvimento de um produto alimentar.

3.5 Análise sensorial

Como parte da família da Ciência dos Alimentos, a análise sensorial tem função semelhante à caracterização química, física e microbiológica dos produtos. No entanto, pelo fato de estar mais perto da percepção dos consumidores do que ensaios físico-químicos e biológicos, a análise sensorial ajuda a interpretar consequências na modificação de formulações, processos, armazenamento e assim por diante. Além disso, utilizando a metodologia adequada, a pesquisa sensorial pode fornecer informações sobre as respostas dos consumidores frente aos produtos avaliados (TUORILA; MONTELEONE, 2009).

A análise sensorial é a ciência utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar as reações das características dos alimentos e materiais da forma em que são percebidos

pelos sentidos da visão, olfação, paladar, tato e audição. Conforme a definição implica, avaliação sensorial envolve a medição e avaliação das propriedades sensoriais dos alimentos e outros materiais. A avaliação sensorial também envolve a análise e a interpretação das respostas por parte do profissional sensorial; isto é, o indivíduo que fornece a conexão entre o mundo interno (tecnologia e desenvolvimento do produto) e o mundo externo (comercialização do produto), dentro das limitações existentes (STONE; SIDEL, 2004).

Os testes utilizados em análise sensorial podem ser classificados em: discriminativos (testes utilizados para verificar a diferença sensorial entre produtos); afetivos (testes utilizados para verificar a aceitação e preferência por produtos); e descritivos (testes que têm como função descrever o perfil de aroma ou de textura ou até o perfil sensorial completo de produtos) (LAWLESS; HEYMANN, 2010).

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) constitui um método descritivo de avaliação sensorial que identifica, descreve e quantifica os atributos sensoriais (aparência, aroma, textura e sabor) de um produto, fornecendo informações quantitativas sobre todo o perfil sensorial destes produtos e permitindo o conhecimento de seus atributos positivos e negativos (STONE; SIDEL, 1993; MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999). Quando se associa a ADQ a estudos afetivos do consumidor, conclusões de extrema importância podem ser obtidas, como saber quais as características sensoriais e em quais intensidades estão presentes nos produtos mais ou menos aceitos pelos consumidores e, ainda, verificar de que forma produtos concorrentes diferem sensorialmente entre si (STONE e SIDEL, 2004; REIS et al., 2006).

Os testes afetivos são usados para quantificar a preferência do consumidor ou o grau de gostar/não gostar de um produto (LAWLESS; CLAASSEN, 1993). O objetivo é avaliar a resposta pessoal de preferência ou aceitação dos consumidores em relação ao produto (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007). Testes afetivos são chamados de teste de consumidor, o que significa que os participantes do estudo sempre devem ser inexperientes e representantes da população consumidora do produto que está sendo avaliado. Além disso, não é sensato utilizar avaliadores treinados para julgar a preferência ou aceitação de um produto, uma vez que eles possuem uma forma muito detalhada de avaliar os produtos.

Dentre as formas de avaliação dos resultados de testes de aceitação sensorial, estão os mapas de preferência. A técnica de mapa de preferência utiliza análise

estatística multivariada, para obter, num espaço multidimensional, uma representação gráfica das diferenças de aceitação entre produtos (ELMORE et al., 1999). Os mapas podem ser divididos em duas categorias: interno, quando se constrói o espaço vetorial apenas a partir dos dados de aceitação, permitindo conhecer quais as características sensoriais e em quais intensidades estão presentes nos produtos mais ou menos aceitos pelos consumidores; e externo, em que o espaço vetorial é construído com dados de análise descritiva ou outras caracterizações físico-químicas e, depois correlacionado com dados de aceitação (LAWLESS, HEYMANN, 2010). Dessa forma, os mapas de preferência auxiliam o desenvolvimento de novos produtos no sentido de identificar as amostras mais aceitas e as características responsáveis por tal aceitação, sendo uma ferramenta muito utilizada em análise sensorial.

A análise sensorial representa um passo decisivo durante as várias fases de desenvolvimento de um produto alimentício e também tem papel fundamental na investigação dos efeitos decorrentes da mudança de ingredientes em qualquer produto.

TORBICA, HADNAĐEV e DAPČEVIĆ (2012) pesquisaram a influência de farinha de arroz e trigo sarraceno na qualidade de *cookies* sem glúten, nas proporções de 90/10, 80/20 e 70/30, e foram comparados com amostras contendo trigo. Estes *cookies* foram avaliados por uma equipe com 10 avaliadores. Estes concluíram que o aumento da farinha de trigo sarraceno de 10 para 20% resultou em um aumento nas notas sensoriais para sabor, ruptura e mastigabilidade.

VILLEMEJANE, et al., 2013, compararam a ferramentas tecnológicas e sensoriais para caracterizar a consistência e desempenho de massas de biscoitos enriquecidos com fibras. Estas duas abordagens são ferramentas que ajudaram na formulação de biscoitos com alto teor de fibra alimentar, pois as duas formas de análise contribuíram com a simples relação encontrada entre o valor real e prevista para a hidratação da massa com a água.

Outra contribuição neste sentido foi realizada por HANDA, GOOMER e SIDDHU (2011), que avaliaram a influência da inclusão de frutanos em *cookies* produzidos com grão integrais. Os consumidores (M = 110 e F = 190), com idade entre 8 e 66 anos avaliaram os *cookies* e atribuíram a aceitação global com notas de $8,0 \pm 0,58$ em uma escala hedônica de 9 pontos. Esta aceitação contribui com o desenvolvimento de um novo produto e a sua disponibilidade no mercado iria oferecer aos consumidores "saúde" com "conveniência" e "sabor" (HANDA; GOOMER; SIDDHU, 2011).

Biguzzi, Schlich, Lange, (2014), observaram o impacto da redução de açúcar e gordura na percepção e gosto de biscoitos. Para esta avaliação foram recrutados setenta e nove consumidores de biscoitos que avaliaram a diferença de quatro categorias de biscoitos. Os biscoitos com reduzido teor de açúcar foram percebidos como menos doce do que biscoitos padrão, em menores níveis de redução, enquanto biscoitos com teor de gordura reduzido foram percebidos com menos gordura do que biscoitos padrão em maiores níveis de redução. A redução do teor de açúcar não teve nenhum efeito sobre a percepção de gordura, enquanto que a redução do teor de gordura, por sua vez, induziu uma sensação reduzida da doçura. Para a maioria dos biscoitos estudados, as variáveis menos apreciadas foram às percebidas como menor doçura, menor doçura e menor teor de gordura ou menor doçura e menor crocância em relação ao biscoito padrão. Além disso, as únicas variáveis percebidas como menor teor de gordura não foram significativamente desgostadas. Estes resultados sugeriu que a partir de um ponto de vista sensorial, é mais aceitável o reduzido teor de gordura do que o teor de açúcar em biscoitos.

Às propriedades sensoriais de biscoitos enriquecidos por frutooligossacarídeos foi observada por HANDA; GOOMER; SIDDHU, 2012. Através da substituição parcial do açúcar em níveis de 40%, 60%, e 80%. A análise foi conduzida a partir da escala hedônica de 9 pontos, indicando que os consumidores gostaram dos *cookies* com FOS, com a substituição em até 60% de açúcar em relação ao *cookie* controle devido a melhoria da cor, textura e aparência. Assim, o FOS parece ser adequado como um substituto parcial de sacarose até 60%.

LAGUNA, et al., (2011), observaram o efeito do amido resistente em biscoitos. Para análise utilizou-se de um controle sem substituição e 3 formulações em que 20, 40 e 60 g de farinha por 100 g foram substituídos por um amido resistente (RSRI) (amostras 20RSRI, 40RSRI e 60RSRI). A aceitação sensorial dos biscoitos 20RSRI não diferiu significativamente do controle a de 40RSRI reduziu à aceitabilidade da cor, textura e aparência, sem alterar o sabor, a doçura e a aceitação global. Nenhum dos dois níveis reduziu de forma significativa à intenção de consumo. No entanto, 60% de substituição de farinha produziram biscoitos com baixa aceitação e reduziu de forma significativa à intenção de consumo. A aceitação pelos consumidores dos biscoitos foi boa e a diferença significativa foi praticamente inexistente, exceto na formulação 60 RSRI, que foi significativamente menos aceito indicando que RSRI tem um bom potencial para o desenvolvimento de biscoitos ricos em fibras.

O uso de inulina em biscoito foi observada por RODRIGUEZ-GARCIA et al., (2013) com o objetivo de avaliar os efeitos da inulina como substituta de gordura em biscoitos. Uma formulação controle, sem substituição, e quatro formulações em que 10, 20, 30, e 40% de gordura foram substituídos por inulina foram estudados. Quinze avaliadores observaram que a substituição limite da gordura por inulina de até 20%, tal conclusão se baseou na dureza acima, porém aceitável em relação ao biscoito com teor integral de gordura. Pode se concluir que a redução pode ser parcialmente substituída, em até 20%, com inulina. Os biscoitos com esse teor de gordura são semelhantes ao biscoito controle, e pode fornecer um adicional benefício a saúde devido à presença de inulina.

Com esta mesma proposta LAGUNA, et al., (2014), avaliaram uma formulação controle, sem substituição de gordura, e outras duas formulações com 15 e 30 g/100 g de gordura substituídas por dois diferentes substitutos de gorduras à base de carboidratos (inulina e hidroxipropilmetilcelulose). O nível e o tipo de substituto de gordura influenciaram as características de textura de biscoitos e suas qualidades sensoriais. A inulina e HPMC aumentaram a dureza e a intensidade máxima de som. Os avaliadores concluíram que biscoito com 15% de substituição de gordura por inulina é o limite para não diminuir a aceitação dos biscoitos pela a corânica. Porcentagem limite também para a substituição da gordura por HPMC, pois maior substituição reduz sua aceitabilidade global.

Portanto, a caracterização sensorial, atrelada à composição química e propriedades físicas de qualquer que seja o alimento, é fundamental, tanto para obtenção de informações sobre o produto, como também para viabilizar seu sucesso em um mercado atualmente tão competitivo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

A farinha de arroz (Urbano), farinha de soja (Jasmine) e polvilho (Yoki) foram utilizados como substitutos de farinha de trigo para a produção de *cookies* de chocolate. Os outros ingredientes utilizados foram: farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico (Nonita), açúcar refinado (União), manteiga sem sal (Aviação), ovo (Iwamoto), cacau em pó (Nestlé), extrato de baunilha (Dr. Oetker), o fermento em pó (Royal), sal (Cisne) e bicarbonato de sódio (Kitano). Todos os ingredientes foram adquiridos em mercado local.

O produto Orafti[®]Synergy1, composto de inulina enriquecida com oligofrutose e chamado de **inulina/oligofrutose** neste trabalho, foi fornecido pela Beneo-Orafti, empresa belga que extrai e produz inulina e oligofrutose, e é composto por, aproximadamente, 46g de oligofrutose, 46g de inulina e 8g de glicose + frutose + sacarose (a Beneo-Orafti não fornece informação sobre o grau de polimerização da inulina e oligofrutose presentes no produto Orafti[®]Synergy1). Como informado anteriormente, a inulina enriquecida com oligofrutose, patenteada pela empresa belga Beneo-Orafti, tem função reconhecida para aumento na absorção de cálcio quando ingerida na quantidade de 8g/dia (Anexo A).

Um *cookie* comercial, sabor chocolate, também foi comprado em mercado local para ser comparado com os *cookies* desenvolvidos. A lista de ingredientes deste *cookie* inclui farinha de trigo orgânica enriquecida com ferro e ácido fólico, açúcar orgânico, gordura de palma orgânica, cacau orgânico, açúcar invertido orgânico, sal, fermento químico (bicarbonato de amônio e bicarbonato de sódio) e aroma natural de baunilha.

4.2 Análise da composição centesimal das farinhas isentas de glúten

A farinha de arroz, farinha de soja integral e polvilho, utilizados como substitutos da farinha de trigo, foram caracterizados quanto à composição centesimal, sendo:

- umidade por evaporação a 105°C, proteína por micro-Kjeldhal, lipídeos através do método de extração por Soxhlet com éter de petróleo e cinzas através de incineração em mufla a 550°C (AOAC, 1990);

- fibra pelo método enzimático-gravimétrico descrito por PROSKY et al. (1988), utilizando o kit enzimático TDF100A-1KT (Sigma-Aldrich, USA);

- a quantidade de carboidratos disponíveis foi calculada por diferença.

Todas as análises foram realizadas em triplicata, com exceção de fibra, que foi em duplicata.

4.3 Desenvolvimento e caracterização dos *cookies* de chocolate isentos de glúten

Primeiramente, foram definidas as quantidades de ingredientes, as condições de preparo, tempo e temperatura de forneamento da formulação padrão, com farinha de trigo.

A formulação padrão foi produzida com os seguintes ingredientes: farinha de trigo (450 g), açúcar refinado (270 g), manteiga sem sal (150 g), ovos (150 g), chocolate em pó (135 g), essência de baunilha (15 mL), fermento químico (15 g), sal (8,1 g) e bicarbonato de sódio (4,5 g). A manteiga, o açúcar e a essência de baunilha foram misturados em misturador planetário por 2 min. Foram adicionados os ovos e a massa foi misturada por 2 min. Foi adicionada a farinha de trigo, o chocolate em pó, o fermento químico, o sal e o bicarbonato de sódio, e a massa foi novamente misturada por 2 min. À massa foi laminada em cilindro elétrico (Cilindro Elétrico para massas V. 300, Vithory, Catanduva, Brasil) de 5 a 7 mm de espessura e cortada em unidades cilíndricas, usando uma forma apropriada de, aproximadamente, 3,3 cm de diâmetro. Os *cookies* moldados foram colocados em assadeiras forradas com papel manteiga, e, em seguida, foram levados ao forneamento em forno Pasioni (modelo Turbo 240 Classic) a 150°C por 8 min. O resfriamento foi realizado à temperatura ambiente por aproximadamente 40 min, sem corrente de ar e os *cookies* foram embalados a vácuo (Seladora a vácuo 200B, Selovac, São Paulo, Brasil) em sacos plásticos de polietileno (35 cm de comprimento, 25 cm de largura e 0,16 cm de espessura) e armazenados em caixas plásticas de polipropileno à temperatura ambiente até o momento das análises.

Os *cookies* isentos de glúten foram produzidos a partir da formulação padrão de forma idêntica, tanto na quantidade dos ingredientes quanto nas condições de

processamento, e substituindo-se completamente a farinha de trigo pelos ingredientes farinha de arroz, farinha de soja integral ou polvilho. Para essa substituição, utilizou-se o delineamento centroide simplex para misturas ternárias (Tabela 1), com o objetivo de avaliar os efeitos da interação entre farinha de arroz (X_1), farinha de soja integral (X_2) e polvilho (X_3) na aceitação sensorial (aparência, aroma, textura, sabor, aceitação global e intenção de compra; item 4.3.1) e parâmetros físicos (cor, textura instrumental, volume específico e fator de expansão; item 4.3.2) dos *cookies*, sendo estas características consideradas, portanto, variáveis dependentes do delineamento experimental.

Tabela 1: Planejamento experimental e níveis dos ingredientes farinha de arroz (X_1), farinha de soja integral (X_2) e polvilho (X_3) na mistura.

Formulação	proporção de cada componente na mistura*			quantidade (g) de cada componente na mistura		
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3
1	1	0	0	450	0	0
2	0	1	0	0	450	0
3	0	0	1	0	0	450
4	0,5	0,5	0	225	225	0
5	0,5	0	0,5	225	0	225
6	0	0,5	0,5	0	225	225
7	0,33	0,33	0,33	150	150	150
8	0,33	0,33	0,33	150	150	150
9	0,33	0,33	0,33	150	150	150
10	0,66	0,17	0,17	297	76,5	76,5
11	0,17	0,66	0,17	76,5	297	76,5
12	0,17	0,17	0,66	76,5	76,5	297

* $X_1+X_2+X_3 = 1$ (equivalente a 100%).

Fonte: BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010.

Os *cookies* isentos de glúten foram comparados, em todas as análises, com o *cookie* com farinha de trigo e com o *cookie* comercial, sabor chocolate.

4.3.1 Análise da aceitação sensorial pelos *cookies* de chocolate isentos de glúten

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Parecer número 149.493; Anexo B).

As análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do mesmo instituto, usando cabines individuais com luz branca, e anteriormente aos testes, os consumidores recrutados dentre alunos/funcionários/professores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo C).

Inicialmente, foi aplicado um questionário para caracterização dos consumidores (idade e sexo), grau de gostar, preferência em relação aos *cookies* e frequência de consumo de *cookies*. Em sequência, as formulações foram avaliadas quanto à aceitação sensorial, por meio de escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de "desgostei extremamente" a "gostei extremamente" (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007), na seguinte ordem: aparência, aroma, textura, sabor e aceitação global. Também foi avaliada a intenção de compra dos *cookies*, por meio de escala de cinco pontos, variando de “certamente não compraria” a “certamente compraria” (Figura 2).

O teste foi realizado com noventa e dois consumidores e as amostras foram aleatorizadas e avaliadas de forma monádica, em blocos completos e balanceados (MACFIE et al., 1989). Os consumidores receberam um *cookie* de cada amostra, apresentado em um guardanapo codificado com três dígitos aleatórios.

Figura 2: Ficha utilizada para a análise da aceitação sensorial dos *cookies* de chocolate isentos de glúten.

Nome: _____		Data: _____	
1) Você está recebendo uma amostra de <i>cookie</i> de chocolate. Por favor, prove-a e avalie cada item segundo a escala abaixo.			
9 – gostei extremamente			
8 – gostei muitíssimo			
7 – gostei moderadamente			
6 – gostei levemente			
5 – não gostei nem desgostei			
4 – desgostei levemente			
3 – desgostei moderadamente			
2 – desgostei muitíssimo			
1 – desgostei extremamente			
		Item	Código da amostra:
		Aparência	
		Aroma	
		Textura	
		Sabor	
		Aceitação global	
2) Assinale, para esta amostra, qual seria sua intenção de compra:			
<input type="checkbox"/> Eu certamente compraria esta amostra.			
<input type="checkbox"/> Eu provavelmente compraria esta amostra.			
<input type="checkbox"/> Tenho dúvidas se compraria ou não esta amostra.			
<input type="checkbox"/> Eu provavelmente não compraria esta amostra.			
<input type="checkbox"/> Eu certamente não compraria esta amostra.			
Comentários: _____			

4.3.2 Análise das propriedades físicas dos *cookies* de chocolate isentos de glúten

A cor de dez *cookies* aleatórios foi analisada em colorímetro Hunterlab, modelo Color Flex 45/0 (Reston, EUA) e programa Spectra Magia Nx (versão CM-S100W 2.03.0006, Virginia, EUA), utilizando iluminante D65 e observador 10°. O sistema CIE-L*a*b* foi utilizado (L* = luminosidade; a* = vermelho/verde; b* = amarelo/azul), sendo também obtidos os valores de croma (C*) e tom (h) (CLYDESDALE, 1984).

A textura instrumental foi realizada em texturômetro TA.XT/Plus/50 (Stable Micro Systems, Godalming, England) e programa Texture Exponent 32 (Stable Micro Systems, Godalming, England). Dez amostras aleatórias de *cookies* foram analisadas inteiras e comprimidas até a ruptura completa, sendo que a força máxima obtida foi considerada como a força de corte dos *cookies*. Foram utilizados dois *probes*:

1) *probe three point bending*, com uma distância de 3,0 cm entre os eixos e velocidade de teste de 1,0 mm.s⁻¹ (LAGUNA et al., 2012);

2) *probe Warner-Bratzler* com guilhotina, com velocidade de teste de 1,0 mm.s⁻¹.

O volume específico (cm³.g⁻¹), medido em dez amostras aleatórias, foi calculado pela razão entre o volume aparente (determinado pelo deslocamento de sementes de painço) e o peso dos *cookies* após o forneamento (PIZZINATTO; MAGNO; CAMPAGNOLLI, 1993).

O diâmetro e a espessura de dez amostras aleatórias de *cookies* foram medidos com paquímetro digital (Digimess IP54), antes e após o forneamento. O fator de expansão foi calculado segundo $FE = (\text{diâmetro/espessura do cookie após forneamento})/(\text{diâmetro/espessura do cookie antes do forneamento})$ (AACC, 2000; método 10-50D).

4.3.3 Análises estatísticas para esta etapa do trabalho

Os resultados foram submetidos à análise de regressão múltipla, sendo consideradas as variáveis independentes cujo coeficiente apresentou nível de significância menor ou igual a 0,05, e à análise de variância para verificação da significância da regressão ($p \leq 0,05$) e falta de ajuste do modelo ($p > 0,05$) (BARROS-NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010).

Baseado nos resultados obtidos por meio do delineamento experimental (item 5.2), outras análises estatísticas, que são apresentadas abaixo, foram realizadas para comparação dos resultados obtidos para os *cookies* de chocolate isentos de glúten com o *cookie* padrão e com um *cookie* comercial.

As médias relativas à análise sensorial ($n = 92$) foram comparadas por meio da análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey, sendo que as médias relativas aos parâmetros físicos ($n = 10$) foram comparados por meio do teste Kruskal-Wallis (ANOVA não paramétrica) seguido do teste de Dunn.

A correlação de Pearson foi aplicada para as notas individuais atribuídas pelos consumidores para investigar a correlação entre os atributos sensoriais e aceitação global para cada *cookie*. Coeficiente de correlação acima de 0,70 indica correlação muito forte (LEIGHTON; SCHÖNFELDT; KRUGER, 2010) e é considerado significativo quando $p \leq 0,05$.

Os mapas de preferência internos foram construídos por meio da análise de *cluster* seguida de escalonamento multidimensional. As amostras de *cookies* foram fixadas em colunas (variáveis) e as notas individuais dos consumidores em linhas (casos). Em primeiro lugar, a análise de *cluster*, considerando a distância Euclideana como medida de distância e *single linkage* como *amalgamation rule*, foi aplicada aos dados individuais de cada consumidor e o ponto médio do maior incremento foi considerado para separar os grupos. A análise de agrupamento hierárquico gera uma

matriz contendo o número de sujeitos agrupados, e quanto menor a distância entre eles, maior sua similaridade e relacionamento. O objetivo do processo de divisão é unificar grupos de tal forma que a variação no interior destes grupos não aumente drasticamente e os grupos resultantes sejam os mais homogêneos possíveis (HÄRDLE; SIMAR, 2012). A matriz resultante da análise de agrupamento foi então submetida à análise de escalonamento multidimensional, que é uma técnica multivariada baseada na proximidade entre objetos, sujeitos ou estímulos, utilizada para produzir uma representação espacial desses itens (HAIR et al., 2006). Os gráficos resultantes do escalonamento multidimensional foram chamados de mapa de preferência interno. Finalmente, o escalonamento multidimensional pode ser avaliado pelo *stress value*, e valores abaixo de 0,05 indicam que o uso desta análise multivariada é apropriado (JOHNSON; WICHERN, 1992; KRUSKAL; WISH, 1978).

O mapa de preferência externo foi construído utilizando a Análise de Componentes Principais. As médias sensoriais e físicas foram fixadas em colunas (variáveis), os diferentes *cookies* em linhas (casos) e os dados foram padronizados em colunas antes da análise. A análise de componentes principais foi realizada com uma matriz de correlação e sem rotação de fatores. Porcentagem de variação explicada acima de 70% pelos dois primeiros componentes principais indica forte correlação entre variáveis e que a análise de componentes principais é uma análise multivariada apropriada para ser aplicada aos dados (MARDIA; KENT; BIBBY, 1979).

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa Statistica 10 (StatSoft, Inc., 2004), com exceção das análises para comparação de médias e medianas, que foram realizadas no programa MINITAB 17.1.0 (Minitab Inc., Pensilvânia, EUA). Adotou-se nível de significância de 5% para todas as análises.

4.4 Desenvolvimento dos *cookies* de chocolate isentos de glúten e adicionados de inulina/oligofrutose por meio da metodologia de modelagem de misturas

Inicialmente, objetivou-se produzir *cookie* de chocolate isentos de glúten com quantidade adequada de inulina/oligofrutose para obter o efeito benéfico para aumento na absorção de cálcio em indivíduos celíacos, além de utilizar o produto inulina/oligofrutose como substituto de açúcar e gordura nas formulações dos *cookies* de chocolate isentos de glúten. Para isso, foi construído novamente um delineamento

centroide simplex para misturas ternárias (Tabela 2) para verificar os efeitos dos ingredientes açúcar, manteiga (gordura) e inulina/oligofrutose na aceitação sensorial (aparência, aroma, textura, sabor, aceitação global e intenção de compra) e parâmetros físicos (cor, textura instrumental, volume específico e fator de expansão) dos *cookies*, sendo estas características consideradas, portanto, variáveis dependentes do delineamento experimental. Como a formulação padrão é produzida com 270 g de açúcar e 150 g de manteiga (item 4.3), foi considerada a quantidade de 150 g para 100% de cada um dos componentes na mistura (Tabela 2), sendo que os 120 g restantes de açúcar foram fixos e adicionados em todas as formulações.

Tabela 2: Planejamento experimental e níveis dos componentes: açúcar (X_1), manteiga (X_2) e inulina/oligofrutose (X_3) na mistura.

Formulação	proporção de cada componente na mistura*			quantidade (g) de cada componente na mistura		
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3
1	1	0	0	150	0	0
2	0	1	0	0	150	0
3	0	0	1	0	0	150
4	0,5	0,5	0	75	75	0
5	0,5	0	0,5	75	0	75
6	0	0,5	0,5	0	75	75
7	0,33	0,33	0,33	50	50	50
8	0,33	0,33	0,33	50	50	50
9	0,33	0,33	0,33	50	50	50
10	0,66	0,17	0,17	99	25,5	25,5
11	0,17	0,66	0,17	25,5	99	25,5
12	0,17	0,17	0,66	25,5	25,5	99

* $X_1+X_2+X_3 = 1$ (equivalente a 100%).

Fonte: BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010.

Os *cookies* foram produzidos da mesma forma descrita no item 4.3, com duas exceções: 1) foi utilizada a farinha de arroz ao invés da farinha de trigo para o *cookie* padrão, e 2) foi excluído o bicarbonato de sódio da formulação, visto que o fermento químico já possui este ingrediente.

A análise de aceitação sensorial dos *cookies* foi realizada da mesma forma descrita no item 4.3.1 e utilizando a mesma ficha de avaliação, sendo que noventa consumidores participaram do teste. Da mesma forma, a análise das propriedades físicas dos *cookies* foi realizada segundo as mesmas metodologias descritas no item 4.3.2, mas o *probe Warner-Bratzler* com guilhotina não foi mais utilizado. Optou-se por utilizar apenas o *probe three point bending* por dois motivos: 1) mais trabalhos utilizando o *probe three point bending* para este produto foram encontrados na literatura; e 2) os dois *probes* apresentaram correlação positiva forte entre si (Figura 11A), indicando que ambos mensuram as forças dos *cookies* de maneira semelhante. Dessa forma, foi dada continuidade no trabalho com apenas um *probe*.

4.4.1 Análises estatísticas para esta etapa do trabalho

Nesta etapa do trabalho, os resultados foram submetidos à análise de regressão múltipla, sendo consideradas as variáveis independentes cujo coeficiente apresentou nível de significância menor ou igual a 0,05, e à análise de variância para verificação da significância da regressão ($p \leq 0,05$) e falta de ajuste do modelo ($p > 0,05$) (BARROS-NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010). O planejamento experimental e as análises estatísticas foram efetuados no programa Statistica 10.0 (StatSoft, Inc.).

4.5 Desenvolvimento dos *cookies* de chocolate isentos de glúten e adicionados de inulina/oligofrutose por meio da substituição parcial da farinha de arroz

Em função dos resultados apresentados no item 5.3, observa-se que os *cookies* obtidos por meio da metodologia de modelagem de misturas não apresentaram características sensoriais adequadas para consumo. Por isso, nova proposta foi feita para atingir o objetivo principal deste trabalho, levando em consideração tanto a viabilidade do ponto de vista sensorial dos *cookies*, assim como a presença de quantidades maiores de frutanos totais (inulina/oligofrutose) nos produtos.

Para isso, inicialmente, três formulações provenientes da própria metodologia de modelagem de misturas (ensaios 3, 7 e 10 da Tabela 2) foram produzidas e tiveram a quantidade de frutanos totais analisada. Objetivou-se, neste momento, identificar a perda de frutanos totais durante o preparo e forneamento dos *cookies*. Nas três

formulações, a perda de frutanos totais foi de 20%, o que coincide com a recomendação informal da própria Beneo-Orafti de se adicionar uma sobre dose de 20% de inulina/oligofrutose para compensação das perdas. O passo seguinte foi determinar o máximo de substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose, sem grandes prejuízos às características sensoriais dos *cookies*, principalmente da textura. Verificou-se que a substituição de até 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose resultava, ainda, em um adequado *cookie* com baixa dureza, embora adesivo. Dessa forma, substituições parciais da farinha de arroz pelo produto inulina/oligofrutose nas proporções de 25, 50 e 75% foram realizadas e a Tabela 3 apresenta as formulações dos *cookies* padrão e com inulina/oligofrutose.

O preparo dos *cookies* foi realizado da mesma forma descrita no item 4.3, e novamente com a substituição da farinha de trigo pela farinha de arroz e sem o bicarbonato de sódio. Além disso, os *cookies* com inulina/oligofrutose foram comparados com o *cookie* padrão formulado sem substituição da farinha de arroz e com o mesmo *cookie* comercial, sabor chocolate, já descrito anteriormente, totalizando cinco amostras.

Tabela 3: Formulações dos *cookies* de chocolate com substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose (I/O).

Ingredientes	Cookie			
	Padrão	25% de I/O*	50% de I/O*	75% de I/O*
Farinha de Arroz (g)	450	337,5	225	112,5
Orafti® Synergy1 (g)	0	112,5	225	337,5
Açúcar (g)	270	270	270	270
Manteiga (g)	150	150	150	150
Ovos (g)	150	150	150	150
Chocolato em pó (g)	135	135	135	135
Essência de baunilha (mL)	15	15	15	15
Fermento químico (g)	15	15	15	15
Sal (g)	8,1	8,1	8,1	8,1

*substituições parciais da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose nas proporções de 25, 50 e 75% resultaram nas quantidades de 9,4, 18,8 e 28,3% de inulina/oligofrutose em 100% da massa.

4.5.1 Análise das características químicas dos *cookies* de chocolate com substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose

Foi realizada a análise de composição centesimal dos *cookies* de chocolate padrão e com inulina/oligofrutose, sendo:

- umidade por evaporação a 105°C, proteína por micro-Kjeldhal, lipídeos através do método de extração por Soxhlet com éter de petróleo e cinzas através de incineração em mufla a 550°C (AOAC, 1990);
- fibra alimentar solúvel, insolúvel e total pelo método enzimático-gravimétrico descrito por PROSKY et al. (1988);
- frutanos totais (apenas nos *cookies* com inulina/oligofrutose), segundo método 999.03 da AOAC (2010);
- carboidratos disponíveis por diferença entre 100 e a soma entre umidade, proteína, lipídeo, cinzas, fibra alimentar total e frutanos totais.

Foi analisada a atividade de água dos *cookies* em equipamento NOVASINA Aw Sprint - Axair Switzerland, à temperatura constante ($25,0 \pm 0,3^\circ\text{C}$).

Também foi realizada análise de glúten nos *cookies* desenvolvidos. Essa análise foi realizada pelo Centro de P&D de Chocolate, Balas, Confeitos e Panificação/Instituto de Tecnologia de Alimentos de Campinas (Cereal Chocotec/ITAL), utilizando kit comercial certificado pela AOAC Internacional (Association of Official Analytical Chemists). A base do método é a reação antígeno-anticorpo, realizada em placas de microtitulação para ELISA com poços sensibilizados com anticorpo R5 anti-gliadina (RIDASCREEN Gliadin R-Biopharm, Darmstadt, Alemanha). A leitura da absorbância, feita a 450nm, foi realizada utilizando leitor ELISA ELX800 da marca Biotek Instruments. A concentração de gliadina foi então calculada através da equação obtida pela curva padrão (absorbância versus concentração padrão de gliadina).

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Para o *cookie* comercial, as análises de umidade e cinzas foram feitas em laboratório, pois essas informações não constam na tabela de informação nutricional do produto, sendo que as demais informações referentes à composição centesimal foram retiradas do rótulo. Além disso, não foi feita análise de glúten no *cookie* comercial, pois o produto é feito com farinha de trigo.

4.5.2 Análise das propriedades físicas dos *cookies* de chocolate com substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose

A análise das propriedades físicas dos *cookies* foi realizada segundo as mesmas metodologias descritas no item 4.3.2, mas o *probe Warner-Bratzler* com guilhotina não foi mais utilizado, uma vez que há mais trabalhos na literatura utilizando o *probe three point bending* para este produto.

4.5.3 Análise do perfil sensorial dos *cookies* de chocolate com substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose

Os *cookies* de chocolate tiveram seus perfis sensoriais avaliados usando análise descritiva adaptada de Stone e Sidel (2004).

4.5.3.1 Recrutamento e pré-seleção da equipe

O recrutamento dos avaliadores foi realizado entre os alunos de graduação e pós-graduação do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto. No recrutamento, os avaliadores preencheram um questionário (Figura 3), informando o interesse em participar dos testes sensoriais, o quanto gostavam ou desgostavam de *cookies*, a frequência de consumo, além da disponibilidade de horário. Constituíram-se critérios de exclusão os indivíduos que apresentassem alguma patologia, como doença celíaca, intolerância à lactose, alergia às proteínas do leite/ovo, hipertensão arterial e *diabetes mellitus* e fumantes, e o fato de não gostarem de *cookies*. Os avaliadores que aceitaram participar da pesquisa preencheram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo C).

Figura 3: Questionário de recrutamento.

QUESTIONÁRIO DE PARTICIPAÇÃO NAS ANÁLISES SENSORIAIS

Nome: _____

Sexo: () M () F Idade: _____ anos

O quanto você gosta do produto em teste?

____ Gosto muito

____ Gosto regularmente

____ Gosto ligeiramente

____ Indiferente

____ Não gosto

Com que frequência você consome o produto em teste?

____ Diariamente

____ 5 vezes por semana

____ 3 vezes por semana

____ 1 vez por semana

____ Ocasionalmente

Disponibilidade de horário.

Dias da semana Horários:

____ Segunda _____ Matutino _____ Almoço _____ Vespertino

____ Terça _____ Matutino _____ Almoço _____ Vespertino

____ Quarta _____ Matutino _____ Almoço _____ Vespertino

____ Quinta _____ Matutino _____ Almoço _____ Vespertino

____ Sexta _____ Matutino _____ Almoço _____ Vespertino

Você possui alguma das patologias abaixo?

() doença celíaca () hipertensão arterial

() intolerância à lactose () diabetes mellitus

() alergia às proteínas do leite e/ou ovo

() outra Qual? _____

Fuma? () sim () não

Formas de contato

e-mail: _____ Celular/Telefone: _____

São José do Rio Preto, _____ de _____ de 2015.

Após o recrutamento, foram aplicados testes sensoriais para a pré-seleção dos participantes com base na capacidade de reconhecimento de gostos básicos, de reconhecimento de odores e no poder de discriminação usando teste de diferença do controle para textura.

Para o teste de reconhecimento de alguns gostos básicos (Figura 4), foram utilizadas as seguintes soluções: 0,4 e 0,8% de sacarose (gosto doce), 0,08 e 0,15% de cloreto de sódio (gosto salgado), 0,02 e 0,04% de ácido cítrico (gosto ácido), 0,03 e 0,06% de cafeína (gosto amargo) e água pura. As soluções foram analisadas em cabines individuais, sob luz branca e apresentadas em copos descartáveis de 50 mL codificados com três dígitos, de forma sequencial, em bloco completo, de forma aleatória, monádica e balanceada (MACFIE et al., 1989). Também foi oferecida água para limpar a boca entre uma amostra e outra.

Figura 4: Ficha de reconhecimento de gostos básicos.

Nome: _____		Data: _____			
Por favor, prove cada amostra e identifique com "X" o gosto percebido: doce, salgado, amargo, ácido (azedo), ou nenhum.					
AMOSTRA	DOCE	SALGADO	ÁCIDO	AMARGO	NENHUM
Comentários: _____					

Para o teste de reconhecimento de odores, foram utilizados alimentos e ingredientes relacionados às características de *cookies* de chocolate, sendo eles: chocolate em pó, essência de baunilha, pão de forma queimado, manteiga, açúcar, ovo, *cookie* de chocolate e aroma artificial de caramelo. As amostras foram apresentadas em xícaras de porcelana branca, codificadas com três dígitos e cobertas com duas camadas de papel alumínio, sendo a primeira com pequenos orifícios para que o avaliador cheirasse as amostras e uma segunda recobrindo a primeira para evitar perdas de compostos voláteis. As amostras foram analisadas em cabines individuais, sob luz branca e apresentadas de forma sequencial, em bloco completo, de forma aleatória e balanceada (MACFIE et al., 1989). Primeiramente, foi solicitado aos avaliadores que cheirassem cada amostra e em seguida, descrevessem o aroma percebido para cada amostra (Figura 5).

Figura 5: Ficha de reconhecimento de odores.

Avalie o aroma da primeira série de amostras. Em seguida, identifique, na segunda série, as amostras idênticas às apresentadas na primeira, agrupando-as aos pares. Descreva o aroma dos pares de amostras idênticas.

Primeira série	Segunda série	Descrição
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Comentários: _____

Foram necessárias, pelo menos, 60% de respostas corretas nos testes de reconhecimento de gostos básicos e de odores (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007) para que o avaliador passasse para o teste de diferença do controle.

Para avaliação da capacidade discriminativa dos avaliadores, foi utilizado teste de diferença do controle levando em consideração a dureza, pois este parâmetro é importante para o *cookie*. O *cookie* com 100% de farinha de arroz foi considerado a amostra padrão e, juntamente com as amostras com substituição parcial da farinha de arroz por 25, 50 e 75% de inulina/oligofrutose, foi avaliado dentre as codificadas. As amostras foram codificadas com algarismos de três dígitos, avaliadas em cabines individuais sob luz branca e apresentadas em bloco completo, de forma sequencial, balanceada, monádica e aleatória (MACFIE et al., 1989). Também foi oferecido copo com água para os avaliadores e utilizou-se a ficha apresentada na Figura 6. A análise foi realizada em três repetições.

Figura 6: Ficha do teste diferença do controle.

Nome: _____ data: _____																			
Você está recebendo uma amostra padrão (P) e 5 amostras codificadas. Por favor, prove primeiramente a amostra P e em seguida prove cada uma das amostras da esquerda para a direita. Compare cada amostra com a amostra padrão (P) em relação à textura, de acordo com a escala:																			
1 - Extremamente menos duro do que o padrão	<table border="1"><thead><tr><th>Nº. da amostra</th><th>Valor</th></tr></thead><tbody><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr></tbody></table>	Nº. da amostra	Valor																
Nº. da amostra		Valor																	
2 - Muito menos duro do que o padrão																			
3 - Regularmente menos duro do que o padrão																			
4 - Ligeiramente menos duro do que o padrão																			
5 - Igual ao padrão																			
6 - Ligeiramente mais duro do que o padrão																			
7 - Regularmente mais duro do que o padrão																			
8 - Muito mais duro do o padrão																			
9 - Extremamente mais duro do que o padrão																			
Comentários: _____																			

Primeiramente, foram excluídos aqueles avaliadores que atribuíram notas diferentes de 4, 5 ou 6 para o *cookie* de chocolate padrão codificado dentre as amostras avaliadas. Após isso, os resultados de cada avaliador foram submetidos à análise de variância (ANOVA) fator duplo, tendo como fontes de variação a amostra e a repetição, sendo pré-selecionados aqueles avaliadores que obtiveram p de amostra $\leq 0,05$ e p de repetição $> 0,05$. Essas análises foram realizadas no programa Microsoft Excel 2013.

Dentre os trinta e um avaliadores recrutados, treze foram eliminados no teste de reconhecimento de odores, um foi eliminado no teste de gostos básicos, e dois foram eliminados no teste diferença do controle, permanecendo quinze avaliadores.

4.5.3.2 Levantamento dos termos descritores

Os avaliadores pré-selecionados avaliaram as amostras e verbalizaram suas percepções por meio de uma adaptação do método de rede descrito por Kelly (1955), citado por Moskowitz (1983). Nesta fase, duas amostras dos *cookies* aparentemente mais diferentes sensorialmente (com 75% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e *cookie* comercial) foram apresentadas a cada avaliador, sendo solicitado que os mesmos descrevessem as similaridades e as diferenças entre as

amostras quanto à aparência, aroma, textura e sabor, utilizando a ficha sensorial (Figura 7).

Figura 7: Ficha de levantamento da terminologia descritiva.

Nome: _____ Idade: _____	
Você esta recebendo duas amostras codificadas de <i>cookies</i> de chocolate. Por favor, descreva suas similaridades e diferenças, quanto à APARÊNCIA, AROMA, TEXTURA E SABOR .	
<u>Aparência</u>	
Similaridades	Diferenças
<u>Aroma</u>	
Similaridades	Diferenças
<u>Textura</u>	
Similaridades	Diferenças
<u>Sabor</u>	
Similaridades	Diferenças

Após esta avaliação, foram construídas listas dos termos descritores gerados por cada avaliador e que foram discutidas pela equipe. Após a discussão, selecionaram-se, de forma consensual, os termos mais frequentes e importantes para descrever a aparência, o aroma, textura e sabor dos *cookies*, eliminando-se os sinônimos e os termos menos frequentemente citados (Tabela 4). Posteriormente, a definição dos termos descritores e a identificação das referências para cada um foi realizada pela equipe sensorial, sendo também elaborada a ficha de avaliação (Figura 8) das amostras com os termos descritores gerados, adicionando-se ao lado de cada descritor uma escala de intensidade não estruturada de 9 cm, ancorada nos extremos esquerdo e direito com os termos “claro/nenhum/pouco/baixo” e “escuro/muito/muito/alto”.

Tabela 4: Definições e referências dos termos descritores dos *cookies* de chocolate.

Termos descritores	Definição	Referências
Aparência		
Cor Marrom	Intensidade da cor marrom	Claro: Chocolate em pó Dois Frades (Nestlé®) Escuro: Bolacha recheada sabor chocolate Negresco (Nestlé®)
Brilho	Intensidade de brilho	Nenhum: Chocolate em pó Dois Frades (Nestlé®) Muito: Alimento à base de glucose de milho (Karo Natural®)
Aroma		
Aroma de caramelo	Intensidade de aroma associado ao de caramelo	Nenhum: Água filtrada Muito: Aroma artificial de caramelo Toffe (Mix)
Aroma de chocolate	Intensidade de aroma associado ao de chocolate	Pouco: Biscoito Maizena® sabor chocolate (Marilan®) Muito: Barra de chocolate Amaro (Lacta®)
Textura		
Dureza	Força necessária para comprimir um alimento sólido entre os dentes molares	Pouco: Biscoito doce sequilho (Panco) Muito: Bala de caramelo (Fruittela)
Fraturabilidade	Grau em que os <i>cookies</i> se quebram em migalhas ou grãos ou pedaços logo após a primeira mordida. Um <i>cookie</i> que, ao ser mordido, separa-se em uma grande quantidade de peças, é classificado como muito fraturável	Pouco: Pão de forma (Pullman) Muito: Cereal Nescau® (Nestlé®)
Adesividade	Quantidade de produtos que aderem sobre/nos dentes depois da mastigação do produto	Pouco: Gelatina sabor framboesa (Royal) Muito: Bala Butter Toffees Leite (Arcor)
Mastigabilidade	O número de mastigações necessárias para mastigar a amostra até uma consistência adequada para engolir	Baixo: Gelatina sabor framboesa (Royal) Alto: Bala de gelatina (Fini)
Arenosidade	Sensação ocorrida durante a mastigação provocada pela presença de grânulos do produto	Pouco: Pão de forma (Pullman) Muito: Mistura de pó de café (3 Corações) com açúcar cristal (Guarani) 2:1
Sabor		
Gosto doce	Propriedade sensorial das substâncias puras ou misturas que produzem o gosto doce	Pouco: Solução de sacarose 1% Muito: Solução de sacarose 15%
Sabor de caramelo	Intensidade do sabor associado ao caramelo	Nenhum: Água filtrada Muito: Calda de caramelo (3F®)
Sabor de chocolate	Intensidade do sabor associado ao chocolate	Pouco: Biscoito Maizena® sabor chocolate (Marilan®) Muito: Barra de chocolate Amaro (Lacta®)

Figura 8: Ficha de avaliação dos *cookies* de chocolate.

Nome: _____	Data: _____	Idade: _____	Amostra: _____
Você está recebendo uma amostra de <i>cookie</i> de chocolate. Por favor, prove-a e avalie cada item fazendo um traço na posição que melhor expressa a sua opinião.			
Cor marrom	-----		
	Claro		Escuro
Brilho	-----		
	Nenhum		Muito
Aroma de caramelo	-----		
	Nenhum		Muito
Aroma de chocolate	-----		
	Pouco		Muito
Dureza	-----		
	Pouco		Muito
Fraturabilidade	-----		
	Pouco		Muito
Adesividade	-----		
	Pouco		Muito
Mastigabilidade	-----		
	Baixo		Alto
Arenosidade	-----		
	Pouco		Muito
Gosto doce	-----		
	Pouco		Muito
Sabor de caramelo	-----		
	Nenhum		Muito
Sabor de chocolate	-----		
	Pouco		Muito

4.5.3.3 Treinamento e seleção da equipe sensorial

No primeiro dia de treinamento, foi utilizada uma ficha (Anexo D) a fim de desenvolver a sensibilidade e acuidade visual dos avaliadores para o uso das escalas não estruturadas. Foi solicitado aos avaliadores que assinalassem na escala a porcentagem da área hachurada na figura, de acordo com sua percepção de intensidade de escala (DUTCOSKY, 2013). No final da primeira sessão foram apresentadas as porcentagens corretas para cada figura.

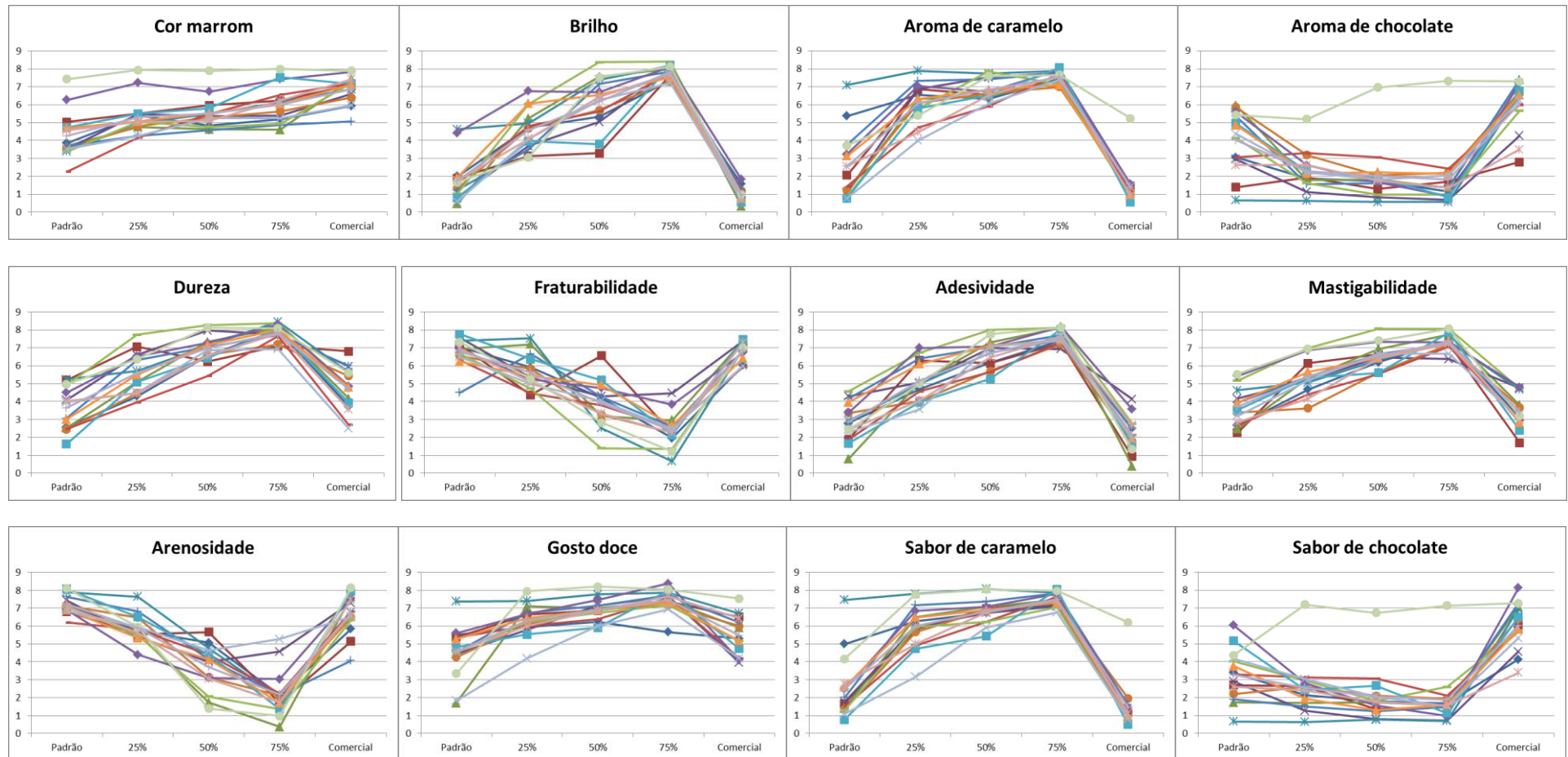
Durante a fase de treinamento, que demandou dez sessões, os avaliadores analisavam as intensidades dos termos descritores de todas as amostras de *cookies* de chocolate, sendo utilizada a ficha de avaliação previamente desenvolvida. Também foram apresentadas as amostras e as referências, relativas aos diferentes descritores, as quais foram elaboradas pela equipe sensorial. Nesta fase, as amostras foram avaliadas na área de discussão em equipe do laboratório, junto com as referências, para facilitar a visualização da equipe sensorial. Somente na última sessão do treinamento as amostras foram avaliadas em cabines individuais, sob luz branca e com o auxílio da ficha de avaliação.

Após o treinamento, procedeu-se a seleção dos avaliadores, considerando-se a capacidade discriminativa e a repetibilidade dos avaliadores, e o consenso de cada indivíduo com a equipe sensorial, conforme sugerido por Damásio e Costell (1991). Os avaliadores analisaram as cinco amostras em três repetições. Os resultados de cada avaliador foram submetidos à análise de variância (ANOVA) fator duplo, tendo como fontes de variação amostra e repetição por termo descritor e por avaliador, sendo selecionados aqueles avaliadores que obtiveram p de amostra $\leq 0,50$ e p de repetição $> 0,05$ para a maioria dos termos descritores. As análises estatísticas foram realizadas no programa Microsoft Excel 2013.

A Figura 9 apresenta as médias das notas atribuídas por cada avaliador e pela equipe sensorial para cada termo descritor analisado. A maioria dos termos descritores foi avaliada de forma consensual entre toda a equipe sensorial e a equipe utilizou toda a escala de 9 cm para todos os termos descritores, o que indica a adequada definição das referências. Porém, os avaliadores 2, 5 e 15 avaliaram de forma diferente a maioria dos termos descritores em relação aos outros avaliadores. Para aroma de caramelo e sabor caramelo, o avaliador 1 não esteve em consenso com a equipe e algumas dificuldades também foram observadas para a arenosidade e fraturabilidade. No entanto, os

avaliadores apresentaram poder discriminativo e repetibilidade para praticamente todos os termos descritores avaliados (Tabela 5). Portanto, a seleção dos avaliadores foi baseada no consenso com a equipe. Considerando que os avaliadores 2, 5 e 15 apresentaram menos consenso em relação à equipe sensorial, estes foram dispensados e a equipe ficou composta por 12 avaliadores para a avaliação final dos *cookies* de chocolate.

Figura 9: Médias das notas atribuídas por cada avaliador e pela equipe sensorial (média dos avaliadores) para cada termo descritor dos *cookies* de chocolate padrão, com substituição da farinha de arroz por 25%, 50% e 75% de inulina/oligofrutose e comercial.



Legenda dos avaliadores: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 equipe

Tabela 5: Valores de p de amostra e p de repetição (entre parênteses) para cada avaliador em cada termo descritor julgado no teste de seleção da equipe sensorial.

Avaliador	Termo descritor												D	R
	Cor marron	Brilho	Aroma de caramelo	Aroma de chocolate	Dureza	Fraturabilidade	Adesividade	Mastigabilidade	Arenosidade	Gosto doce	Sabor de caramelo	Sabor de chocolate		
1	0,003 (0,293)	≤0,001 (0,268)	≤0,001 (0,270)	≤0,001 (0,678)	≤0,001 (0,446)	≤0,001 (0,540)	≤0,001 (0,676)	≤0,001 (0,588)	≤0,001 (0,595)	0,043 (0,501)	≤0,001 (0,107)	≤0,001 (0,196)	0	0
2	≤0,001 (0,028)	≤0,001 (0,668)	≤0,001 (0,559)	0,025 (0,600)	0,202 (0,329)	≤0,001 (0,948)	≤0,001 (0,739)	≤0,001 (0,658)	0,003 (0,386)	0,003 (0,853)	≤0,001 (0,328)	0,002 (0,727)	0	1
3	≤0,001 (0,303)	≤0,001 (0,396)	≤0,001 (0,202)	≤0,001 (0,152)	≤0,001 (0,053)	≤0,001 (0,066)	≤0,001 (0,277)	≤0,001 (0,127)	≤0,001 (0,303)	≤0,001 (0,637)	≤0,001 (0,007)	≤0,001 (0,838)	0	2
4	0,048 (0,728)	≤0,001 (0,409)	≤0,001 (0,719)	≤0,001 (0,228)	≤0,001 (0,918)	≤0,001 (0,720)	≤0,001 (0,518)	≤0,001 (0,159)	≤0,001 (0,931)	0,001 (0,639)	≤0,001 (0,213)	≤0,001 (0,040)	0	1
5	0,008 (0,449)	≤0,001 (0,217)	≤0,001 (0,077)	≤0,001 (0,544)	≤0,001 (0,426)	≤0,001 (0,653)	≤0,001 (0,441)	≤0,001 (0,454)	0,045 (0,988)	0,162 (0,845)	≤0,001 (0,615)	≤0,001 (0,541)	0	0
6	0,015 (0,984)	0,004 (0,372)	≤0,001 (0,935)	≤0,001 (0,360)	≤0,001 (0,381)	≤0,001 (0,232)	0,006 (0,328)	0,009 (0,433)	0,002 (0,401)	≤0,001 (0,533)	≤0,001 (0,309)	≤0,001 (0,950)	0	0
7	0,014 (0,841)	≤0,001 (0,492)	0,003 (0,521)	0,004 (0,411)	≤0,001 (0,687)	0,006 (0,511)	≤0,001 (0,345)	≤0,001 (0,380)	0,002 (0,754)	≤0,001 (0,311)	≤0,001 (0,887)	≤0,001 (0,840)	0	0
8	≤0,001 (0,856)	≤0,001 (0,534)	≤0,001 (0,614)	≤0,001 (0,833)	≤0,001 (0,913)	0,006 (0,618)	≤0,001 (0,916)	≤0,001 (0,415)	≤0,001 (0,183)	≤0,001 (0,223)	≤0,001 (0,542)	≤0,001 (0,385)	0	0
9	≤0,001 (0,682)	≤0,001 (0,394)	≤0,001 (0,996)	≤0,001 (0,780)	≤0,001 (0,412)	0,002 (0,205)	≤0,001 (0,216)	≤0,001 (0,397)	0,002 (0,243)	0,008 (0,717)	≤0,001 (0,151)	≤0,001 (0,657)	0	0
10	0,043 (0,200)	≤0,001 (0,084)	≤0,001 (0,154)	≤0,001 (0,010)	≤0,001 (0,491)	0,003 (0,677)	≤0,001 (0,160)	0,010 (0,933)	≤0,001 (0,726)	0,006 (0,905)	≤0,001 (0,796)	≤0,001 (0,930)	0	1
11	≤0,001 (0,031)	0,002 (0,444)	≤0,001 (0,430)	≤0,001 (0,408)	≤0,001 (0,115)	0,002 (0,341)	≤0,001 (0,132)	≤0,001 (0,309)	≤0,001 (0,263)	0,007 (0,672)	≤0,001 (0,197)	≤0,001 (0,143)	0	1
12	≤0,001 (0,137)	≤0,001 (0,706)	≤0,001 (0,478)	0,003 (0,905)	0,002 (0,757)	0,002 (0,371)	≤0,001 (0,084)	≤0,001 (0,369)	0,006 (0,870)	≤0,001 (0,297)	≤0,001 (0,699)	≤0,001 (0,723)	0	0
13	≤0,001 (0,281)	≤0,001 (0,612)	≤0,001 (0,475)	≤0,001 (0,853)	≤0,001 (0,948)	0,005 (0,877)	≤0,001 (0,094)	≤0,001 (0,217)	0,165 (0,998)	0,002 (0,747)	≤0,001 (0,392)	≤0,001 (0,737)	0	0
14	≤0,001 (0,947)	≤0,001 (0,991)	≤0,001 (0,841)	≤0,001 (0,986)	≤0,001 (0,049)	≤0,001 (0,589)	≤0,001 (0,075)	≤0,001 (0,114)	≤0,001 (0,284)	≤0,001 (0,969)	≤0,001 (0,179)	≤0,001 (0,664)	0	1
15	0,061 (0,164)	≤0,001 (0,066)	0,062 (0,583)	0,472 (0,750)	0,004 (0,136)	0,004 (0,234)	≤0,001 (0,599)	≤0,001 (0,344)	≤0,001 (0,766)	≤0,001 (0,356)	0,017 (0,391)	0,041 (0,527)	0	0

D = número de vezes em que o avaliador não discriminou as amostras no nível de significância desejado ($p \leq 0,50$).

R = número de vezes em que o avaliador não apresentou repetibilidade no nível de significância desejado ($p > 0,05$).

4.5.3.4 Avaliação dos *cookies* para descrição do perfil sensorial

O perfil sensorial das cinco amostras de *cookie* de chocolate (padrão, com substituição da farinha de arroz por 25%, 50% e 75% de inulina/oligofrutose e comercial) foi avaliado pelos avaliadores treinados e selecionados, em três repetições, utilizando-se a ficha de avaliação previamente desenvolvida. Os *cookies* foram apresentados em guardanapos descartáveis, codificados com algarismos de três dígitos, de forma aleatória, monádica e balanceada (MACFIE et al., 1989). Foi fornecida água para limpar a boca entre uma amostra e outra e a avaliação ocorreu em cabines individuais sob luz branca.

4.5.4 Análise da aceitação sensorial pelos *cookies* de chocolate com substituição da farinha de arroz por inulina/oligofrutose

A análise de aceitação sensorial dos *cookies* foi realizada da mesma forma descrita no item 4.3.1 e utilizando a mesma ficha de avaliação, sendo que cento e dez consumidores participaram do teste.

4.5.5 Análises estatísticas para esta etapa do trabalho

Para avaliar a reprodutibilidade do processo de produção dos *cookies*, cada *cookie* foi produzido em duas repetições e para algumas variáveis dependentes (propriedades físicas e aceitação sensorial) que foram avaliadas nos produtos. As médias para cada variável em cada repetição foram comparadas por meio do teste t de Student para amostras pareadas ao nível de significância de 0,05, e valores de p maiores que 0,05 foram obtidos para a quase totalidade das variáveis, indicando igualdade estatística entre as duas repetições. Dessa forma, os resultados das propriedades físicas e da aceitação sensorial pelos *cookies* foram somados e, por isso, a amostragem para essas variáveis é apresentada em dobro nos resultados, com exceção dos resultados para o *cookie* comercial, que foi avaliado em uma única repetição.

As médias relativas aos parâmetros químicos e físicos foram comparadas por meio do teste Kruskal-Wallis (ANOVA não paramétrica) seguido do teste de Dunn, enquanto as

médias relativas à análise sensorial (descritiva e aceitação) foram comparadas por meio da análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey.

Os resultados da análise descritiva também foram analisados por meio de análise de componentes principais. As variáveis foram inseridas nas colunas e as amostras nas linhas e os dados foram padronizados nas colunas antes da realização da análise. A extração dos fatores foi realizada a partir da matriz de correlação e não se utilizou rotação de fatores.

Os mapas de preferência internos foram construídos por meio da análise de *cluster* seguida de escalonamento multidimensional. Para isso, as amostras de *cookies* foram fixadas em colunas (variáveis) e as notas individuais dos consumidores em linhas (casos). Foram também construídos mapas de preferência externos entre as médias da aceitação sensorial e as médias dos termos descritores da análise descritiva e dos parâmetros físicos, utilizando a análise de componentes principais. As variáveis foram inseridas nas colunas e as amostras nas linhas e os dados foram padronizados nas colunas antes da realização da análise. A extração dos fatores foi realizada a partir da matriz de correlação e não se utilizou rotação de fatores.

As análises de comparação de médias foram feitas no programa MINITAB 17.1.0 (Minitab Inc., Pensilvânia, EUA), enquanto as análises estatísticas multivariadas foram realizadas no programa Statistica 10.0 (StatSoft, Inc.).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição centesimal das farinhas isentas de glúten

Os teores de cinzas, lipídeos, proteína e fibra alimentar total da farinha de soja integral destacam-se em relação à farinha de arroz e polvilho (Tabela 6). Os resultados para as três farinhas são semelhantes aos valores declarados nos rótulos dos três produtos. E em comparação a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011), para a farinha de arroz os resultados foram semelhantes para umidade (12,7), cinzas (0,2) e carboidratos (85,44) e diferiram para lipídeos (0,3), proteínas (1,3) e fibras alimentares (0,6). O mesmo ocorreu para o polvilho, em que os resultados foram semelhantes para umidade (12,6), cinzas (0,2) e carboidratos (86,78) e diferiram para lipídeos (traço), proteínas (0,4) e fibras alimentares (0,2). Diferindo para a farinha de soja, como observado anteriormente, e seus resultados foram semelhantes para, cinzas (5,1), proteínas (36,0) e fibra alimentar (20,2) e diferiram para umidade (5,8) lipídeos (14,6) e carboidrato(38,4).

Tabela 6: Composição centesimal das farinhas isentas de glúten (dados médios \pm dp; n = 3; n = 2 para fibras).

g/100g	Farinha de arroz	Farinha de soja integral	Polvilho
Umidade	11,8 \pm 0,02	8,1 \pm 0,13	12,9 \pm 0,02
Cinzas	0,4 \pm 0,00	5,0 \pm 0,03	0,1 \pm 0,03
Lipídeos	1,1 \pm 0,07	21,5 \pm 0,20	0,5 \pm 0,08
Proteínas	6,2 \pm 0,09	36,3 \pm 0,07	0,03 \pm 0,01
Fibra alimentar total*	3,9	20,9	1,1
Fibra insolúvel	1,9 \pm 0,11	15,6 \pm 0,11	0,03 \pm 0,10
Fibra solúvel	2,0 \pm 0,65	5,4 \pm 0,06	1,1 \pm 0,32
Carboidratos disponíveis**	76,6	8,2	85,4

* Somatória de fibra insolúvel e fibra solúvel.

** Resultante de 100 – (umidade + cinzas + lipídeos + proteínas + fibra alimentar total).

5.2 Aceitação sensorial e parâmetros físicos dos *cookies* de chocolate isentos de glúten obtidos por meio do delineamento experimental

Aproximadamente 91% dos consumidores que participaram da análise sensorial tinham de 18 a 28 anos e a maioria era mulheres (73%). Em relação ao grau de gostar de *cookies*, 78% dos consumidores gostam muito, 18% gostam moderadamente e 4% gostam pouco. Todos os consumidores consomem *cookies*: 49% de uma vez por semana a diariamente, 34% a cada quinze dias e 17% raramente. Em relação aos tipos de *cookies* que mais preferem: 53% preferem *cookie* tradicional com gotas de chocolate, 36% preferem *cookie* de chocolate, 15% preferem *cookie* tradicional e 18% preferem *cookie* integral (nesta pergunta os consumidores poderiam apontar quantos tipos de *cookies* fossem necessários para representar sua preferência).

As Tabelas 7, 8 e 9 apresentam, respectivamente, as médias de aceitação sensorial, parâmetros de cor e demais parâmetros físicos (textura instrumental, volume específico e fator de expansão) dos *cookies* de chocolate isentos de glúten.

Os modelos lineares, quadráticos e cúbicos especiais para quase todas as variáveis dependentes não foram significativos ($p > 0,05$) e alguns apresentaram falta de ajuste ($p \leq 0,05$). Já para a força de corte avaliada por meio do *probe three point bending* e para a luminosidade (L^*), os modelos lineares foram significativos ($p \leq 0,05$) e não apresentaram falta de ajuste ($p > 0,05$), mas os valores de R^2 , que indicam a qualidade de ajuste do modelo, estiveram baixos (menores que 80%). Por isso, os diagramas triangulares não foram construídos. No entanto, houve influência ($p \leq 0,05$) dos três componentes isolados (farinha de arroz, farinha de soja integral e polvilho) para todos os modelos e para todas as variáveis dependentes.

Assim, como não houve interação entre os três componentes farinha de arroz, farinha de soja integral e polvilho na aceitação sensorial e características físicas dos *cookies* de chocolate, mas apenas dos três componentes isolados, decidiu-se comparar os resultados dos *cookies* de chocolate adicionados exclusivamente de farinha de arroz, farinha de soja integral ou polvilho com um *cookie* padrão, formulado com farinha de trigo, e com um *cookie* comercial, sabor chocolate. Esses resultados, que estão apresentados nas Tabelas 10 e 11 e Figuras 10 e 11, foram publicados no periódico *Nutrition & Food Science*, com o título *Preference mappings for gluten-free chocolate cookies: sensory and physical characteristics* (SILVA; CONTI-SILVA, 2016; Anexo E).

Tabela 7: Médias \pm desvio-padrão da aceitação sensorial ($n = 92$) dos *cookies* de chocolate isentos de glúten (X_1 = farinha de arroz, X_2 = farinha de soja integral, X_3 = polvilho).

Formulação	Proporção de cada componente na mistura			Aceitação sensorial					
	X_1	X_2	X_3	Aparência	Aroma	Textura	Sabor	Aceitação global	Intenção de compra
1	1	0	0	7,1 \pm 1,6	7,1 \pm 1,3	7,0 \pm 1,6	7,0 \pm 1,6	7,0 \pm 1,4	3,8 \pm 1,0
2	0	1	0	6,5 \pm 1,7	5,5 \pm 1,7	4,6 \pm 2,0	4,4 \pm 2,0	4,7 \pm 1,7	2,2 \pm 1,2
3	0	0	1	6,1 \pm 1,8	6,8 \pm 1,3	6,5 \pm 1,9	6,8 \pm 1,6	6,6 \pm 1,5	3,5 \pm 1,1
4	0,5	0,5	0	7,0 \pm 1,2	6,0 \pm 1,6	7,0 \pm 1,4	6,2 \pm 1,6	6,4 \pm 1,5	3,5 \pm 1,1
5	0,5	0	0,5	6,9 \pm 1,6	7,1 \pm 1,3	7,4 \pm 1,4	7,5 \pm 1,4	7,3 \pm 1,2	4,1 \pm 1,0
6	0	0,5	0,5	6,0 \pm 1,7	6,0 \pm 1,7	6,6 \pm 1,4	6,0 \pm 1,9	6,0 \pm 1,5	3,3 \pm 1,2
7	0,33	0,33	0,33	6,9 \pm 1,3	6,1 \pm 1,7	7,1 \pm 1,4	6,5 \pm 1,6	6,6 \pm 1,5	3,5 \pm 1,1
8	0,33	0,33	0,33	6,5 \pm 1,5	6,3 \pm 1,6	6,5 \pm 1,5	6,5 \pm 1,5	6,4 \pm 1,4	3,4 \pm 1,1
9	0,33	0,33	0,33	6,6 \pm 1,3	5,9 \pm 1,5	6,8 \pm 1,5	6,2 \pm 1,8	6,3 \pm 1,5	3,4 \pm 1,2
10	0,66	0,17	0,17	5,0 \pm 2,0	3,9 \pm 1,9	5,2 \pm 2,0	4,0 \pm 2,0	4,2 \pm 1,9	2,0 \pm 1,1
11	0,17	0,66	0,17	5,7 \pm 1,7	5,4 \pm 1,8	4,9 \pm 1,9	4,7 \pm 1,8	4,8 \pm 1,6	2,4 \pm 1,0
12	0,17	0,17	0,66	6,5 \pm 1,4	6,4 \pm 1,4	5,9 \pm 2,0	6,7 \pm 1,7	6,4 \pm 1,5	3,4 \pm 1,2

Tabela 8: Médias \pm desvio-padrão dos parâmetros de cor ($n = 10$) dos *cookies* de chocolate isentos de glúten ($X_1 =$ farinha de arroz, $X_2 =$ farinha de soja integral, $X_3 =$ polvilho).

Formulação	Proporção de cada componente na mistura			Cor				
	X_1	X_2	X_3	L^*	a^*	b^*	C^*	h
1	1	0	0	$27,2 \pm 0,6$	$10,3 \pm 0,2$	$13,0 \pm 0,5$	$16,6 \pm 0,5$	$51,8 \pm 0,8$
2	0	1	0	$31,2 \pm 0,9$	$10,6 \pm 0,2$	$14,6 \pm 0,4$	$18,0 \pm 0,4$	$53,9 \pm 0,6$
3	0	0	1	$37,0 \pm 0,9$	$11,0 \pm 0,1$	$19,3 \pm 0,3$	$22,2 \pm 0,3$	$60,3 \pm 0,4$
4	0,5	0,5	0	$32,7 \pm 0,7$	$11,2 \pm 0,2$	$16,3 \pm 0,5$	$19,8 \pm 0,4$	$55,4 \pm 0,9$
5	0,5	0	0,5	$31,5 \pm 0,6$	$10,4 \pm 0,1$	$15,5 \pm 0,4$	$18,7 \pm 0,3$	$56,2 \pm 0,6$
6	0	0,5	0,5	$37,1 \pm 0,6$	$11,1 \pm 0,2$	$18,1 \pm 0,2$	$21,3 \pm 0,2$	$58,6 \pm 0,5$
7	0,33	0,33	0,33	$30,3 \pm 0,5$	$11,1 \pm 0,1$	$14,8 \pm 0,2$	$18,5 \pm 0,2$	$53,0 \pm 0,5$
8	0,33	0,33	0,33	$33,5 \pm 0,7$	$11,1 \pm 0,2$	$16,4 \pm 0,5$	$19,8 \pm 0,5$	$55,9 \pm 0,7$
9	0,33	0,33	0,33	$30,3 \pm 0,9$	$10,8 \pm 0,2$	$14,3 \pm 0,4$	$17,9 \pm 0,4$	$52,9 \pm 0,9$
10	0,66	0,17	0,17	$23,0 \pm 0,4$	$6,3 \pm 0,4$	$5,9 \pm 0,5$	$8,7 \pm 0,6$	$43,2 \pm 0,9$
11	0,17	0,66	0,17	$29,7 \pm 0,4$	$10,6 \pm 0,2$	$13,8 \pm 0,4$	$17,5 \pm 0,4$	$52,5 \pm 0,7$
12	0,17	0,17	0,66	$34,4 \pm 0,5$	$10,2 \pm 0,2$	$16,2 \pm 0,2$	$19,1 \pm 0,2$	$58,0 \pm 0,3$

Tabela 9: Médias \pm desvio-padrão de textura instrumental (n = 10), volume específico (n = 10) e fator de expansão (n = 10) dos *cookies* de chocolate isentos de glúten (X_1 = farinha de arroz, X_2 = farinha de soja integral, X_3 = polvilho).

Formulação	Proporção de cada componente na mistura			Força de corte (N)		Volume específico (cm ³ .g ⁻¹)	Fator de Expansão
	X ₁	X ₂	X ₃	<i>three point bending</i>	<i>Warner-Bratzler</i>		
1	1	0	0	2,7 \pm 0,1	3,2 \pm 0,6	2,8 \pm 0,2	1,42 \pm 0,1
2	0	1	0	4,4 \pm 0,7	8,6 \pm 2,1	3,2 \pm 0,2	1,32 \pm 0,1
3	0	0	1	3,3 \pm 0,4	5,5 \pm 0,7	2,8 \pm 0,2	1,48 \pm 0,1
4	0,5	0,5	0	4,8 \pm 0,7	5,7 \pm 0,8	2,7 \pm 0,2	1,50 \pm 0,1
5	0,5	0	0,5	2,7 \pm 0,2	2,7 \pm 0,5	2,7 \pm 0,2	1,52 \pm 0,1
6	0	0,5	0,5	4,8 \pm 0,6	4,7 \pm 0,7	2,8 \pm 0,2	1,53 \pm 0,1
7	0,33	0,33	0,33	3,0 \pm 0,3	4,4 \pm 0,8	2,8 \pm 0,3	1,51 \pm 0,1
8	0,33	0,33	0,33	3,8 \pm 0,5	6,6 \pm 1,1	2,6 \pm 0,1	1,52 \pm 0,1
9	0,33	0,33	0,33	3,6 \pm 0,5	4,6 \pm 0,9	2,7 \pm 0,2	1,53 \pm 0,1
10	0,66	0,17	0,17	3,7 \pm 0,5	7,4 \pm 1,3	2,4 \pm 0,1	1,59 \pm 0,1
11	0,17	0,66	0,17	3,7 \pm 0,5	8,4 \pm 0,9	2,7 \pm 0,2	1,55 \pm 0,1
12	0,17	0,17	0,66	3,4 \pm 0,5	7,2 \pm 1,0	2,3 \pm 0,2	1,51 \pm 0,1

5.2.1 Aceitabilidade sensorial dos *cookies* de chocolate isentos de glúten

O *cookie* formulado com farinha de arroz foi igualmente aceito ao *cookie* com farinha de trigo e ao *cookie* comercial para todos os atributos sensoriais e aceitação global (Tabela 10). O *cookie* com polvilho teve menor aceitação para a aparência em relação aos *cookies* com farinha de trigo e comercial, além de menor aceitação pelo aroma em relação ao *cookie* comercial. A maioria das formulações de *cookies* foi bem aceita (médias acima de 6 para todos os atributos e aceitação global), com exceção da formulação feita com farinha de soja integral, já que esta foi menos aceita do que as outras amostras para quase todos os atributos, por ter apresentado rejeição pelo consumidor (médias abaixo de 5) e por ter tido menor intenção de compra em relação aos demais *cookies*.

Tabela 10: Médias (desvio-padrão) para aceitação (n = 92) dos *cookies* de chocolate isentos de glúten.

<i>Cookie</i>	Aparência	Aroma	Textura	Sabor	Global	Intenção de compra
farinha de arroz	7,1 ± 1,5 ^{ab}	7,1 ± 1,3 ^{ab}	7,0 ± 1,6 ^a	6,9 ± 1,5 ^a	7,0 ± 1,4 ^a	3,8 ± 1,0 ^a
farinha de soja integral	6,5 ± 1,7 ^{bc}	5,5 ± 1,7 ^c	4,6 ± 2,0 ^b	4,4 ± 2,0 ^b	4,7 ± 1,7 ^b	2,2 ± 1,2 ^b
Polvilho	6,0 ± 1,8 ^c	6,8 ± 1,3 ^b	6,5 ± 1,9 ^a	6,8 ± 1,6 ^a	6,6 ± 1,5 ^a	3,5 ± 1,1 ^a
farinha de trigo	7,4 ± 1,4 ^a	6,8 ± 1,6 ^b	6,5 ± 1,5 ^a	6,6 ± 1,5 ^a	6,7 ± 1,4 ^a	3,6 ± 1,0 ^a
comercial*	6,8 ± 1,7 ^{ab}	7,6 ± 1,5 ^a	7,0 ± 1,7 ^a	7,1 ± 1,9 ^a	7,1 ± 1,7 ^a	3,9 ± 1,2 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Cookie* comercial produzido com farinha de trigo.

A análise de *cluster* para a aceitação pelo aroma (Figura 10A) resultou em três grupos: um grupo com os *cookies* formulados com farinha de arroz, com farinha de trigo e com polvilho e dois grupos isolados, sendo um com o *cookie* comercial e outro com farinha de soja integral. Para a aceitação pela aparência, textura, sabor e global, a análise de *cluster* formou os mesmos quatro grupos, motivo pelo qual apenas os resultados para a aceitação global (Figura 10C) são apresentados: um grupo com os *cookies* formulados com farinha de arroz e farinha de trigo e três grupos isolados, sendo com polvilho, comercial e com farinha de soja integral.

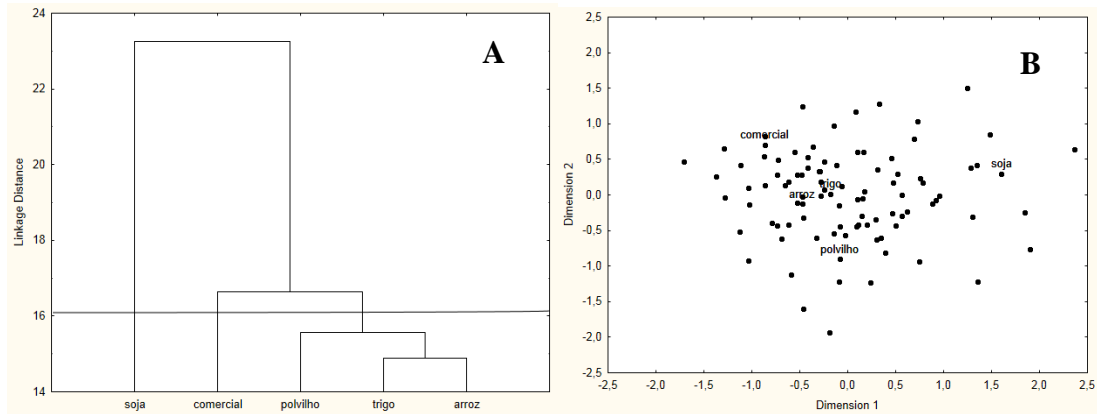
Os pontos dispersos apresentados nos mapas de preferência internos (Figura 10B/D) representam cada consumidor, e um número alto de pontos próximos a uma determinada amostra ou grupo de amostras indica maior aceitação por estas amostras. No mapa de preferência interno para o aroma (Figura 10B) há maior concentração de consumidores ao redor do grupo contendo os *cookies* com farinha de trigo, farinha de arroz e polvilho, indicando aceitação dos consumidores pelo aroma destas amostras. O aroma dos *cookies* com farinha de soja integral e comercial foi pouco aceito, visto que houve poucos consumidores próximos a estas amostras. Embora as médias de aceitação pelo aroma tenham sido estatisticamente iguais entre os *cookies* com farinha de arroz e comercial, e entre os *cookies* com farinha de arroz, polvilho e farinha de trigo (Tabela 10), a análise dos dados individuais dos consumidores mostrou menor aceitação pelo *cookie* comercial (Figura 10B).

O mapa de preferência interno para a aceitação global (Figura 10D) e, conseqüentemente para a aparência, textura e sabor, mostra que há maior concentração de consumidores ao redor do grupo de *cookies* com farinha de trigo e farinha de arroz, além do *cookie* com polvilho, embora esta amostra tenha ficado em grupo separado pela análise de *cluster* (Figura 10C). Da mesma forma que para a aceitação pelo aroma, o *cookie* comercial e, principalmente, o *cookie* com farinha de soja integral, foram pouco aceitos pelos consumidores (Figura 10D), embora as médias de aceitação pela textura, sabor e global pelo *cookie* comercial tenham sido estatisticamente iguais aos *cookies* com farinha de arroz, polvilho e farinha de trigo (Tabela 10).

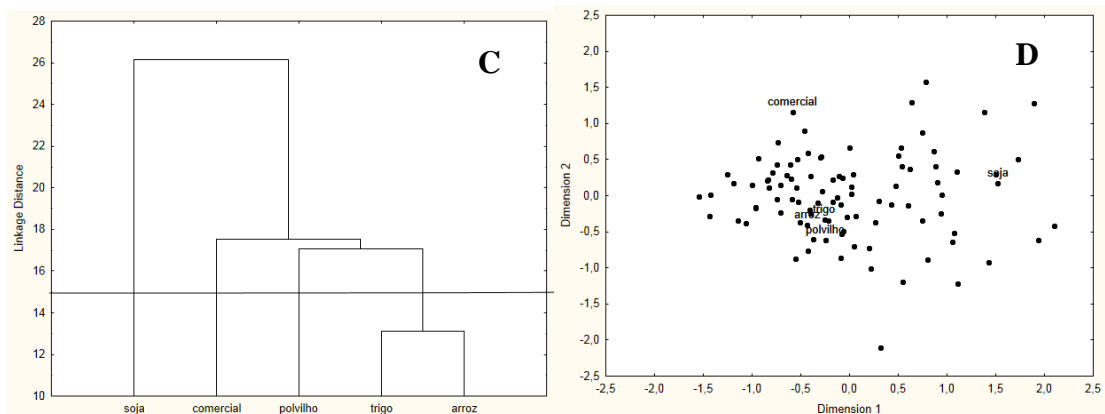
Os *stress value* do escalonamento multidimensional para a aceitação por todos os atributos sensoriais e aceitação global foram menores que 0,01, indicando que os dados estão comportados e bem ajustados ao modelo (JOHNSON; WICHERN, 1992; KRUSKAL; WISH, 1978).

Figura 10: Dendogramas resultantes da análise de cluster (A, C) e mapa de preferência interno (B, D) para *cookies* de chocolate isentos de glúten.

Aroma



Aceitação Global



Os grânulos de amido da farinha de arroz são menores em comparação com grânulos de amido de farinha de trigo (TORBICA; HADNAĐEV; DAPČEVIĆ, 2012), e a farinha de arroz tem um sabor suave e neutro (KADAN; BRYANT; BRYANT, 2008), o que pode ter contribuído para as notas de aceitabilidade sensorial semelhantes entre os *cookies* de farinha de arroz e os *cookies* de farinha de trigo (Tabela 10 e Figura 10). Além disso, mesmo com algumas diferenças encontradas nas composições químicas da farinha de arroz e do polvilho (Tabela 6), ambas as farinhas são mais semelhantes entre si do que em relação à farinha de soja integral, principalmente considerando a quantidade de carboidratos disponíveis, o que pode ter contribuído para a aceitação semelhante para os respectivos *cookies* (farinha de arroz e polvilho). Por outro lado, a rejeição dos consumidores pelo *cookie* com farinha de soja integral pode ter sido por causa do sabor característico desta matéria-prima, uma vez que a

lipoxigenase presente na soja, em função das condições de armazenamento, pode ter catalisado a peroxidação de ácidos graxos poli-insaturados, produzindo compostos voláteis que promovem o seu sabor de soja crua, de feijão e de “verde” (LV et al., 2011; IVANOVSKI; SEETHARAMAN; DUIZER, 2012; PENG; GUO, 2015).

A textura possui um papel decisivo na aceitação de biscoitos (LAGUNA et al., 2014) e, de fato, a aceitação pela textura correlacionou-se fortemente e de forma positiva com a aceitação global para os *cookies* com farinha de arroz ($r = 0,72$; $p \leq 0,05$), com farinha de soja integral ($r = 0,72$; $p \leq 0,05$), com polvilho ($r = 0,77$; $p \leq 0,05$) e comercial ($r = 0,71$; $p \leq 0,05$). Além disso, a aceitação pelo sabor correlacionou-se fortemente e de forma positiva com a aceitação global para os *cookies* com farinha de arroz ($r = 0,85$; $p \leq 0,05$), com farinha de soja integral ($r = 0,85$; $p \leq 0,05$), com polvilho ($r = 0,79$; $p \leq 0,05$), comercial ($r = 0,87$; $p \leq 0,05$) e com farinha de trigo ($r = 0,80$; $p \leq 0,05$).

5.2.2 Características físicas dos *cookies* de chocolate

O *cookie* com polvilho apresentou cor mais clara (L^* alto), maior intensidade das tonalidades vermelho (a^*) e amarelo (b^*) e maior saturação da cor (C^*), resultando em cor de tom diferente em relação aos demais *cookies* (h) (Tabela 11). Este resultado pode estar relacionado com o maior teor de carboidratos disponíveis no polvilho do que em outras farinhas sem glúten (Tabela 6), que, provavelmente, apontam para a reação de Maillard durante o processo de forneamento (OLIVER; MELTON; STANLEY, 2006; LAGUNA et al., 2012). No entanto, o mesmo *cookie* foi encontrado para cor mais clara (alto L^*), o que pode ser entendido como um brilho mais elevado. De forma oposta, o *cookie* comercial apresentou cor mais escura (L^* baixo), menor intensidade das tonalidades vermelho e amarelo e menor saturação da cor, também resultando em cor de tom diferente em relação aos demais *cookies*. Os *cookies* com farinha de arroz, farinha de soja integral e farinha de trigo apresentaram características de cor intermediárias aos *cookies* com polvilho e comercial.

A força de corte, a qual foi medida através dos *probes three point bending* e *Warner-Bratzler*, foram menores no caso de o *cookie* de farinha de arroz do que em todos os outros *cookies*, mesmo em relação ao *cookie* com polvilho, produto com a composição química semelhante à da farinha de arroz (Tabela 6). Por outro lado, o *cookie* de farinha de soja integral apresentou a força de corte mais elevadas do que os *cookies* com farinha de arroz ou polvilho (Tabela 11), que pode ser por causa de o teor de fibra dietética elevado em farinha de

soja integral e especialmente na fibra insolúvel (Tabela 6). Da mesma forma, o uso de farinha de soja integral na massa também aumentou firmeza devido ao aumento da viscosidade da massa como função da absorção de água pela fibra de soja (SHIN; KIM; KIM, 2013). Ingredientes ricos em fibras dietéticas afeta significativamente as propriedades do produto de panificação, e mudanças incluem o aumento da dureza do miolo, perda de crocância, alterações na aparência e diferenças no sabor (KTENIOUDAKI; GALLAGHER, 2012).

Por outro lado, é interessante notar que o *cookie* com farinha de soja integral apresentou maior volume específico do que os *cookies* com farinha de arroz ou polvilho (Tabela 11). Este resultado pode ser devido ao conteúdo de proteína da farinha de soja integral em comparação com a das outras farinhas (Tabela 6). Farinhas com alto teor de proteína são mais adequados para o forneamento, uma vez que resultam em um produto final com um maior volume (CAUVAIN; YOUNG, 2008).

O *cookie* com farinha de soja integral destacou-se por ter um fator de expansão menor global do que os outros *cookies* (Tabela 11). Este fenômeno de expansão é principalmente físico e é controlado pela capacidade dos componentes a absorver água. Assim, a adição de componentes com maiores capacidades de retenção de água do que a farinha de trigo (que pode ser o caso da farinha de soja integral) resulta em uma competição pela água livre presente na massa de *cookie* e, portanto, limita a taxa de expansão (KISSEL; PRENTICE; YAMAZAKI, 1975; MARETI; GROSSMANN; BENASSI et al., 2010).

Tabela 11: Médias (desvio padrão) para características físicas (n = 10) dos *cookies* de chocolate isentos de glúten.

Cookie	Cor				h	força de corte*		volume específico*	fator de expansão
	L*	a*	b*	C*		<i>three point bending</i>	<i>Warner-Bratzler</i>		
farinha de arroz	27,1 ± 1,1 ^c	10,2 ± 0,2 ^b	13,1 ± 0,7 ^c	16,6 ± 0,7 ^c	52,2 ± 1,1 ^d	2,7 ± 0,3 ^b	3,5 ± 1,0 ^d	2,9 ± 0,3 ^a	0,72 ± 0,0 ^a
farinha de soja integral	31,4 ± 0,8 ^b	10,6 ± 0,2 ^b	14,5 ± 0,6 ^b	17,9 ± 0,5 ^b	53,8 ± 0,9 ^c	4,3 ± 0,5 ^a	9,0 ± 4,1 ^{abc}	3,2 ± 0,4 ^a	0,53 ± 0,0 ^b
Polvilho	37,0 ± 1,5 ^a	11,0 ± 0,1 ^a	19,3 ± 0,6 ^a	22,2 ± 0,6 ^a	60,4 ± 0,7 ^a	3,2 ± 0,5 ^b	5,9 ± 1,1 ^c	2,7 ± 0,4 ^{ab}	0,71 ± 0,1 ^a
farinha de trigo	31,8 ± 0,8 ^b	10,1 ± 0,7 ^b	14,5 ± 1,0 ^b	17,6 ± 1,3 ^b	55,5 ± 0,8 ^b	5,3 ± 1,0 ^a	8,9 ± 0,7 ^b	3,1 ± 0,3 ^a	0,62 ± 0,1 ^{ab}
Comercial	18,6 ± 0,8 ^d	7,0 ± 0,7 ^c	6,1 ± 0,9 ^d	9,3 ± 1,1 ^d	41,1 ± 1,7 ^e	5,1 ± 0,4 ^a	10,9 ± 0,7 ^a	2,3 ± 0,2 ^b	**

Letras diferentes na mesma coluna indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$).

* Força de corte em N; volume específico em $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$.

** O fator de expansão do *cookie* comercial não foi determinado, devido à ausência dos valores do diâmetro e altura do *cookie* antes do forneamento.

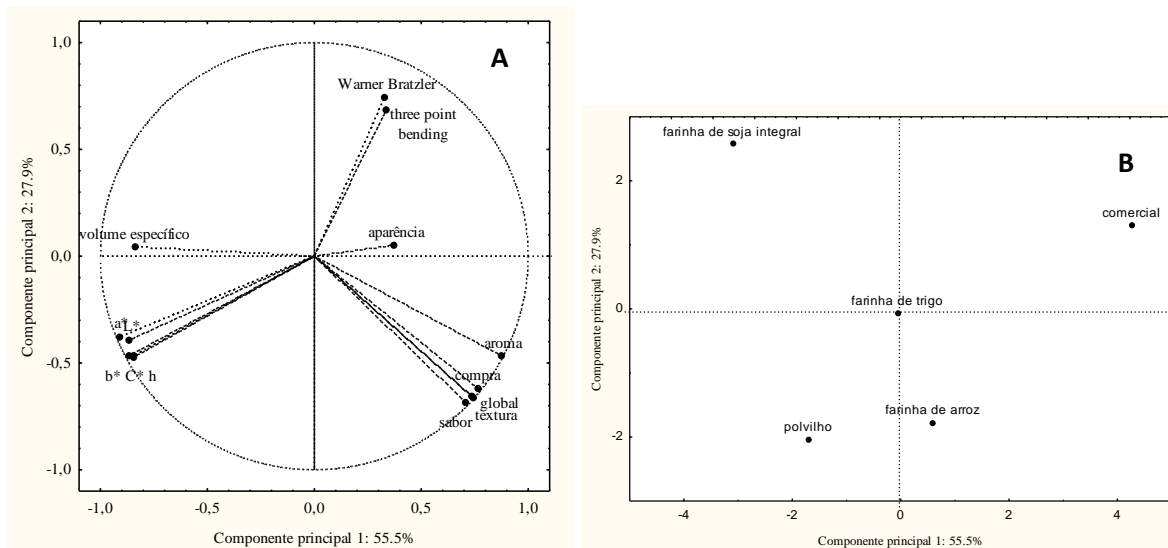
5.2.3 Mapa de preferência externo

O primeiro componente principal explicou 55,5% da variação dos dados e o segundo componente principal explicou 27,9%, totalizando 83,4% da variação total dos dados (Figura 11).

O primeiro componente principal é explicado pelas aceitações pelo aroma, textura, sabor, aceitação global e intenção de compra (cargas fatoriais $\geq 0,7$ destas variáveis no componente principal 1) e pelos parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , C^* e h) e volume específico (cargas fatoriais $\leq -0,7$ destas variáveis no componente principal 1), sendo que as variáveis sensoriais estão correlacionadas positivamente entre si, mas negativamente correlacionadas aos parâmetros físicos (Figura 11A). Observa-se que o *cookie* formulado com farinha de arroz apresenta maior aceitação sensorial e intenção de compra, visto que está posicionado no mesmo quadrante da aceitação, embora um pouco distante dos vetores da aceitação. Esta aceitação está correlacionada negativamente com a menor intensidade de cor e volume específico do *cookie* com farinha de arroz (Figura 11B). Ou seja, os *cookies* de farinha de arroz são caracterizados por uma maior aceitação sensorial, por intensidade de cor menos intensa e menor volume específico. Por outro lado, o *cookie* com farinha de soja integral apresentou menor aceitação sensorial e intenção de compra, uma vez que está posicionada no quadrante oposto a estas variáveis. Já o *cookie* com polvilho destaca-se por intensidade de cor mais intensa.

O segundo componente principal é explicado apenas pela força de corte obtida por meio do probe Warner-Bratzler (Figura 11A), sendo que o *cookie* comercial se destaca para esta variável, ou seja, é descrito por alta força de corte (Figura 11B).

Figura 11: Mapa de preferência externo entre as características sensoriais e físicas dos *cookies* de chocolate isentos de glúten (A – projeção das variáveis, B – projeção das amostras).



Os mapas de preferência interno e externo, mesmo que tenham sido construídos por técnicas estatísticas multivariadas diferentes, mostram resultados semelhantes no que diz respeito à aceitação sensorial pelos *cookies* de chocolate. O *cookie* com farinha de arroz, embora faça parte de um grupo com os *cookies* com farinha de trigo e com polvilho para a aceitação do aroma (Figura 10B) e em um grupo com o *cookie* com farinha de trigo para a aceitação pela aparência, textura, sabor e global (Figura 10D), está localizado na região de maior aceitação pelos consumidores. Da mesma forma, a análise de componentes principais (Figura 11) indica que o *cookie* com farinha de arroz se destacou na aceitação sensorial pelo aroma, textura e sabor, além da aceitação global e intenção de compra. Portanto, o *cookie* com farinha de arroz destaca-se quanto à aceitação sensorial em relação aos demais *cookies* avaliados. Conclui-se, portanto, que a substituição da farinha de trigo em *cookies* de chocolate é viável e que a farinha de arroz representa o melhor substituto para este tipo de produto. Dessa forma, a continuação deste estudo deu-se com a utilização da farinha de arroz para desenvolvimento dos *cookies* de chocolate isentos de glúten e adicionados de inulina/oligofrutose.

5.3 Aceitação sensorial e parâmetros físicos dos *cookies* de chocolate isentos de glúten e adicionados de inulina/oligofrutose por meio da metodologia de modelagem de misturas

Os consumidores que participaram da análise sensorial tinham de 18 a 52 anos e a maioria era composta por mulheres (69%). Aproximadamente 83% dos consumidores gostam muito de *cookies*, 75% preferem *cookie* tradicional com gotas de chocolate e 77% dos indivíduos consomem *cookies* diariamente a quinzenalmente.

As Tabelas 12, 13 e 14 apresentam, respectivamente, as médias de aceitação sensorial, parâmetros de cor e demais parâmetros físicos (textura instrumental, volume específico e fator de expansão) dos *cookies*.

Tabela 12: Médias (desvio-padrão) da aceitação sensorial (n = 90) dos *cookies* de chocolate (X_1 = açúcar, X_2 = manteiga, X_3 = inulina/oligofrutose).

Formulação	Proporção de cada componente na mistura			Aceitação sensorial					
	X_1	X_2	X_3	Aparência	Aroma	Textura	Sabor	Aceitação global	Intenção de compra
1	1	0	0	5,3 ± 2,0	6,2 ± 1,6	4,4 ± 1,7	6,2 ± 1,7	5,3 ± 1,7	2,6 ± 0,9
2	0	1	0	6,8 ± 1,5	7,1 ± 1,7	7,4 ± 1,6	7,0 ± 1,6	7,1 ± 1,5	3,9 ± 1,0
3	0	0	1	7,2 ± 1,2	6,2 ± 1,6	3,2 ± 1,8	5,6 ± 2,0	4,6 ± 2,0	2,1 ± 1,1
4	0,5	0,5	0	6,7 ± 1,6	6,8 ± 1,3	6,4 ± 1,6	6,0 ± 1,8	6,2 ± 1,5	3,2 ± 1,0
5	0,5	0	0,5	7,3 ± 1,3	6,3 ± 1,5	4,3 ± 2,0	6,8 ± 7,6	5,4 ± 1,7	2,7 ± 1,0
6	0	0,5	0,5	7,0 ± 1,3	7,2 ± 1,3	5,7 ± 2,0	6,6 ± 1,8	6,2 ± 1,7	3,2 ± 1,1
7	0,33	0,33	0,33	6,5 ± 1,6	6,8 ± 1,5	5,1 ± 1,9	5,4 ± 2,0	5,3 ± 1,9	2,6 ± 1,1
8	0,33	0,33	0,33	7,6 ± 1,2	7,4 ± 1,2	5,2 ± 1,8	6,5 ± 1,6	6,3 ± 1,4	3,2 ± 1,0
9	0,33	0,33	0,33	7,4 ± 1,2	6,8 ± 1,4	5,9 ± 1,9	6,7 ± 1,7	6,4 ± 1,7	3,6 ± 1,0
10	0,66	0,17	0,17	7,1 ± 1,3	6,5 ± 1,4	5,2 ± 1,6	6,4 ± 1,4	5,8 ± 1,3	3,0 ± 1,0
11	0,17	0,66	0,17	7,3 ± 1,3	7,3 ± 1,4	7,0 ± 1,5	7,0 ± 1,6	6,9 ± 1,4	3,8 ± 1,0
12	0,17	0,17	0,66	7,4 ± 1,3	6,4 ± 1,5	3,1 ± 1,9	5,2 ± 1,9	4,6 ± 1,6	2,2 ± 1,0

Tabela 13: Médias (desvio-padrão) dos parâmetros de cor (n = 4) dos *cookies* de chocolate (X_1 = açúcar, X_2 = manteiga, X_3 = inulina/oligofrutose).

Formulação	Proporção de cada componente na mistura			Cor				
	X_1	X_2	X_3	L^*	a^*	b^*	C^*	h
1	1	0	0	35,6 ± 0,2	11,7 ± 0,2	17,7 ± 0,2	21,2 ± 0,2	56,7 ± 0,2
2	0	1	0	24,2 ± 0,2	8,8 ± 0,0	9,4 ± 0,3	12,9 ± 0,2	46,9 ± 0,7
3	0	0	1	29,6 ± 0,4	10,9 ± 0,2	12,8 ± 0,3	16,8 ± 0,3	49,7 ± 0,2
4	0,5	0,5	0	26,3 ± 0,1	9,0 ± 0,1	10,8 ± 0,1	14,0 ± 0,1	50,3 ± 0,4
5	0,5	0	0,5	31,5 ± 0,3	10,9 ± 0,1	14,3 ± 0,2	17,9 ± 0,2	52,7 ± 0,4
6	0	0,5	0,5	28,0 ± 0,5	9,8 ± 0,1	11,0 ± 0,2	14,7 ± 0,3	48,1 ± 0,2
7	0,33	0,33	0,33	30,6 ± 0,3	11,0 ± 0,1	14,2 ± 0,2	17,9 ± 0,1	52,2 ± 0,7
8	0,33	0,33	0,33	30,3 ± 0,4	10,9 ± 0,3	13,3 ± 0,5	17,2 ± 0,5	50,8 ± 0,6
9	0,33	0,33	0,33	30,8 ± 0,6	11,0 ± 0,1	14,2 ± 0,2	17,9 ± 0,2	52,2 ± 0,3
10	0,66	0,17	0,17	32,2 ± 0,2	10,7 ± 0,1	14,4 ± 0,2	17,9 ± 0,2	53,5 ± 0,4
11	0,17	0,66	0,17	27,5 ± 0,5	10,2 ± 0,1	11,6 ± 0,2	15,4 ± 0,2	48,7 ± 0,1
12	0,17	0,17	0,66	28,0 ± 0,5	9,8 ± 0,1	11,2 ± 0,2	14,7 ± 0,3	48,1 ± 0,2

Tabela 14: Médias (desvio-padrão) de textura instrumental (n = 10), volume específico (n = 10) e fator de expansão (n = 10) dos *cookies* de chocolate (X_1 = açúcar, X_2 = manteiga, X_3 = inulina/oligofrutose).

Formulação	Proporção de cada componente na mistura			Força de corte (N)	Volume específico (cm ³ .g ⁻¹)	Fator de Expansão
	X ₁	X ₂	X ₃			
1	1	0	0	105,0 ± 3,4	2,1 ± 0,1	0,7 ± 0,1
2	0	1	0	21,6 ± 2,4	2,1 ± 0,1	0,8 ± 0,1
3	0	0	1	133,2 ± 8,4	2,1 ± 0,1	0,6 ± 0,1
4	0,5	0,5	0	25,8 ± 2,1	2,5 ± 0,1	0,8 ± 0,1
5	0,5	0	0,5	184,7 ± 6,7	2,4 ± 0,1	0,6 ± 0,1
6	0	0,5	0,5	82,8 ± 2,1	2,2 ± 0,1	0,6 ± 0,1
7	0,33	0,33	0,33	106,4 ± 11,2	2,3 ± 0,1	0,6 ± 0,1
8	0,33	0,33	0,33	110,0 ± 9,0	2,2 ± 0,1	0,6 ± 0,1
9	0,33	0,33	0,33	99,1 ± 4,9	2,4 ± 0,1	0,6 ± 0,1
10	0,66	0,17	0,17	90,7 ± 5,9	2,3 ± 0,1	0,6 ± 0,1
11	0,17	0,66	0,17	78,2 ± 4,5	2,3 ± 0,2	0,7 ± 0,1
12	0,17	0,17	0,66	155,9 ± 6,4	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1

Os modelos lineares foram significativos e sem falta de ajuste para aceitação pelo aroma e textura, aceitação global, intenção de compra e alguns parâmetros de cor (tonalidade amarela, croma e tom). Dentre estes, os modelos para a aceitação pela textura e para o tom explicaram mais de 80% da variação observada, sendo que os modelos para a aceitação global, intenção de compra e tonalidade amarela explicaram mais de 70%. Ainda, observou-se efeito de todos os componentes isolados sobre as variáveis dependentes.

Os modelos quadráticos foram significativos e sem falta de ajuste para aceitação pelo aroma e textura, aceitação global, intenção de compra, alguns parâmetros de cor (tonalidade amarela e tom) e força de corte. Dentre estes, os modelos para a aceitação pela textura e para a força de corte explicaram mais de 80% da variação observada, sendo que o modelo para o tom explicou mais de 70%. Apesar dos modelos serem significativos e sem falta de ajuste, observou-se apenas efeito dos componentes isolados sobre as variáveis dependentes, com exceção para a força de corte, para a qual houve interação entre o açúcar e a inulina/oligofrutose, mas não teve efeito isolado da manteiga (Tabela 15). Observa-se que o aumento na adição de inulina/oligofrutose resulta em *cookie* com maior força de corte, sendo o mesmo efeito para a interação entre açúcar e inulina/oligofrutose (Figura 12). Este resultado pode ser devido à alta higroscopicidade dos frutanos (DE SOETE, 2000), causando o endurecimento da massa e posteriormente do *cookie*.

Embora a gordura não tenha apresentado efeito sobre a força de corte, sabe-se da sua importância para a textura de biscoitos, sendo que a força de quebra de biscoitos diminui com o aumento da quantidade de gordura (O'Brien et al., 2003; O'Brien, 2008). De fato, os *cookies* produzidos sem manteiga (ensaios 1, 3 e 5) tiveram forças de corte elevadas (Tabela 14), enquanto que aqueles com maiores quantidades de manteiga (ensaios 2, 4, 6 e 11) apresentaram menores forças de corte.

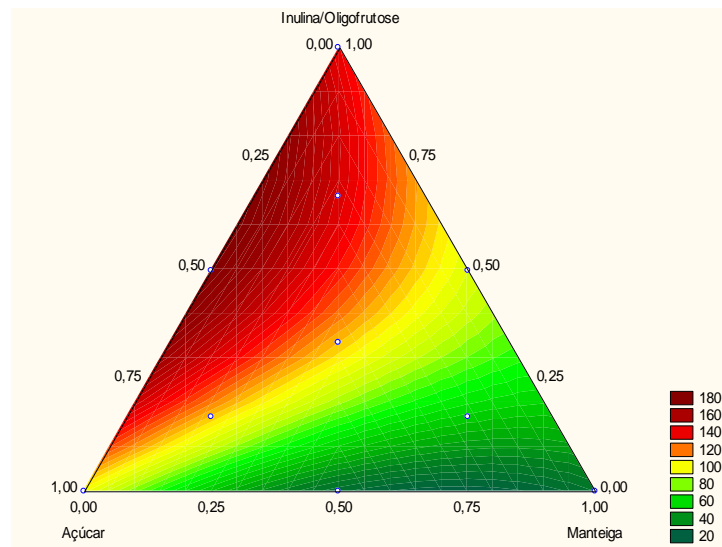
Tabela 15: Modelo e qualidade de ajuste para a variável dependente força de corte dos *cookies* de chocolate.

Variável dependente	Equação ¹	Valor de p	Falta de ajuste	R ² (%)
Força de corte	$Y = 97,7X_1 + 136,0X_3 + 265,7 X_1X_3$	0,001	0,09	89,99
Força de corte*	$Y = 83,2X_1 + 142,8X_3 + 259,4X_1X_3$	<0,001	0,07	85,84

¹X₁ = açúcar, X₃ = inulina/oligofrutose.

*Modelo obtido na análise de regressão múltipla excluindo-se os coeficientes originais não significativos.

Figura 12: Diagrama triangular para a força de corte, em newtons, dos *cookies* contendo açúcar, manteiga e inulina/oligofrutose.



Os modelos cúbicos especiais foram significativos e sem falta de ajuste para aceitação pela textura, alguns parâmetros de cor (tonalidade amarela, croma e tom) e força de corte. Todos estes modelos explicaram mais de 70% da variação observada. Apesar destes modelos serem significativos e sem falta de ajuste, observou-se, novamente, apenas efeito dos componentes isolados sobre as variáveis dependentes, com exceção para a força de corte, para a qual houve interação entre o açúcar e a inulina/oligofrutose, mas sem efeito isolado da manteiga e da interação entre os três componentes.

De maneira geral, observou-se unicamente o efeito dos três componentes isolados (açúcar, manteiga e inulina/oligofrutose), sendo a interação entre açúcar e inulina/oligofrutose apenas para a força de corte. Desta forma, considera-se que a produção dos *cookies*, tendo a inulina/oligofrutose como substituta de açúcar e gordura (manteiga), não foi bem-sucedida. Conclui-se isso não apenas pelos resultados estatísticos, mas principalmente pelo fato de os *cookies* terem se apresentado extremamente duros, mesmo aqueles com menor proporção de adição de inulina/oligofrutose, resultando em baixa aceitação pela textura (Tabela 12).

Dois amostras apresentaram aceitação pela textura maior do que 7: a formulação 2, que não continha inulina/oligofrutose, e a formulação 11, com 17% de inulina/oligofrutose na mistura, o que representa 25,5 g deste produto na formulação do *cookie*. As demais

formulações tiveram aceitação pela textura menor do que 6,4, chegando a 3,1, o que indica rejeição pelo produto. Além disso, diversos foram os comentários dos consumidores, durante a análise sensorial, em relação à textura dura dos *cookies*. Mesmo com média 7,0 para a textura da formulação 11, o *cookie* ainda se apresentava relativamente duro para consumo diário, além do que a quantidade de inulina/oligofrutose neste *cookie* não estaria em quantidade suficiente para atingir o objetivo principal deste projeto.

Por conta destes resultados, nem se avançou para a análise das características químicas dos *cookies*, visto que a aceitação sensorial é primordial para o sucesso de qualquer produto.

Por isso, nova proposta de estudo foi feita para produzir *cookies* com quantidade suficiente de frutanos para promoção no aumento da absorção de cálcio, sendo por meio da substituição da farinha de arroz pelo produto com inulina/oligofrutose.

5.4 Caracterização dos *cookies* de chocolate isentos de glúten e adicionados de inulina/oligofrutose por meio da substituição parcial da farinha de arroz

5.4.1 Composição centesimal dos *cookies*

Os teores de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, fibras insolúveis e fibras solúveis, além da atividade de água, foram, de forma geral, semelhantes entre todos os *cookies*, com exceção do comercial (Tabela 16). Aparentemente, há um decréscimo no teor de carboidratos disponíveis e um aumento no teor de fibra alimentar total do *cookie* padrão, passando pelos *cookies* com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose, justamente devido ao aumento nessa substituição. Além disso, o *cookie* com 75% de inulina/oligofrutose apresenta teores maiores de fibras solúveis, fibras insolúveis e frutanos totais em relação ao *cookie* com 25%.

As quantidades de fibras nos *cookies* com inulina/oligofrutose permitem que os mesmos possam ser descritos como “fonte de fibra” ou “alto conteúdo de fibra”. Segundo BRASIL (2012), se a porção de um alimento fornece mínimos de 3 g ou de 5 g de fibra, o mesmo possui informação nutricional complementar de “fonte de fibra” e “alto conteúdo de fibra”, respectivamente. Considerando uma porção de 30 g de *cookie* (BRASIL, 2003) e os conteúdos de fibra alimentar total na Tabela 16, as porções dos *cookies* com 25%, 50% e 75% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose fornecem 1,29, 5,31 e 5,67 de

fibra alimentar total, respectivamente, podendo apenas os *cookies* com 50% e 75% de inulina/oligofrutose serem descritos como “alto conteúdo” de fibra.

No mesmo sentido, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária permite a alegação funcional de prebiótico a um alimento se sua porção fornecer mínimo de 2,5 g de frutanos, sejam inulina ou frutooligossacarídeos (ANVISA, 2016). Considerando a porção de 30 g para *cookie* e os teores de frutanos totais na Tabela 16, as porções dos *cookies* com 25%, 50% e 75% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose fornecem 3,3, 5,5 e 8,2 g de frutanos totais, respectivamente, podendo possuir a alegação de potencialmente prebióticos. Além disso, considerando, respectivamente, o consumo diário de 3 porções, 2 porções e 1 porção dos *cookies* com 25, 50 e 75% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose, a recomendação de 8 g/dia para aumento na absorção de cálcio é atingida (Anexo A). E este consumo diário, além de contribuir com a absorção de cálcio, ajudará no aumento da ingestão de fibra, uma vez que o consumo dessas mesmas porções auxiliará na ingestão de 3,87, 10,62 e 5,67 g de fibra alimentar, respectivamente.

De acordo com Codex Alimentarius Commission (2008) (Alinorm 08/31/26) existem duas categorias para rotulagem de alimentos comerciais segundo às necessidades alimentares das pessoas com intolerância ao glúten: 1) “isento de glúten” para rotulagem de produtos alimentícios com teor de glúten inferior a 20 ppm e 2) “Teor muito baixo de glúten” para rotulagem de produtos alimentícios com teor de glúten entre 20 e 100 ppm. Desta forma, pode-se considerar os *cookies* padrão e com inulina/oligofrutose “isentos de glúten”, já que todas as formulações apresentaram quantidade menor 5 mg/Kg (ppm).

Tabela 16: Características químicas (média \pm desvio-padrão; n = 3) dos *cookies* de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.

Características químicas	Padrão	25%	50%	75%	Comercial ⁵
Composição centesimal¹					
Umidade	5,1 \pm 0,1 ^{ab}	5,7 \pm 0,0 ^{ab}	5,9 \pm 0,1 ^{ab}	6,4 \pm 0,1 ^a	3,5 \pm 0,1 ^b
Cinzas	1,7 \pm 0,0 ^{ns}	1,7 \pm 0,0 ^{ns}	1,6 \pm 0,1 ^{ns}	1,5 \pm 0,1 ^{ns}	1,1 \pm 0,1 ^{ns}
Lipídeos	14,2 \pm 0,2 ^a	13,8 \pm 0,0 ^{ab}	12,1 \pm 0,3 ^{ab}	9,4 \pm 0,1 ^b	21,33
Proteínas	6,1 \pm 0,0 ^a	5,2 \pm 0,2 ^{ab}	4,7 \pm 0,1 ^{ab}	3,8 \pm 0,0 ^b	7,0
Fibra alimentar total ²	4,2	4,3	17,7	18,9	3,0
Fibras insolúveis	4,2 \pm 0,0 ^{ab}	4,1 \pm 0,1 ^b	4,5 \pm 0,1 ^{ab}	4,7 \pm 0,2 ^a	n.d.
Fibras solúveis	0,0 \pm 0,0	0,2 \pm 0,0 ^b	13,2 \pm 0,4 ^{ab}	14,2 \pm 0,7 ^a	n.d.
Frutanos totais	n.d.	11,0 \pm 0,1 ^b	18,5 \pm 0,5 ^{ab}	27,4 \pm 0,2 ^a	n.d.
Carboidratos disponíveis ³	68,7	58,3	39,5	32,6	64,1
Atividade de água	0,3 \pm 0,0 ^{ns}	0,3 \pm 0,0 ^{ns}	0,4 \pm 0,0 ^{ns}	0,4 \pm 0,0 ^{ns}	0,3 \pm 0,0 ^{ns}
Glúten⁴	< 5	< 5	< 5	< 5	n.d.

Letras diferentes na mesma linha indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$).

ns = não significativo.

¹Unidade de medida = g/100 g.

²Somatória de fibra insolúvel e fibra solúvel.

³Resultante de 100 – (umidade + cinzas + lipídeos + proteínas + fibra alimentar total + frutanos totais).

⁴Unidade de medida = ppm.

⁵Informações fornecidas no rótulo.

n.d. = não determinado.

5.4.2 Parâmetros físicos dos *cookies*

Todos os *cookies* apresentaram tonalidade de vermelho (valores positivos de a^*) e tonalidade de amarelo (valores positivos de b^*) (Tabela 17). O *cookie* com substituição de 50% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose apresentou maior luminosidade (L^*) dentre todos os *cookies*, indicando cor mais clara. Para a tonalidade de vermelho (a^*), os valores foram semelhantes entre todos *cookies*. De forma geral, os *cookies* com inulina/oligofrutose se destacaram para menores tonalidades de amarelo (b^*), mas maiores saturações da cor (C^*) em relação ao *cookie* comercial. Finalmente, observa-se que o *cookie* com 25% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose possui cor de mesmo tom em relação ao *cookie* comercial, enquanto os demais *cookies* com inulina/oligofrutose possuem cores

com tonalidades iguais entre si. Apesar do reconhecido efeito dos frutanos na cor dos produtos, pelo fato destes possuírem açúcares redutores em sua cadeia, favorecendo a reação de Maillard, os resultados para os atributos da cor não seguiram um padrão definido em função do aumento na substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose.

Em relação à força de corte, os *cookies* com inulina/oligofrutose apresentaram maiores valores em relação ao *cookie* padrão, mas iguais ao comercial (Tabela 17). Segundo Pareyt, Brijs e Delcour (2010), biscoitos com alto teor de açúcar podem apresentar maior dureza devido à cristalização do açúcar durante o seu resfriamento. Embora a quantidade de açúcar tenha sido igual para todos os *cookies*, com exceção do comercial, é provável que a inulina/oligofrutose tenha resultado em maior força de corte devido à cristalização da frutose.

O *cookie* com 25% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose apresentou maior volume específico do que o *cookie* comercial, e foi estatisticamente semelhante ao *cookie* padrão, enquanto os *cookies* com 50 e 75% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose tiveram menor volume específico em relação ao padrão. Já em relação ao fator de expansão, os *cookies* com 25 e 50% de substituição expandiram mais do que o padrão. Maache-Rezzoug et al. (1998) estudaram a influência da água, gorduras e sacarose em massas para biscoitos e concluíram que grânulos com menor granulometria e em alta concentração contribuem para a espalhabilidade dos biscoitos. Assim, a maior quantidade de frutose nos *cookies* com inulina/oligofrutose pode explicar o fato destes *cookies* terem um fator de expansão maior do que o *cookie* padrão, com exceção do *cookie* com 75% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose, que não deve ter expandido devido à maior caramelização durante o forneamento.

Tabela 17: Propriedades físicas (média \pm desvio-padrão; n = 8 para cor; n = 20 para demais) dos *cookies* de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.

Propriedades físicas	Padrão	25%	50%	75%	Comercial
Cor					
L*	28,1 \pm 0,7 ^b	27,0 \pm 0,7 ^c	28,7 \pm 0,5 ^a	27,9 \pm 0,6 ^b	25,5 \pm 0,7 ^c
a*	9,7 \pm 0,2 ^{ab}	9,8 \pm 0,1 ^a	9,5 \pm 0,2 ^b	9,3 \pm 0,8 ^{ab}	9,7 \pm 0,1 ^{ab}
b*	11,8 \pm 0,4 ^a	10,8 \pm 0,4 ^{bc}	10,5 \pm 0,3 ^c	9,3 \pm 1,1 ^d	11,4 \pm 0,5 ^{ab}
C*	29,7 \pm 0,7 ^{ab}	28,8 \pm 0,7 ^c	30,2 \pm 0,5 ^a	29,4 \pm 0,9 ^{bc}	27,3 \pm 0,6 ^d
h	19,1 \pm 0,2 ^b	20,0 \pm 0,3 ^a	18,4 \pm 0,4 ^c	18,5 \pm 1,2 ^{bc}	20,7 \pm 0,7 ^a
Força de corte ¹	31,8 \pm 4,4 ^c	39,5 \pm 4,3 ^b	42,8 \pm 9,4 ^{ab}	49,2 \pm 8,0 ^a	43,3 \pm 3,8 ^{ab}
Volume específico ¹	2,2 \pm 0,1 ^{ab}	2,3 \pm 0,1 ^a	1,8 \pm 0,2 ^c	1,5 \pm 0,1 ^d	1,8 \pm 0,1 ^{bcd}
Fator de expansão	0,7 \pm 0,0 ^c	0,8 \pm 0,1 ^{ab}	0,8 \pm 0,1 ^a	0,7 \pm 0,0 ^{bc}	n.d. ²

Letras diferentes na mesma linha indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$).

¹Força de corte em N; volume específico em $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$.

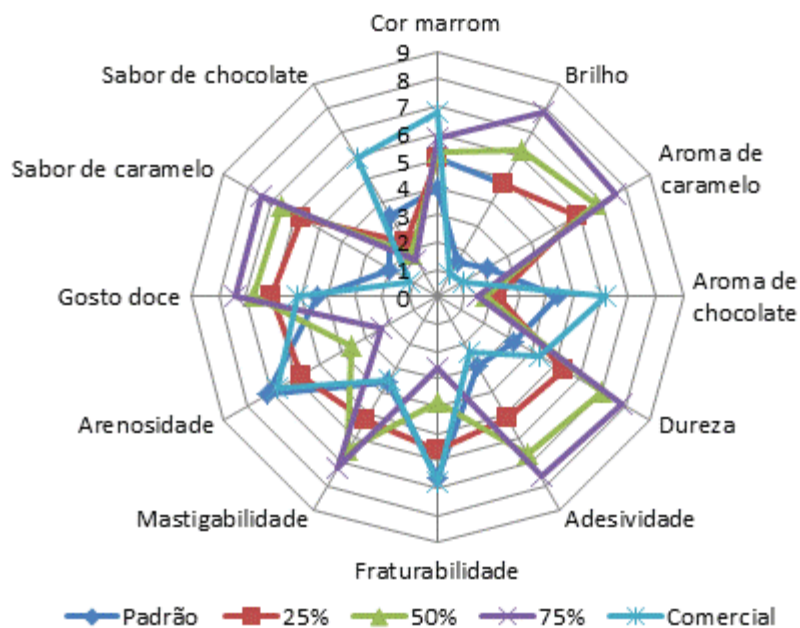
²O fator de expansão do *cookie* comercial não foi determinado, devido à ausência dos valores do diâmetro e altura do *cookie* antes do forneamento.

5.4.3 Perfil sensorial dos *cookies*

A equipe sensorial foi composta por doze avaliadores, sendo um do sexo masculino e onze do sexo feminino, com faixa etária de 23 a 47 anos, e todos não fumantes. Em relação ao grau de gostar de *cookies*, 75% dos avaliadores gostam muito e os outros 25% gostam regularmente. Todos os avaliadores consomem *cookies*: 8,33% três vezes por semana, 50% uma vez por semana e 48,67% consomem ocasionalmente.

Os *cookies* com inulina/oligofrutose foram caracterizados pelo brilho, aroma de caramelo, dureza, adesividade, mastigabilidade, gosto doce e sabor de caramelo (Figura 13). Já o *cookie* comercial foi caracterizado pela cor marrom, aroma de chocolate e sabor de chocolate, além da fraturabilidade e arenosidade juntamente ao *cookie* padrão.

Figura 13: Perfil sensorial dos *cookies* de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.



Os *cookies* com inulina/oligofrutose apresentaram maior brilho, aroma de caramelo, dureza, adesividade, mastigabilidade, gosto doce e sabor de caramelo em relação aos *cookies* padrão e comercial (Tabela 18). De acordo com Huebner et al. (2008), durante o forneamento ocorre a reação de Maillard, na qual os açúcares redutores presentes na cadeia de frutanos reagem com aminoácidos, produzindo compostos de peso molecular mais elevado que podem influenciar o sabor, o aroma e cor do alimento. Neste caso, o brilho, aroma e sabor de caramelo aumentado podem ter sido devido à reação de Maillard. Ainda, tal reação pode ter contribuído para a cor marrom aumentada em relação ao *cookie* padrão (Tabela 18).

Em relação ao gosto doce, o produto Orafiti[®]Synergy1 apresenta, de acordo com o fabricante, 25% do poder de doçura em relação à sacarose. Portanto, a substituição da farinha de arroz por este produto deve ter contribuído para a maior intensidade de gosto doce nos *cookies* (Tabela 18).

Os frutanos são fibras solúveis. Naturalmente, é de se esperar que as fibras influenciem a textura de alimentos (POMERANZ et al., 1977; WANG; ROSELL; BARBER, 2002), além do que fibras solúveis podem absorver água durante o preparo de um produto (RONKART et al., 2009). Esses fatores justificam o aumento na dureza, adesividade e mastigabilidade dos *cookies* com inulina/oligofrutose (Tabela 18). Outros trabalhos

observaram efeitos semelhantes dos frutanos nestas características (RONDA et al., 2005; VOLPINI-RAPINA; SOKEI; CONTI-SILVA, 2012; AKBARI et al., 2016).

O aumento na concentração de inulina/oligofrutose resultou em *cookies* menos fraturáveis e menos arenosos (Tabela 18). Brennan e Samyue (2004) relataram que a adição de fibra alimentar em biscoito afetou o encolhimento e o desenvolvimento da altura durante o forneamento, reduzindo a resistência dos biscoitos para fraturar durante os testes de análise de textura. Ainda, Handa; Goomer; Siddhu (2011) também observaram a redução da textura arenosa em *cookies* produzidos com grão de *finger millet* e sorgo por meio do uso de fibra solúvel, tal como inulina/frutooligossacarídeos.

O aroma de chocolate e sabor de chocolate foram menos intensos nos *cookies* padrão e com oligofrutose/inulina em relação ao comercial, sendo ainda menores nos *cookies* com os frutanos (Tabela 18). As menores intensidades nestes termos podem ser justificadas pela prevalência do aroma de caramelo e sabor de caramelo nos *cookies* desenvolvidos neste trabalho.

Tabela 18: Intensidade dos termos descritores (média \pm desvio-padrão; n = 36) dos *cookies* de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.

Termos descritores	Padrão	25%	50%	75%	Comercial
Cor marrom	4,0 \pm 1,1 ^d	5,1 \pm 0,9 ^c	5,3 \pm 0,7 ^{bc}	5,8 \pm 1,1 ^b	6,8 \pm 0,8 ^a
Brilho	1,5 \pm 1,1 ^d	4,8 \pm 1,4 ^c	6,2 \pm 1,7 ^b	7,8 \pm 0,4 ^a	1,0 \pm 0,5 ^d
Aroma de caramelo	2,1 \pm 1,8 ^d	5,9 \pm 1,2 ^c	6,7 \pm 0,8 ^b	7,5 \pm 0,4 ^a	1,1 \pm 0,4 ^e
Aroma de chocolate	4,4 \pm 1,6 ^b	2,2 \pm 0,9 ^c	1,8 \pm 0,7 ^{cd}	1,5 \pm 0,6 ^d	6,2 \pm 1,2 ^a
Dureza	3,3 \pm 1,1 ^e	5,4 \pm 1,4 ^c	7,0 \pm 1,0 ^b	7,8 \pm 0,6 ^a	4,4 \pm 1,2 ^d
Adesividade	3,0 \pm 1,2 ^d	5,1 \pm 1,4 ^c	6,7 \pm 1,3 ^b	7,6 \pm 0,4 ^a	2,3 \pm 1,1 ^d
Fraturabilidade	6,7 \pm 1,0 ^a	5,6 \pm 1,2 ^b	3,9 \pm 1,4 ^c	2,6 \pm 1,1 ^d	6,8 \pm 0,7 ^a
Mastigabilidade	3,6 \pm 1,1 ^d	5,2 \pm 1,1 ^c	6,5 \pm 1,1 ^b	7,3 \pm 0,5 ^a	3,5 \pm 0,9 ^d
Arenosidade	7,1 \pm 0,6 ^a	5,8 \pm 1,1 ^b	3,7 \pm 1,6 ^c	2,3 \pm 1,4 ^d	6,7 \pm 1,2 ^a
Gosto doce	4,4 \pm 1,4 ^e	6,1 \pm 0,8 ^c	6,7 \pm 0,7 ^b	7,4 \pm 0,7 ^a	5,1 \pm 1,1 ^d
Sabor de caramelo	2,0 \pm 1,3 ^d	5,7 \pm 1,4 ^c	6,6 \pm 0,8 ^b	7,4 \pm 0,4 ^a	1,1 \pm 0,5 ^e
Sabor de chocolate	3,4 \pm 1,4 ^b	2,3 \pm 0,8 ^c	1,8 \pm 0,7 ^{cd}	1,6 \pm 0,5 ^d	5,8 \pm 1,4 ^a

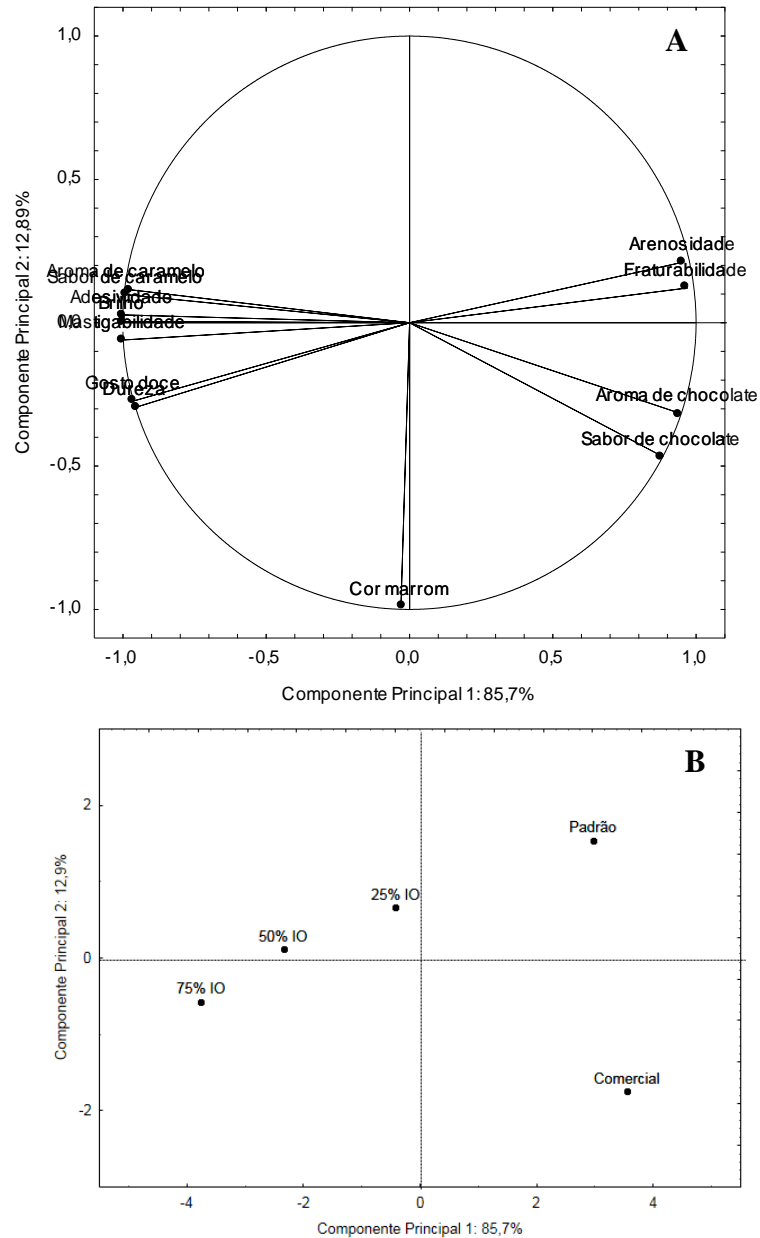
Letras diferentes na mesma linha indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A Figura 14 apresenta a análise de componentes principais para os resultados da análise descritiva dos *cookies*. O primeiro componente principal explicou 85,7% da variação dos dados e o segundo componente principal explicou 12,9%, totalizando 98,6% da variação total dos dados.

O primeiro componente principal é explicado pela arenosidade, fraturabilidade, aroma de chocolate e sabor de chocolate (cargas fatoriais $\geq 0,7$ destas variáveis no componente principal 1) e pelo aroma de caramelo, sabor de caramelo, brilho, adesividade, mastigabilidade, gosto doce e dureza (cargas fatoriais $\leq -0,7$ destas variáveis no componente principal 1), sendo que a arenosidade, fraturabilidade, aroma de chocolate e sabor de chocolate estão correlacionadas positivamente entre si, mas negativamente correlacionadas ao aroma de caramelo, sabor de caramelo, brilho, adesividade, mastigabilidade, gosto doce e dureza (Figura 14A). Observa-se que o *cookie* de chocolate padrão foi descrito pela arenosidade e fraturabilidade, enquanto o *cookie* comercial se destacou pelo aroma de chocolate e sabor de chocolate. Os *cookies* com 25% e 50% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose foram descritos pelo aroma de caramelo, sabor de caramelo, brilho, adesividade e mastigabilidade, e o *cookie* com 75% de substituição destacou-se pela dureza e gosto doce.

O segundo componente principal é explicado apenas pela cor marrom (Figura 14A), mas nenhuma amostra foi descrita por este termo descritor (Figura 14B).

Figura 14: Análise de Componentes Principais dos dados dos termos descritores dos *cookies* de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.



Comparando todas as formas de análise dos resultados da análise descritiva, o gráfico aranha (Figura 13) e a comparação de médias (Tabela 18) apresentaram os mesmos resultados, enquanto a análise de componentes principais (Figura 14) descreveu alguns *cookies* contendo inulina/oligofrutose de forma ligeiramente diferente. Enquanto os termos descritores brilho, aroma de caramelo, dureza, adesividade, mastigabilidade, gosto doce e

sabor de caramelo foram importantes para os *cookies* com inulina/oligofrutose no gráfico aranha e comparação de médias, a análise de componentes principais descreveu os *cookies* com 25% e 50% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose com os termos brilho, aroma de caramelo, adesividade, mastigabilidade e sabor de caramelo, enquanto o *cookie* com 75% de substituição foi descrito pelos termos dureza e gosto doce. Já o *cookie* comercial esteve próximo aos vetores para aroma de chocolate e sabor de chocolate, e o *cookie* padrão esteve próximo aos vetores para fraturabilidade e arenosidade, diferenciando do gráfico aranha e da comparação de médias. Por outro lado, a cor marrom na análise de componentes principais não é representada por nenhuma amostra, porém, nas demais representações o *cookie* comercial foi representado por este termo. Assim, pode-se concluir que a análise de componentes principais discriminou mais os *cookies* quanto ao perfil sensorial em relação à análise de comparação de médias.

5.4.4 Aceitação sensorial dos *cookies*

O *cookie* formulado com 25% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose foi igualmente aceito ao *cookie* com farinha de arroz e ao *cookie* comercial para a maioria dos atributos sensoriais, aceitação global e intenção de compra. Apresentou também menor aceitação para o atributo textura (6,8) em relação ao *cookie* comercial (7,6), porém apresentou maior aceitação para o atributo sabor (7,1) em relação ao *cookie* comercial (6,5) (Tabela 19). O aumento na quantidade de inulina/oligofrutose diminuiu a aceitação por todos os atributos e de forma global, além da intenção de compra.

Em revisão feita por González-Herrera et al. (2015), a inulina é utilizada como um substituto de gordura na maior parte dos produtos de panificação e biscoitos, além de ser utilizada em proporções maiores nestes do que em outros alimentos. Os mesmos autores relatam que a dureza aumenta com o aumento de adição de inulina.

Tabela 19: Aceitação (média \pm desvio-padrão; n = 220, exceto para comercial = 110) dos *cookies* de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.

Aceitação	Padrão	25%	50%	75%	Comercial
Aparência*	7,5 \pm 1,3 ^a	7,7 \pm 1,2 ^a	6,7 \pm 1,8 ^b	5,4 \pm 2,2 ^c	7,3 \pm 1,6 ^a
Aroma*	7,3 \pm 1,3 ^a	7,3 \pm 1,4 ^a	6,8 \pm 1,6 ^b	6,2 \pm 1,9 ^c	6,8 \pm 1,7 ^{ab}
Textura*	7,5 \pm 1,6 ^a	6,8 \pm 1,8 ^b	4,7 \pm 2,2 ^c	3,1 \pm 1,9 ^d	7,6 \pm 1,4 ^a
Sabor*	7,1 \pm 1,5 ^{ab}	7,1 \pm 1,5 ^a	6,1 \pm 1,9 ^c	5,1 \pm 2,1 ^d	6,5 \pm 2,0 ^{bc}
Aceitação global*	7,2 \pm 1,4 ^a	7,1 \pm 1,4 ^a	5,5 \pm 1,8 ^b	4,0 \pm 1,8 ^c	6,9 \pm 1,7 ^a
Intenção de compra**	3,9 \pm 1,0 ^a	3,8 \pm 1,1 ^a	2,7 \pm 1,1 ^b	1,8 \pm 1,0 ^c	3,7 \pm 1,2 ^a

Letras diferentes na mesma linha indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

*Escala hedônica estruturada de 9 pontos.

**Escala de intenção de compra de 5 pontos.

Para a aceitação pela aparência e textura, a análise de *cluster* formou três grupos de amostras: um grupo com os *cookies* padrão, com 25% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial, um grupo com o *cookie* com 50% de substituição e outro com o *cookie* com 75% de substituição (Figura 15A; como a formação de grupos foi igual, apenas o dendograma e mapa de preferência interno para a textura estão apresentados). Amostras em um mesmo grupo apresentam similaridades nas avaliações dos consumidores, ou seja, os *cookies* padrão, com 25% de substituição e comercial foram aceitos de forma semelhante para a aparência e textura. Por outro lado, amostras em grupos diferentes apresentam dissimilaridades nas avaliações, e, portanto, os *cookies* com 50% e 75% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose foram aceitos de forma diferente entre si e em relação ao outro grupo de amostras. Os pontos dispersos apresentados no mapa de preferência interno para a textura (Figura 15B; *stress value* menor que 0,05) representam cada consumidor, e um número alto de pontos próximos a uma determinada amostra ou grupo de amostras indica maior aceitação por estas amostras. Dessa forma, observa-se maior aceitação pelos *cookies* padrão, com 25% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.

A análise de *cluster* para a aceitação pelo aroma (Figura 15C) resultou em três grupos: um grupo com os *cookies* padrão, com 25 e 50% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e dois grupos isolados, sendo um com o *cookie* com 75% de substituição e outro com o *cookie* comercial. Pelo mapa de preferência interno para o aroma (Figura 15D;

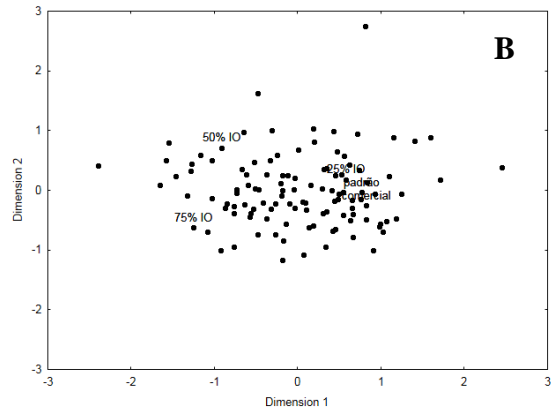
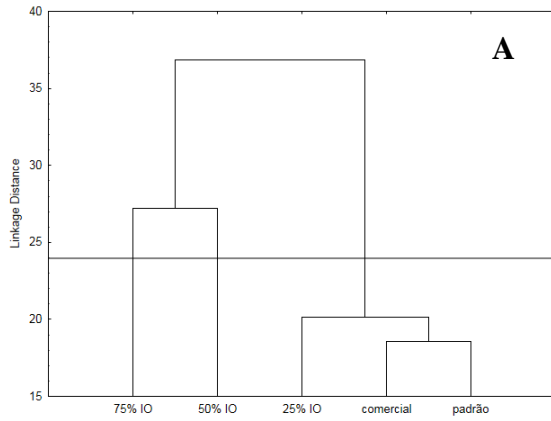
stress value menor que 0,05), observa-se maior aceitação pelos *cookies* padrão, com 25 e 50% de substituição.

Para sabor, aceitação global e intenção de compra, a análise de *cluster* formou quatro grupos: um grupo com o *cookie* padrão e com 25% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose, e três grupos isolados para o *cookie* com 50% de substituição, para o *cookie* com 75% de substituição e para o *cookie* comercial (Figura 15E). No mapa de preferência interno para a aceitação global (Figura 15F; *stress value* menor que 0,05), há maior concentração de consumidores ao redor do grupo contendo os *cookies* padrão e com 25% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose, indicando maior aceitação dos consumidores por estas amostras.

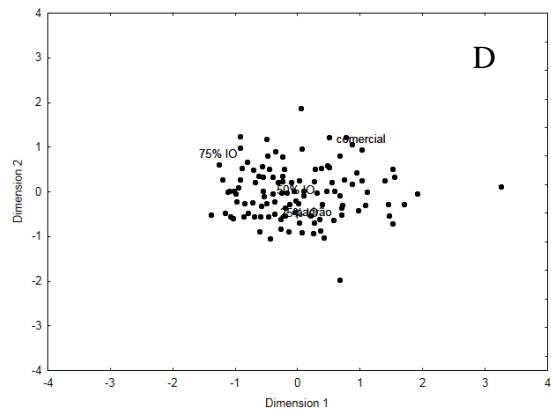
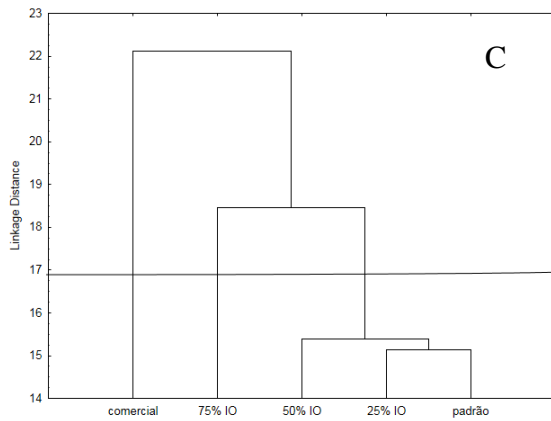
Os mapas de preferência internos corroboram os resultados de comparação de médias (Tabela 19), pois o *cookie* com 25% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose foi aceito de forma semelhante ao *cookie* padrão para todos os atributos sensoriais, aceitação global e intenção de compra. Interessante observar também que o aroma do *cookie* com 50% de substituição foi aceito de forma semelhante aos *cookies* padrão e com 25% de substituição e mais aceito em relação aos *cookies* com 75% de substituição e comercial, diferentemente do que é observado na Tabela 19.

Figura 15: Dendogramas resultantes da análise de cluster (A/C/E) e mapa de preferência interno (B/D/F) para os *cookies* de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial.

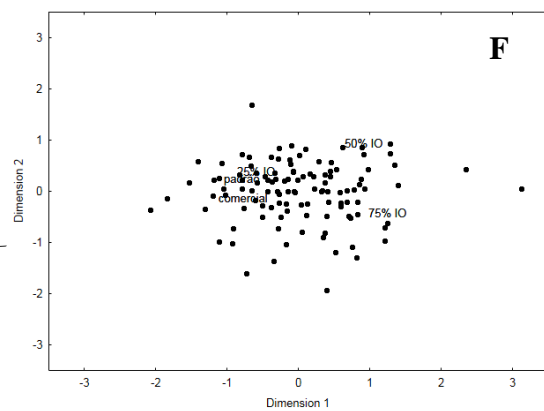
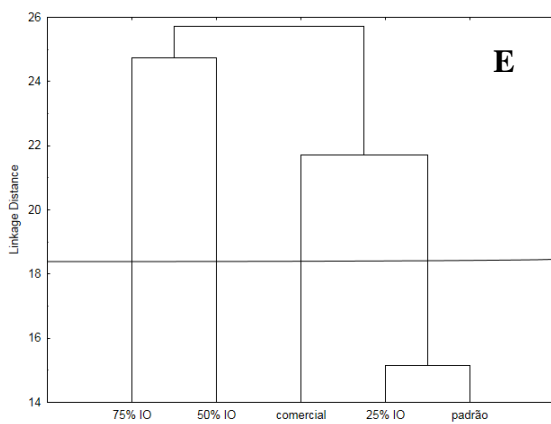
Textura



Aroma



Aceitação global



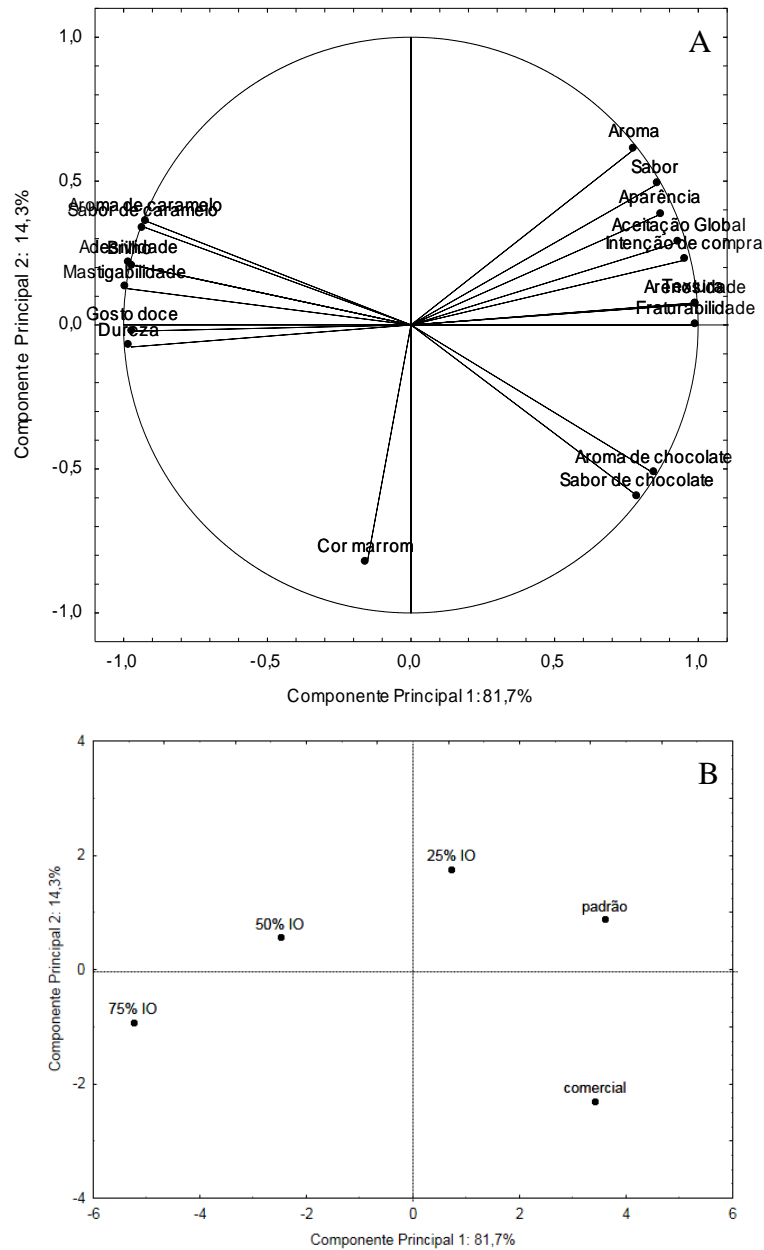
5.4.5 Mapas de preferência externos

A Figura 16 apresenta o mapa de preferência externo entre a aceitação sensorial e os termos descritores dos *cookies*. O primeiro componente principal explicou 81,7% da variação dos dados e o segundo componente principal explicou 14,3%, totalizando 96,0% da variação total dos dados.

O primeiro componente principal é explicado pela aceitação sensorial (aroma, sabor, aparência, textura, aceitação global e intenção de compra), arenosidade, fraturabilidade, aroma de chocolate e sabor de chocolate (cargas fatoriais $\geq 0,7$ destas variáveis no componente principal 1) e pelo aroma de caramelo, sabor de caramelo, brilho, adesividade, mastigabilidade, gosto doce e dureza (cargas fatoriais $\leq -0,7$ destas variáveis no componente principal 1), sendo que as variáveis sensoriais da aceitação e arenosidade, fraturabilidade, aroma de chocolate e sabor de chocolate estão correlacionadas positivamente entre si, mas negativamente correlacionadas ao aroma de caramelo, sabor de caramelo, brilho, adesividade, mastigabilidade, gosto doce e dureza (Figura 16A). Observa-se que os *cookies* de chocolate padrão e com 25% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose são descritos pela aceitação sensorial, que é devida às maiores intensidades de arenosidade e fraturabilidade, e menores intensidades de aroma de caramelo, sabor de caramelo, brilho, adesividade, mastigabilidade, gosto doce e dureza (Figura 16B). O *cookie* com 50% de substituição teve baixa aceitação por conta de suas intensidades de aroma de caramelo, sabor de caramelo, adesividade, brilho e mastigabilidade, ao passo que para o *cookie* com 75% de substituição a baixa aceitação deu-se em função das intensidades de gosto doce e dureza. Já o *cookie* comercial destacou-se pelo aroma de chocolate e sabor de chocolate, mas sem correlação com a aceitação sensorial.

O segundo componente principal é explicado apenas pela cor marrom (Figura 16A), sendo que *cookie* com 75% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose destacou-se também para esta variável (Figura 16B).

Figura 16: Mapa de preferência externo entre a aceitação sensorial e os termos descritores dos *cookies* de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial (A – projeção das variáveis, B – projeção das amostras).



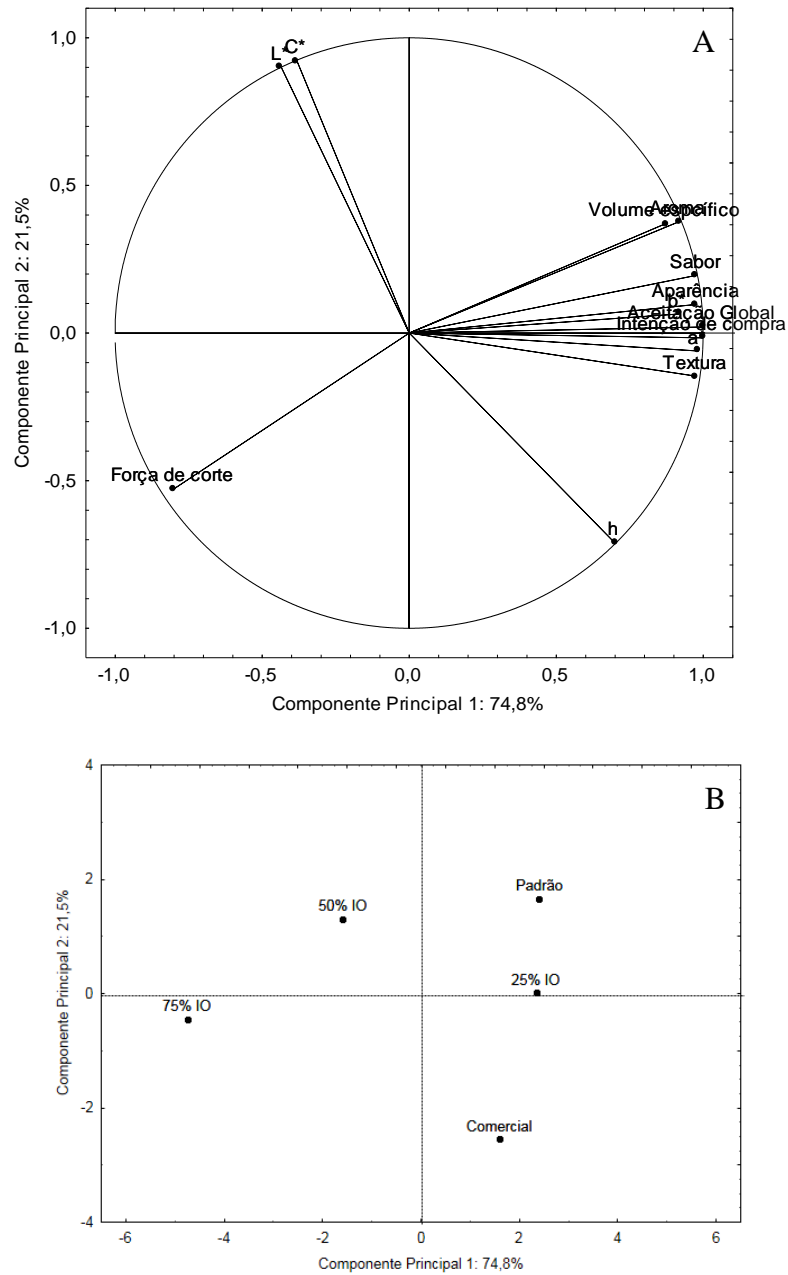
A Figura 17 apresenta o mapa de preferência externo entre os parâmetros físicos e a aceitação sensorial. O primeiro componente principal explicou 74,8% da variação dos dados e o segundo componente principal explicou 21,5%, totalizando 96,3% da variação total dos dados.

O primeiro componente principal é explicado pela aceitação sensorial (aparência, aroma, textura, sabor, aceitação global e intenção de compra), a^* , b^* , h , e volume específico

(cargas fatoriais $\geq 0,7$ destas variáveis no componente principal 1) e pela força de corte (cargas fatoriais $\leq -0,7$ destas variáveis no componente principal 1), sendo que a força de corte está correlacionada negativamente com as demais (Figura 17A). Observa-se que os *cookies* de chocolate padrão e com 25% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose destacam-se pela aceitação pela aparência, aroma e sabor, aceitação global e intenção de compra, que estão correlacionadas com as maiores intensidades de tonalidade de amarelo (b^*) e volume específico (Figura 17B). O *cookie* com 75% de substituição já teve baixa aceitação tanto em função das menores tonalidades de amarelo e volume específico, como também em função da intensidade da força de corte. Já o *cookie* comercial destacou-se pelo tom da cor, aceitação pela textura e tonalidade de vermelho (a^*).

O segundo componente principal é explicado apenas pela luminosidade (L^*) e croma (C^*) (Figura 17A), sendo que o *cookie* com 50% de substituição destacou-se para estas variáveis, mas sem correlacionar com a aceitação sensorial (Figura 17B).

Figura 17: Mapa de preferência externo entre a aceitação sensorial e parâmetros físicos dos *cookies* de chocolate padrão, com substituição de 25%, 50% e 75% da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose e comercial (A – projeção das variáveis, B – projeção das amostras).



6 CONCLUSÕES

A substituição total da farinha de trigo por farinha de arroz, farinha de soja integral e polvilho, e suas misturas, para produção de *cookies* de chocolate isentos de glúten é viável. O *cookie* de chocolate formulado com a substituição total da farinha de trigo pela farinha de arroz foi igualmente aceito ao *cookie* com farinha de trigo, sendo que a maior aceitação pelo *cookie* com farinha de arroz foi devido a menor intensidade de cor e menor volume específico. O *cookie* com polvilho também teve boa aceitação, enquanto o *cookie* com farinha de soja integral teve baixa aceitação. Portanto, conclui-se que a farinha de arroz é o melhor substituto da farinha de trigo para este tipo de produto.

O estudo do desenvolvimento de *cookies* isentos de glúten, com farinha de arroz e com substituição da gordura (manteiga) e açúcar pela inulina/oligofrutose não é viável, visto que os *cookies* se apresentaram extremamente duros, mesmo aqueles com menor proporção de adição de inulina/oligofrutose.

O estudo do desenvolvimento de *cookies* isentos de glúten e com substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose é viável. A substituição da farinha de arroz por 25%, 50% e 75% de inulina/oligofrutose resultou em alterações nas propriedades físicas, perfil sensorial e aceitação dos *cookies*, principalmente quando comparados aos *cookies* padrão e comercial. No entanto, o *cookie* com 25% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose foi igualmente aceito ao *cookie* com farinha de arroz e ao *cookie* comercial para a maioria dos atributos sensoriais, aceitação global e intenção de compra. Essa aceitação foi devido às maiores intensidades dos termos descritores arenosidade e fraturabilidade, tonalidade de amarelo (b*) e volume específico do *cookie* com 25% de substituição, além das menores intensidades dos termos descritores aroma de caramelo, sabor de caramelo, brilho, adesividade, mastigabilidade, gosto doce e dureza, e da menor força de corte instrumental.

Os *cookies* com 25%, 50% e 75% de substituição da farinha de arroz pela inulina/oligofrutose possuem alegação de potencialmente prebióticos e podem ser declarados como “isentos de glúten”. Ainda, considerando, respectivamente, o consumo diário de 3 porções, 2 porções e 1 porção dos *cookies* com 25%, 50% e 75% de substituição, a recomendação de 8 g/dia para aumento na absorção de cálcio é atingida.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos: lista de alegações de propriedade funcional aprovadas**. Brasília, DF, 2016. . Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm > . Acesso em: 01 jun. 2016.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). (10th ed.). Saint Paul, **Approved methods: Method 10-50D**; 2000.
- AKBARI, M.; et al. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v. 57, p 52-55, 2016.
- ALVARENGA, N. B. et al. Characterization of gluten-free bread prepared from maize, rice and tapioca flours using hydrocolloid seaweed agar-agar. **Recent Research in Science and Technology**, Abu Dhabi, v. 3, n. 8, p. 64-68, 2011.
- AOAC (1990). **Official methods of analysis of AOAC international**. 15th ed. Washington, AOAC International.
- AOAC (2010). **Official methods 999.03 of analysis of AOAC international**
- BAI, J. C.; et al. Long-term effect of gluten restriction on bone mineral density of patients with celiac disease. **Alimentary Pharmacology and Therapeutics**, Chichester, v. 11, n. 1, p. 157-164, 1997.
- BALTSAVIAS, A.; JURGENS, A.; VAN VLIET, T. Rheological properties of short doughs at small deformation. **Journal of Cereal Science**, London, v. 26, n. 3, p: 289–300, 1997.
- BARBERO, E. M.; et al. Barriers impeding serologic screening for celiac disease in clinically high-prevalence populations. **BMC Gastroenterology**, London, v. 14, n. 1, p. 42, 2014.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- BIANCHI, M. L.; BARDELLA, M. T. Bone in celiac disease. **Osteoporosis International**, Heidelberg, v. 19, n. 12, p. 1705–1716, 2008.
- BIGUZZI, C.; SCHLICH, P. LANGE, C. The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 35, p. 41-47, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n°. 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 maio 1999. Seção 1.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Dispõe sobre o regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional devendo os valores atender a Resolução- RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 dez. 2003. Seção 1.
- BRASIL. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 set. 2005. Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Dispõe sobre alimentos com alegações de propriedades funcionais devendo os valores atender a Resolução- RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012 quanto à informação nutricional complementar. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 nov. 2012. Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. 6.ed. **Projeções do agronegócio Brasil 2014/2015 a 2014/25**: projeções de longo prazo. Brasília, 2015.
- BRENNAN, C. S.; SAMYUE, E. Evaluation of starch degradation and textural characteristics of dietary fiber enriched biscuits. **International Journal of Food Properties**, New York, v.7, n. 3, p. 647–657, 2004.
- CAMARGO, R.; et al. **Tecnologia de produtos agropecuários: alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984.
- CARABIN, I. G.; FLAMM, W. G. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, Duluth, v. 30, n. 3, p. 268-282, 1999.
- CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. Ingredients and their influences. In: _____ Oxford: **Baked products: science, technology and practice**. Wiley-Blackwell, , 2008. p. 72-98.
- CHE, L. M. et al. Micronization and hydrophobic modification of cassava starch. **International Journal of Food Properties**, New York, v. 10, n. 3, p. 527-536, 2007.
- CHIOTELLI, E.; ROLÉE, A.; LE MESTE, M. Effect of sucrose on the thermomechanical behavior of concentrated wheat and waxy corn starch: water preparations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 4, p: 1327–1339, 2000.
- CLYDESDALE, F. M. Color measurement. In: GRUENWEDEL, D. W.; WHITAKER, J. R. **Food analysis: principles and techniques**. New York: Marcel Dekker, 1984. p. 95-150.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten**:. codex standard 118-1979. Cidade, 2008. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/codex/Reports/Alinorm08/al31_26e.pdf>. Acesso em: 29 maio 2016.
- CORNELL, J. A. **Experiments with mixtures: designs, models and analysis of**

mixture data. 3. ed. New York: Wiley series in probability and statistics. Applied probability and statistics section, 2002.

COSCIONE, A. R.; ANDRADE, J. C.; MAY, G. M. O modelamento estatístico de misturas: experimento tutorial usando voltametria de redissolução anódica. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 1116-1122, 2005.

DAMÁSIO, M. H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptors y selección de catadores. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 31, n. 2, p. 165-178, 1991.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DAVIS, E. A. Functionality of sugars: physicochemical interactions in foods. **The American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 62, n.1, p: 170S-177S, 1995.

DE SOETE, J. Prebiotic ingredients in chewing gum: the use of inulin and oligofructose. **Manufacturing Confectioner**, Chicago, v. 80, n. 2, p. 67- 69, 2000.

DELCOUR, J. A.; et al. Wheat gluten functionality as a quality determinant in cereal-based food products. **Annual Review of Food Science and Technology**, Palo Alto, v. 3, p. 469-492, 2012.

DEMIATE, I. M.; KOTOVICZ, V. Cassava starch in the Brazilian food industry. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 388-397, 2011.

DICKE, W. K.; WEIJERS, H. A.; VAN DE KAMER, J. H. Coeliac disease. II: the presence in wheat of a factor having a deleterious effect in cases of coeliac disease. **Acta Paediatrica**, v. 42, n. 1, p. 34-42, 1953.

DOWD, B.; WALKER-SMITH, J. Samuel Gee, Aretaeus, and the coeliac affection. **British Medical Journal**, London, v. 2, n. p. 45- 47, 1974.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2013.

EL-ADAWY, T. A. Effect of sesame seed protein supplementation on the nutritional, physical, sensory properties of wheat flour bread. **Food Chemistry**, Easton, v. 59, n. 1, p. 7-14, 1997.

ELMORE, J. R.; et al. Preference mapping: relating acceptance of “creaminess” to a descriptive sensory map of a semi-solid. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 10, n. 6, p. 465-475, 1999.

FRANCK, A. Oligofructose-enriched inulin stimulates calcium absorption and bone mineralisation. **British Nutrition Foundation. Information Bulletin**, Chichester, v. 31, n. 4, p. 341-345, 2006.

- FRIEDMAN, M.; BRANDON, D. Nutritional and health benefits of soy proteins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 3, p. 1069–1086, 2001.
- GAINES, C. S.; KASSUBA, A.; FINNEY, P. Instrumental measurement of cookie hardness. I: assessment of methods. **Cereal Chemistry**, v. 69, n. 2, p. 115-119, 1992.
- GALLAGHER, E.; MARCO, C. Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. In: ARENDT, E. A.; DAL BELLO, F. **Gluten free cereal products and beverages**. Oxford: Elsevier, 2008. p. 321-346.
- GARCÍA-MANZANARES, A.; LUCENDO, A. J. Nutritional and dietary aspects of celiac disease. **Nutrition in Clinical Practice**, Thousand Oaks, v. 26, n. 2, p. 163-173, 2011.
- GONZÁLEZ-HERRERA, S. M.; et al. Inulin in food products: prebiotic and functional ingredient. **British Food Journal**, Bradford, v. 117, n. 1, p. 371 – 387, 2015.
- HANDA, C.; GOOMER, S.; SIDDHU, A. Pilot-scale technology development, nutritional and consumer assessment of whole-multigrain cookies as influenced by fructan inclusion. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 76, n. 3, p. S198-S202, 2011.
- HANDA, C.; GOOMER, S.; SIDDHU, A. Physicochemical properties and sensory evaluation of fructoligosaccharide enriched cookies. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 49, n. 2, p. 192 – 199, 2012.
- HAIR, J. F.; et al. **Multivariate data analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 2006.
- HÄRDLE, W. K.; SIMAR, L. **Applied multivariate statistical analysis**. 3. ed. Heidelberg: Springer, 2012.
- HILLIG, E. et al. Modelagem de misturas na fabricação de compósitos polímero-fibra, utilizando polietileno e serragem de *Pinus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 343-351, 2006.
- HUEBNER, J.; et al. Effect of processing conditions on the prebiotic activity of commercial prebiotics. **International Dairy Journal**, Barking, v. 18, n. 3, p. 287–293, 2008.
- HUI, Y. H.; et al. **Bakery products: science and technology**. Blackwell: Ames, 2006.
- IHEKORONYE, A. J.; NGODDY, P. O. **Integrated food science and technology for the tropics**. Macmillan Publishers: London, 1985.
- IVANOVSKI, B.; SEETHARAMAN, K.; DUIZER, L. M. “Development of soy based bread with acceptable sensory properties”. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 77, n. 1, p. S71-S76, 2012.
- JI, Y.; et al. Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. **Food Chemistry**, Easton, v. 104, n. 1, p. 53-58, 2007.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.

- KADAN, R. S.; BRYANT, R. J.; MILLER, J. A. Effects of milling on functional properties of rice flour. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 4, p. 151-154, 2008.
- KELLY, G. Inulin-type prebiotics: a review: part 1. **Alternative Medicine Review**, Napa, v. 13, n. 4, p. 315–329, 2008.
- KISSEL, L.T.; PRENTICE, N.; YAMAZAKI, W. T. Protein enrichment of cookie flours with wheat gluten and soy flour derivatives. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 52, p. 638-649, 1975.
- KEMPPAINEN, T.; et al. Bone recovery after a gluten-free diet: a 5-year follow-up study. **Bone**, New York, v. 25, n. 3, p. 355-360, 1999.
- KRUSKAL, J. B.; WISH, M. **Multidimensional scaling**. Newbury Park: Sage, 1978.
- KTENIOUDAKI, A.; GALLAGHER, E. Recent advances in the development of high-fibre baked products. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 28, n. 1, p. 4-14, 2012.
- LAGUNA, L.; et al. Performance of a resistant starch rich ingredient in the baking and eating quality of short-dough biscuits. **LWT: Food Science and Technology**, London, v. 44, n. 3, p. 737-746, 2011.
- _____; et al. Balancing texture and other sensory features in reduced fat short-dough biscuits. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 43, n. 3, p. 235-245, 2012.
- _____; et al. Understanding the effect of sugar and sugar replacement in short dough biscuits. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v. 6, n. 11, p. 3143-3154, 2013.
- _____; et al. HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: sensory and instrumental evaluation. **LWT: Food Science and Technology**, London, v. 56, n. 2, 494-501, 2014.
- LAWLESS, H. T.; CLAASSEN, M. R. Application of the central dogma in sensory evaluation. **Food Technology**, Chicago, v. 47, n. 6, p. 139-146, 1993.
- _____; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: – principles and practices**. 2. ed. New York: Springer, 2010.
- LEIGHTON, C. S.; SCHÖNFELDT, H. C.; KRUGER, R. Quantitative descriptive sensory analysis of five different cultivars of sweet potato to determine sensory and texture profiles. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 25, n. 1, p. 2-18, 2010.
- LOVIS, L. J. Alternatives to wheat flour in baked goods. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 48, n. 2, p. 61–63, 2003.
- LUH, B. S.; LIU, Y. K. Rice flour in baking. In: LUH, B. S. (Ed). **Rice**. Westport: Springer, 1980. p. 470-483.

LV, Y. C.; et al. "Influence of blanching and grinding process with hot water on beany and non-beany flavor in soymilk". **Journal of Food Science**, Chicago, v. 76, n. 1, p. S20-S25, 2011.

MAACHE-REZZOU, G.; et al. Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 35, n. 1, p. 23–42, 1998.

MACFIE, H. J.; et al. Designs to balance the effect of order presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 4, n. 2, p. 129–148, 1989.

MAHAN, L. K.; STUMP, S. E. **Krause, alimento, nutrição e dietoterapia**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MANLEY, D. **Technology of biscuits, crackers and cookies**. 3. ed. Woodhead: Cambridge, 2000.

MARDIA, K. V.; KENT, J. T.; BIBBY, J. M. **Multivariate analysis**. London: Academic Press, 1979.

MARETI, M. C.; GROSSMANN, M.V. E.; BENASSI, M.T. Physical and sensorial characteristics of cookies containing defatted soy flour and oat bran. **Food Science and Technology**, London, v. 30, n. 4, p. 878-883, 2010.

MASHAYEKH, M.; MAHMOODI, M. R.; ENTEZARI, M. H. Effect of fortification of defatted soy flour on sensory and rheological properties of wheat bread. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 43, n. 9, p. 1693-1698, 2008.

MATOS, M. E.; SANZ, T.; ROSELL, C. M. E. Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 35, p. 150-158, 2014.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2007.

MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods**. Westport: Food & Nutrition Press, 1983.

O'BRIEN, C. M.; et al. Effect of varying the microencapsulation process on the functionality of hydrogenated vegetable fat in short dough biscuits. **Food Research International**, Barking, v. 36, n. 3, p. 215–221, 2003.

O'BRIEN, R. D. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.

OLIVER, C. M.; MELTON, L. D.; STANLEY, R. A. Creating proteins with novel functionality via the Maillard reaction: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 46, n. 4, p. 337-350, 2006.

PAREYT, B.; DELCOUR, J. A. The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap cookies. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 48, n. 9, p. 824-839, 2008.

_____; BRIJS, K.; DELCOUR, J. A. Impact of fat on dough and cookie properties of sugar-snap cookies. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 87, n. 3, p. 226-230, 2010.

PENG, X.; GUO, S. Texture characteristics of soymilk gels formed by lactic fermentation: a comparison of soymilk prepared by blanching soybeans under different temperatures. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 43, p. 58-65, 2015.

PERÄÄHO, M.; et al. Effect of an oats-containing gluten-free diet on symptoms and quality of life in coeliac disease: a randomized study. **Scandinavian Journal of Gastroenterology**, Oslo, v. 39, n. 1, p. 27-31, 2004.

PIZZINATTO, A.; MAGNO, C. P. R.; CAMPAGNOLLI, D. M. F. **Avaliação tecnológica de produtos derivados da farinha de trigo: pão, macarrão, biscoitos**. Campinas: Centro de Tecnologia de Farinhas e Panificação, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1993.

POMERANZ, Y.; et al. Fibre in breadmaking-effects on functional properties. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 54, p. 25-41, 1977.

PROSKY, L.; et al. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and foods products: Scandinavian Journal of Gastroenterology intralaboratory study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, Rockville, v. 71, n. 5, p. 1017-1023, 1988.

REIS, R. C.; et al. Mapa de preferência. In: MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: Editora da UFV, 2006. p. 111-126.

ROBERFROID, M.; GIBSON, G. R.; DELZENNE, N. The biochemistry of oligofructose, a nondigestible fiber: an approach to calculate its caloric value. **Nutrition Reviews**, New York, v.51, n.5, p.137-146, 1993.

_____, M. B. Inulin-type fructans: functional food ingredients. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 137, n. 11, p. 2493S-2502S, 2007a.

_____, M. B. Prebiotics: the concept revisited. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 137, n. 11, p. 830-837, 2007b.

RODRÍGUEZ-GARCÍA, J.; et al. Effect of fat replacement by inulin on textural and structural properties of short dough biscuits. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v. 6, n. 10, p. 2739-2750, 2013.

ROSELL, C. M.; MARCO, C. Rice. In: ARENDT, E. A. DAL BELLO, F. **Gluten free cereal products and beverages**. Oxford: Elsevier, 2008. p. 81-100.

RODRIGO, L. Celiac disease. **World Journal of Gastroenterology**, Pleasanton, v. 12, n. 41, p. 6585, 2006.

RONDA, F.; et al. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. **Food Chemistry**, Easton, v. 90, n. 4, p. 549-555, 2005.

RONKART, S. N.; et al. Effect of water uptake on amorphous inulin properties. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 23, n. 3, 922–927, 2009.

SCHOLZ-AHRENS K.; SCHREZENMEIR J. Inulin, oligofructose and mineral metabolism: experimental data and mechanism. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 87, n. 2, p. S179-S186, 2002.

_____. Inulin, oligofructose and mineral metabolism: the evidence from animal trials. **The Journal Nutrition**, Rockville, v. 137, n. 11, p. 2513S-2523S, 2007.

SHIN, D. J.; KIM, W.; KIM, Y. Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. **Food Chemistry**, Easton, v. 141, n. 1, p. 517-523, 2013.

SHOGREN, R. L.; HARELAND, G. A.; WU, Y.V. Sensory evaluation and composition of spaghetti fortified with soy flour. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 6, p. S428–S432, 2006.

SILVA, T. F.; CONTI-SILVA, A. C. Preference mappings for gluten-free chocolate cookies: sensory and physical characteristics. **Nutrition & Food Science**, London, v. 46, n. 3, p. 374 – 387, 2016.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 3.ed. NewYork: Academic Press, 2004. p. 377.

THARISE, N.; JULIANTI, E.; NURMINAH, M. Evaluation of physico-chemical and functional properties of composite flour from cassava, rice, potato, soybean and xanthan gum as alternative of wheat flour. **International Food Research Journal**, Selangor, v. 21, n. 4, p. 1641–1649, 2014.

THOMPSON, T. Oats and the gluten-free diet. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 103, n. 3, p. 376-379, 2003.

TORBICA, A.; HADNAĐEV, M.; DAPČEVIĆ, T. Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality. **Food Research International**, Barking, v. 48, n. 1, p. 277-283, 2012.

TUORILA, H.; MONTELEONE, E. Sensory food science in the changing society: opportunities, needs, and challenges. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 20, n. 2, p. 54-62, 2009.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela brasileira de composição de alimentos: TACO**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas, 2011.

VIEIRA, J. C.; et al. Qualidade física e sensorial de biscoitos doces com fécula de mandioca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 12, p. 2574-2579, 2010.

VIEIRA, T. S.; et al. Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 285-292, 2015.

VILLEMEJANE, C.; et al.; Technological and sensory tools to characterize the consistency and performance of fibre-enriched biscuit doughs. **Journal of Cereal Science**, London, v. 57, n. 3, p. 551-559, 2013.

VOLPINI-RAPINA, L. F.; SOKEI, F. R.; CONTI-SILVA, A. C. Sensory profile and preference mapping of orange cakes with addition of prebiotics inulin and oligofructose. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 48, n. 1, p. 37-42, 2012.

WADE, P. **Biscuits, cookies and crackers: the principles of the craft**. Elsevier Applied Science, London, 1988.

WANG, J.; ROSELLA, C.; M. BARBER, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, Easton, v. 79, n. 2, p. 221-226, 2002.

YIMAKI, G.; et al. Application of response surface methodology to the development of rice flour yeast breads: sensory evaluation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 3, p. 751-759, 1991.

ANEXO A



Product Sheet Orafti® Synergy1

DOC.A3-40*10/11

Specification

Description

Orafti® Synergy1

- is an enriched chicory inulin powder* containing a carefully selected DP distribution (DP = Degree of Polymerisation = chain length of the molecules);
- is a combination of chicory inulin molecules with selected chain lengths, enriched by a specific fraction of oligofructose produced by partial enzymatic hydrolysis of chicory inulin;
- is a food ingredient containing inulin, oligofructose, fructose, glucose and sucrose;
- **is exactly the same product as the one used in the clinical research that shows that the daily intake of 8 g significantly increases calcium uptake in humans (patent granted).**

Chicory inulin is consisting of polysaccharides which are based on fructose units linked together by $\beta(2-1)$ linkages. Almost every molecule is terminated by a glucose unit. The total number of fructose or glucose units of chicory inulin ranges mainly between 2 and 60.

Chicory Oligofructose is consisting of oligosaccharides which are based on fructose units linked together by $\beta(2-1)$ linkages. Part of these molecules are terminated by a glucose unit. The total number of fructose or glucose units (= Degree of Polymerisation or DP) of chicory oligofructose ranges mainly between 2 and 8.

Compositional Specifications

Analytical Methods : see our Technical Brochures.

Inulin*	(92 ± 2) g/100g
Glucose + fructose + sucrose*	(8 ± 2) g/100g
Dry Matter (grav.)	(97 ± 2) g/100g
Carbohydrate content*	> 99.5 g/100g
Ash (sulphated)*	< 0.2 g/100g
Conductivity (w = 15 g/100g)	< 250 μ S/cm
Heavy Metals*	Pb ≤ 0.02 mg/kg As ≤ 0.03 mg/kg Cd, Hg each ≤ 0.01mg/kg
pH (w = 10 g/100g DM)	5.0 to 7.0

* expressed on Dry Matter (grav.).

Microbiological Specifications

All values expressed on Dry Matter.

Analytical methods : see our Technical Brochures.

Mesophilic bacteria - total count	max. 1000 cfu per g
Yeasts	max. 20 cfu per g
Moulds	max. 20 cfu per g
Thermophilic aerobic spores	max. 1000 cfu per g
Anaerobic H ₂ S producing thermophilic spores	max. 25 cfu per g
Enterobacteriaceae	negative in 1 g
Bacillus cereus	max. 100 cfu per g
Coagulase positive staphylococci	negative in 0.1 g
Escherichia coli	negative in 1 g
Clostridia	negative in 1 g
Salmonella	negative in 250 g
Listeria	negative in 25 g

SYN1 A3-40*10/11

1/3

BENE0-Orafti - Aandorenstraat 1, B - 3300 Tienen Belgium - Tel +32 (0)16 801 301 - Fax +32 (0)16 801 308 - info@BENE0-Orafti.com - www.BENE0-Orafti.com

Information

Nutritional information: European Union

All values are average values expressed per 100 g commercial product.

Carbohydrates	9	Protein	negligible
Sugars ¹⁾	9	Fat	negligible
Dietary Fibre ²⁾	88		
Caloric value ³⁾	212 kcal / 857 kJ	Vitamins and Minerals	negligible

1) Sugars = glucose + fructose + sucrose + inulobiose (difructose)

2) As measured by AOAC method 997.08 excluding inulobiose (difructose). The EU Directive 2008/100/EC (amending 90/496/EEC) introduced a new definition of dietary fibre starting with three monomeric units. AOAC Method 997.08 allows the identification and quantification of undigestible dimers. This therefore creates a difference in calculated dietary fibre based on EU and US definitions with subsequent effect on sugars. For inulin, no change from the current situation is needed.

3) based on a caloric value of 2 kcal/g for all dietary fibres, as defined in EU Directive 2008/100/EC (amending 90/496/EEC). This value is subject to adoption by the individual Member States who should "prohibit with effect from 31 October 2012" on the trade of non-compliant products. During the transition period national provisions in the individual EU Member States do apply.

Nutritional information: US

All values are average values expressed per 100 g commercial product.

Carbohydrates	97 ¹⁾	Protein	negligible
Sugars	8	Fat	negligible
Dietary Fibre ²⁾	89		
Caloric value ³⁾	166 kcal / 693 kJ	Vitamins and Minerals	negligible

1) including dietary fibre

2) measured by AOAC method 997.08

3) based on a caloric value of 1.5 kcal/g for inulin and oligofructose.

Nutritional information: other countries

For caloric values national legislation is applicable. In general, the caloric value for inulin is within a range between 1 and 1.5 kcal/g and for oligofructose 1.5 kcal/g as confirmed by a number of national authorities.

This information on average values is given in good faith, however, no warranty or guarantee, concerning the content, accuracy or completeness of the results is given. Typical analysis data will fall within the range of the specification on Orafit® Synergy 1.

Information

Other Information (see also our Technical Brochures)

Aspect*	Fine, white to slightly yellow powder			
Behaviour*	Hygroscopic			
Taste*	Slightly sweet (~25% comp. to sucrose), without aftertaste			
Solubility in water*	About 5% at room temperature			
Dispersibility in water*	See document "Solubility and Dispersibility Characteristics of Orafiti Powdered Products"			
Properties and Applications	See our Technical Brochures.			
Particle Sizes*	See document « particle sizes »			
Density*	Approx. (600 +/- 50) g/l			
Proposed labeling in ingredient list	«Oligofructose enriched Inulin» or «inulin, oligofructose»			
Safety	Safe. Not toxic. Not dangerous. Is, like other fine powders, when mixed with air and ignited, capable of causing an explosion.			
Further information	Excessive consumption may cause laxative effects.			
Packaging	Paper bags 25 kg on pallets 1000 kg.			
Optimal storage conditions	Cool (<25°C) and dry (<60%RH), in its original airtight packaging.			
Shelf life	3 years from date of production (see also best before date on packaging label and CoA) Guaranteed: minimum 18 months upon delivery from production plant			
Transport conditions	According to document 'Transport Conditions'			
Kosher	Certified, Orthodox Union	<table border="1"> <tr> <td>Represented by :</td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </table>	Represented by :	
Represented by :				
Halal	Certified, Halal Feed and Food Inspection Authority (Belgium)			
Plant origin	Suitable for vegetarians & vegans			
Produced by	BENEO-Orafiti - address below			

*To the best of our knowledge, the information in this product sheet is reliable.
(* Indicative values listed under "Other information" on this page cannot be the basis for complaints, unless a specific requirement from the customer has been agreed by BENEO-Orafiti on one of these values.*

ANEXO B

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
LETRAS E CIÊNCIAS
EXATAS/CAMPUS DE SÃO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Cookies isentos de glúten adicionados de inulina e oligofrutose: características físicas e sensoriais

Pesquisador: Tatiane Ferreira da Silva

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 09104112.4.0000.5466

Instituição Proponente: Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas/ Campus de São José do

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 149.493

Data da Relatoria: 12/11/2012

Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de pesquisa em nível de doutorado a ser desenvolvido no Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do IBILCE.

A doença celíaca não tem cura e apresenta, como único tratamento, a dieta isenta de glúten. Em celíacos, observa-se a má absorção de cálcio devido à lesão causada pelo glúten no Intestino delgado. Desta forma, o uso de matérias-primas isentas de glúten aliado a ingredientes que contribuam para o aumento na absorção de cálcio, como os prebióticos inulina e oligofrutose, melhoram a qualidade dos produtos isentos de glúten e favorecem os celíacos. Os produtos de panificação são viáveis para aplicação de prebióticos, sendo que sua fabricação isenta de glúten continua sendo um desafio tecnológico devido às mudanças sensoriais ocasionadas em função da ausência deste ingrediente. São escassos os trabalhos dedicados a estudar o efeito da adição dos prebióticos em cookies, sendo este um importante produto da indústria de panificação.

Espera-se que a adição de inulina e oligofrutose contribua para a melhora nas características físicas e sensoriais de cookies isentos de glúten, contribuindo para a variação da dieta de celíacos e promovendo um possível aumento na absorção de cálcio nestes indivíduos.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Desenvolvimento de cookies isentos de glúten adicionados de inulina e oligofrutose.

Objetivo Secundário:

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 1807/00000
Bairro: JARDIM NAZARETH **CEP:** 15.054-000
UF: SP **Município:** SAO JOSE DO RIO PRETO
Telefone: (17)3221-2456 **Fax:** (17)3221-2500 **E-mail:** soniaef@bilce.unesp.br

Elaboração de cookies isentos de glúten, através da metodologia de modelagem de misturas, e avaliação da aceitação sensorial e textura dos mesmos. Elaboração de cookies isentos de glúten contendo oligofrutose/inulina como substitutos de gordura e açúcar, através da metodologia de modelagem de misturas. Avaliação de cor, textura e volume dos cookies isentos de glúten contendo oligofrutose/inulina. Avaliação do perfil sensorial dos cookies isentos de glúten contendo oligofrutose/inulina através de Análise Descritiva Quantitativa. Avaliação da aceitação dos cookies isentos de glúten contendo oligofrutose/inulina através de escala hedônica estruturada de nove pontos e construção de mapas de preferência.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos são mínimos, uma vez que os cookies serão produzidos obedecendo aos programas de Boas Práticas de Fabricação, assegurando a qualidade dos produtos.

O estudo do efeito da adição de inulina e oligofrutose nas características físicas e sensoriais em cookies isento de glúten pode resultar em contribuições para a variação da dieta de celacos e promover um possível aumento na absorção de cálcio nestes indivíduos.

Pretende-se o recrutamento de 160 indivíduos como provadores e serão excluídos da pesquisa os indivíduos que possuam algum tipo patologia associada à alimentação como: diabetes, doença celíaca, hipertensão e intolerância à lactose e os indivíduos que não possam consumir cookies.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é relevante para a área, pois além do intuito de contribuir para a variação da dieta de celacos, sujeitos com intolerância ao glúten, e promover um possível aumento na absorção de cálcio nestes indivíduos apresenta-se como um desafio tecnológico devido às mudanças sensoriais ocasionadas em função da ausência do glúten em produtos de panificação visto que mudanças sensoriais são ocasionadas em função da ausência deste ingrediente. Pretende-se o desenvolvimento de cookies sem glúten e com a adição dos prebióticos inulina e oligofrutose que contribuem para o aumento de adsorção de cálcio. A demanda por alimentos isentos de glúten e enriquecidos com ingredientes funcionais tem aumentado e contribuído na dieta mais saudável dos celacos. A introdução está muito bem referendada pela literatura, apresenta coerência entre os objetivos propostos e a metodologia. O projeto está apresentado adequadamente, os objetivos estão claramente colocados, a metodologia a ser utilizada é adequada para os objetivos propostos, os riscos e/ou benefícios justificam a execução do projeto. Há infra-estrutura necessária para execução do projeto e concordância documentada da Instituição proponente, o Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, UNESP. Foi apresentado orçamento financeiro detalhado da pesquisa, o qual será custeado por financiamento próprio, pois a orientadora possui projetos com financiamento Fapesp que irão contribuir para a aquisição dos ingredientes utilizados na

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 1807/90999
Bairro: JARDIM NAZARETH CEP: 15.054-000
UF: SP Município: SAO JOSE DO RIO PRETO
Telefone: (17)3221-2458 Fax: (17)3221-2500 E-mail: sorianh@bilica.unesp.br

formulação dos cookies e o produto Orafit®Synergy1 foi obtido por doação da empresa belga Beneo-Orafti. A descrição da casuística está adequada, os critérios para recrutamento ou seleção dos indivíduos são adequados, e ficou definido como será obtido o termo de consentimento e quem ficará responsável em obtê-lo.

O termo de consentimento apresentado contempla as informações sugeridas pelo CEP. As medidas para proteção dos indivíduos quanto a qualquer risco eventual de saúde e monitoramento da coleta de dados pessoais ou familiares são adequadas para garantir a segurança dos indivíduos e confidencialidade dos dados.

A orientadora tem experiência em pesquisa relacionada com a temática do projeto e possui produção científica, com regularidade, em veículos especializados.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados todos os termos obrigatórios.

Recomendações:

Nenhuma

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto é viável e exequível no prazo estipulado de 3 anos. Não há pendências ou lista de inadequações

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O relatório de pesquisa é obrigatório e deve ser apresentado semestralmente.

SAO JOSE DO RIO PRETO, 20 de Novembro de 2012

Assinador por:
Ana Elizabete Silva
(Coordenador)

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 1807/00000
Bairro: JARDIM NAZARETH CEP: 15.054-000
UF: SP Município: SAO JOSE DO RIO PRETO
Telefone: (17)3221-2458 Fax: (17)3221-2500 E-mail: soniaeh@bioc.unesp.br

ANEXO C

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96)

Você está sendo convidado a participar como voluntário do projeto de pesquisa “*Cookies* isentos de glúten adicionados de inulina e oligofrutose: características físicas e sensoriais” sob responsabilidade da pesquisadora Tatiane Ferreira da Silva. O estudo será realizado com amostras de *cookies* para avaliação de suas características sensoriais. Os riscos da pesquisa à sua saúde são mínimos, pois os produtos a serem experimentados são de consumo comum e de marcas comerciais, além de serem manipulados utilizando-se as Boas Práticas de Manipulação/Fabricação. Você poderá consultar a pesquisadora responsável em qualquer época, pessoalmente ou pelo telefone da instituição, para esclarecimento de qualquer dúvida. Você está livre para, a qualquer momento, deixar de participar da pesquisa. Todas as informações por você fornecidas e os resultados obtidos serão mantidos em sigilo, e estes últimos apenas serão utilizados para divulgação em reuniões e revistas científicas. Você será informado de todos os resultados obtidos, independentemente do fato destes poderem mudar seu consentimento em participar da pesquisa. Você não terá quaisquer benefícios ou direitos financeiros sobre os eventuais resultados decorrentes da pesquisa. No caso de eventual problema de saúde (efeito adverso) decorrente de sua participação nos testes sensoriais, você será encaminhado à Seção Técnica de Saúde (UNAMOS), situado à Rua Cristóvão Colombo, 2265 – Jardim Nazareth – São José do Rio Preto/SP – Telefones (17) 3221.2415 – 3221.2416 – 3221.2485.

Diante das explicações, se você concorda em participar deste projeto, por favor, informe seus dados abaixo, coloque sua assinatura a seguir e rubrique cada página deste termo.

Nome: _____ R.G. _____

Endereço: _____ Fone: _____

Email _____

São José do Rio Preto, _____ de _____ de 2015

Usuário ou responsável legal

Pesquisador responsável

OBS.: Termo apresenta duas vias, uma destinada ao usuário ou seu representante e a outra ao pesquisador.

Nome: Tatiane Ferreira da Silva.	Cargo/Função: Doutoranda
Instituição: Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos/Ibilce/Unesp	
Endereço: Rua Cristóvão Colombo, 2265 – Jd. Nazareth – São José do Rio Preto/SP – Telefone: (17) 3221 2548	
Projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE/UNESP	
São José do Rio Preto – Fone (17) 3221 2545 / 3221 2384	



Nutrition & Food Science

Preference mappings for gluten-free chocolate cookies: Sensory and physical characteristics

Tatiane Ferreira da Silva Ana Carolina Conti-Silva

Article information:

To cite this document:

Tatiane Ferreira da Silva Ana Carolina Conti-Silva , (2016), "Preference mappings for gluten-free chocolate cookies", Nutrition & Food Science, Vol. 46 Iss 3 pp. 374 - 387

Permanent link to this document:

<http://dx.doi.org/10.1108/NFS-11-2015-0139>

Downloaded on: 10 June 2016, At: 06:38 (PT)

References: this document contains references to 35 other documents.

To copy this document: permissions@emeraldinsight.com

The fulltext of this document has been downloaded 33 times since 2016*

Users who downloaded this article also downloaded:

(2016), "Relation between probiotic properties of isolates isolated from breast milk and infants' stools", Nutrition & Food Science, Vol. 46 Iss 3 pp. 294-305 <http://dx.doi.org/10.1108/NFS-10-2014-0091>

(2016), "Use and influence of nutrition labelling: an emerging market experience", Nutrition & Food Science, Vol. 46 Iss 3 pp. 441-456 <http://dx.doi.org/10.1108/NFS-10-2015-0129>

(2016), "Effect of chicken breeds on quality characteristics of meat nuggets", Nutrition & Food Science, Vol. 46 Iss 3 pp. 432-440 <http://dx.doi.org/10.1108/NFS-12-2015-0154>

Access to this document was granted through an Emerald subscription provided by emerald-srm:478530 []

For Authors

If you would like to write for this, or any other Emerald publication, then please use our Emerald for Authors service information about how to choose which publication to write for and submission guidelines are available for all. Please visit www.emeraldinsight.com/authors for more information.

About Emerald www.emeraldinsight.com

Emerald is a global publisher linking research and practice to the benefit of society. The company manages a portfolio of more than 290 journals and over 2,350 books and book series volumes, as well as providing an extensive range of online products and additional customer resources and services.

Emerald is both COUNTER 4 and TRANSFER compliant. The organization is a partner of the Committee on Publication Ethics (COPE) and also works with Portico and the LOCKSS initiative for digital archive preservation.

*Related content and download information correct at time of download.

NFS
46,3

374

Received 4 November 2015
Revised 28 January 2016
31 January 2016
Accepted 1 February 2016

Preference mappings for gluten-free chocolate cookies

Sensory and physical characteristics

Tatiane Ferreira da Silva and Ana Carolina Conti-Silva
*Department of Food Engineering and Technology,
Sao Paulo State University, São José do Rio Preto, Brazil*

Abstract

Purpose – The purpose of this paper was to replace totally the wheat flour for rice flour, whole soy flour and cassava starch in the formulation of chocolate cookies.

Design/methodology/approach – Chocolate cookies with wheat flour, rice flour, whole soy flour and cassava starch were produced, and compared to a commercial chocolate cookie regarding to physical properties and sensory acceptability.

Findings – The chocolate cookie made with rice flour instead of wheat flour was as liked as the cookie with wheat flour, and the greater acceptability scores received by the rice flour cookies correlated with less colour intensity and a lower specific volume thereof. The cookie with cassava starch stood out because of the intensities of its parameters, its more intense colour, and its acceptability scores among the consumers. The cookie with whole soy flour had lower sensory acceptability scores, and the commercial cookie stood out for its high cutting force (instrumental texture).

Originality/value – Celiac consumers desire products with adequate sensory characteristics. This study presents a new gluten-free product, the chocolate cookie made with rice flour, that has the potential to be produced, as this product is as accepted as a cookie made with wheat flour, and even more accepted than a commercial one also made with wheat flour. Therefore, this study offers subsidies for improving the diet of celiac consumers.

Keywords Rice flour, Cassava starch, Sensory acceptability, Texture, Whole soy flour

Paper type Research paper

1. Introduction

Celiac disease is a gluten-sensitive enteropathy characterized by its effects on the mucosa of the small intestine, which results in malabsorption of nutrients. The disease is activated in genetically susceptible individuals by the ingestion of gluten, a protein rich in prolamine, that is found in wheat (gliadin), rye (secalin), barley (hordein) and, occasionally, oats (avenin) (Trefts and Kagnoff, 1981; Kagnoff, 2007). Thus, the clinical spectrum of celiac disease is extensive and includes chronic diarrhoea, weight loss, malnutrition, anaemia, osteoporosis and neurological disorders (Kagnoff, 2007; Sapone *et al.*, 2012). The only scientifically proven treatment for celiac patients is a lifelong adherence to a diet free of gluten. Patients usually improve when they follow a strict dietary treatment, and early diagnosis is important because disturbances and



Nutrition & Food Science
Vol. 46 No. 3, 2016
pp. 374-387
© Emerald Group Publishing Limited
0034-6659
DOI 10.1108/NFS-11-2015-0139

The authors are grateful for financial support from FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) (grant number 2012/16379-6).

complications can be prevented through adherence to dietary therapy (Capriles *et al.*, 2009; Capriles and Arêas, 2013).

Products made from corn, potato, rice, soy, tapioca, arrowroot, amaranth and quinoa can be used as wheat flour substitutes in food products, provided they have not been contaminated with gluten-containing flour during grinding. According to Lamacchia *et al.* (2014), the replacement of the unique technological properties of wheat gluten is the food industry's main task when providing high-quality food without gluten, such as pasta, bread and bakery products, in general. Difficulties arise in terms of structure, loss of starch during cooking and ideal cooking time. The formulation of gluten-free bakery products presents a formidable challenge for cereal technologists: wheat gluten contributes to the formation of a strong protein network, which confers the viscoelastic mass and allows for its use in a wide range of products.

Celiac consumers desire gluten-free products, with accessible price and with better sensory characteristics (Nascimento *et al.*, 2014). Among the products to be evaluated with potential replacements for wheat flour are baked goods, such as cookies. Baked goods represent a popular category of bakery products, and they can provide certain nutritional benefits. From a marketing standpoint, they are popular among people of all age groups and are consumed by nearly all levels of society. This popularity is largely due mainly because of their ready-to-eat packaging, good nutritional quality, availability in different varieties and affordable prices (Laguna *et al.*, 2011; Ishwarya and Prabhasankar, 2013).

The development of gluten-free baked goods remains a technological challenge, largely because of the sensory changes that result from the absence of gluten. Therefore, this study tested the use of rice flour, whole soy flour and cassava starch in total substitution of wheat flour in chocolate cookies, and then investigated their effects on the sensory and physical characteristics of cookies through preference mappings.

2. Materials and methods

2.1 Materials

Rice flour (Urbano), whole soy flour (Jasmine) and cassava starch (Yoki) were used as substitutes for wheat flour for the production of chocolate cookies. The other ingredients used were: wheat flour (Nonita), refined sugar (União), unsalted butter (Aviação), egg (Iwamoto), cocoa powder (Nestlé), vanilla extract (Dr Oetker), baking powder (Royal), salt (Cisne) and baking soda (Kitano). All the ingredients were purchased from a local market.

A chocolate-flavoured commercial cookie was also purchased from the local market to be compared to the cookies made for the study. The list of ingredients of this cookie included organic wheat flour enriched with iron and folic acid, organic sugar, organic palm oil, organic cocoa, invert sugar, salt, chemical leavening (ammonium bicarbonate and sodium bicarbonate) and natural vanilla aroma.

2.2 Analysis of the chemical composition of gluten-free flours

The rice flour, whole soy flour and cassava starch used were characterized regarding to chemical composition, as following: moisture content based on evaporation at 105°C, protein content using the micro-Kjeldahl method, lipid content using the extraction

NFS
46,3

method by Soxhlet with petroleum ether and ash by incineration in a muffle furnace at 550°C (AOAC, 1990) and fibre content using the enzymatic–gravimetric method described by Prosky *et al.* (1988), using total dietary fibre assay kit (No. TDF100A-1KT, Sigma-Aldrich, USA). The available carbohydrates were calculated as the difference between 100 and the sum of moisture, protein, lipid, ash and total dietary fibre content. All analyses were performed in triplicate with the exception of the fibre analysis, which was performed in duplicate.

376

2.3 Chocolate cookie production

The standard formulation with wheat flour was produced using the following ingredients: wheat flour (450 g), refined sugar (270 g), unsalted butter (150 g), eggs (150 g), cocoa powder (135 g), vanilla extract (15 mL), baking powder (15 g), salt (8.1 g) and sodium bicarbonate (4.5 g). The butter, sugar and vanilla extract were mixed in a planetary mixer for 2 min. The eggs were added and the dough was mixed for 2 min. The wheat flour, cocoa powder, baking powder, salt and baking soda were added, and the dough was mixed for another 2 min. The dough was rolled out using an electric dough roller (Vithory, model V. 300, Brazil), until it was 5- to 7-mm thick. It was then cut into cylindrical units using an appropriate mould, which was approximately 3.3 cm in diameter. The moulded cookies were placed in pans lined with parchment paper and placed in a Pasiani oven (Classic Model Turbo 240, Brazil) without preheating at 150°C for 8 min. The cookies were cooled at room temperature for approximately 40 min with no air current, and 30 cookies were vacuum packed (Vacuum Sealer 200B, Selovac, Brazil) in each polyethylene plastic bag (35-cm long, 25-cm wide and 0.16-cm thick) and stored in plastic boxes at room temperature.

Initially, the simplex-centroid design for ternary mixtures was used to evaluate the effects of the interaction between the rice flour, whole soy flour and cassava starch in terms of the following dependent variables: sensory acceptability (appearance, aroma, texture, flavour and overall acceptance) and physical parameters (colour, instrumental texture, specific volume, and expansion factor). Therefore, all of the wheat flour used in the original recipe (450 g) was replaced by rice flour, whole soy flour and cassava starch alone, and it was also replaced in other assays with a mix of two flours and in additional assays with a mixture containing three different proportions of the flours. The results showed that the three components (rice flour, whole soy flour and cassava starch) influenced all dependent variables, in all models, only when used individually. Thus, gluten-free chocolate cookies were produced by completely replacing the wheat flour with each of three flours (one in each batch). The gluten-free cookies were produced using the standard formulation, with identical ingredient quantities and processing conditions.

2.4 Sensory acceptability of chocolate cookies

The sensory analysis was performed at the Sensory Analysis Laboratory, Department of Food Engineering and Technology, in the Institute of Biosciences, Literature and Exact Sciences, at Sao Paulo State University. Individual booths illuminated with white light were used. This study was approved by the Research Ethics Committee of the institution (Decision 149.493).

Any student, staff and professor were recruited to the sensory analysis, composing an untrained sensory panel. First, a questionnaire was given to characterize the

consumers (age and sex), the extent to which they like cookies, their preference in respect to cookies and their cookie consumption frequency. Next, the formulations were evaluated for sensory acceptability using the nine-point hedonic scale which ranges from “dislike extremely” to “like extremely” (Meilgaard *et al.*, 2007). The attributes were evaluated in the following order: appearance, aroma, texture, flavour and overall acceptability. We also asked the consumers about their intention to purchase the cookies based on a five-point scale, which ranged from “I would certainly not buy this” to “I would certainly buy this”.

The test was performed with 92 consumers, and the samples were randomized and evaluated in a monadic manner, complete and balanced block (MacFie and Bratchell, 1989). Consumers received a sample of each cookie, which was presented in a napkin encoded with three random digits.

2.5 Physical analysis of chocolate cookies

The colour of ten random cookies was analysed using a Hunterlab colourimeter, ColorFlex 45/0 model (USA) and the Spectra Magic Nx program (CM-S100W version 2.03.0006, USA), as well as with an illuminant D65 and a 10° observer. The CIE-L*a*b* was used (luminosity = L*, a* = red/green, b* = yellow/blue) and the chroma value (C*) and hue (h) were also obtained.

The instrumental texture was evaluated using a TA.XT Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, England) and the Texture Exponent 32 software (Stable Micro Systems, England). Ten random cookie samples were compressed until they broke completely. The maximum force obtained was defined as the cutting force of the cookies. Two probes were used:

- (1) a three-point bending probe with a distance of 3.0 cm between the axles and a test speed of 1.0 mm.s^{-1} (Laguna *et al.*, 2012); and
- (2) a Warner-Bratzler probe with a guillotine, with a test speed of 1.0 mm.s^{-1} .

The specific volume ($\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$) was measured in ten random samples. It was defined as the ratio between the apparent volume (determined by millet seed displacement) and the weight after the cookies were baked (AACC, 2000a).

The diameter and thickness of ten random cookie samples were measured using a digital calliper (Digimess IP54) before and after baking. The expansion factor was defined as $FE = (\text{diameter/thickness of the cookie after baking})/(\text{diameter/thickness of the cookie before baking})$ (AACC, 2000b).

2.6 Statistical analyses

The average sensory analysis scores ($n = 92$) were compared using analysis of variance followed by Tukey's test. The average physical parameter scores ($n = 10$) were compared using the Kruskal–Wallis test (non-parametric ANOVA), followed by Dunn's test. The Pearson correlation was applied to the individual consumer scores to evaluate the correlation between the sensory attributes and overall acceptance of each cookie. A correlation coefficient above 0.70 indicates very strong correlation (Leighton *et al.*, 2010). A significance level of 5 per cent was adopted.

Internal preference mappings were constructed using cluster analysis, followed by multidimensional scaling. Cookie samples were placed in the columns (variables), and the individual consumer scores were placed in the rows (cases). First, a cluster analysis

that considered the Euclidean distance as the measure of distance and a single linkage as the rule of amalgamation were applied to the individual data from each consumer, and the midpoint of the largest increment was considered to separate the groups. The hierarchical cluster analysis generated a matrix containing the number of subjects grouped. The smaller the distance between them, closer their similarity and relationship. The aim of the division process is to unify groups so that the variation within these groups does not increase drastically, and so that the resulting groups are as homogeneous as possible (Härdle and Simar, 2012). The resulting matrix of the cluster analysis was then used in the multidimensional scaling analysis. This analysis is a multivariate technique based on proximity between objects, subjects or stimuli, and it is used to produce a spatial representation of these items (Hair *et al.*, 2006). The graphs resulting from multidimensional scaling are considered internal preference mappings. Finally, multidimensional scaling can be measured by stress value, and a value below 0.05 indicates that the data are well behaved and fit to the model. The use of this multivariate analysis is therefore suitable for evaluating the data (Johnson and Wichern, 1992; Kruskal and Wish, 1978). Stress values obtained in this work were ≤ 0.01 .

External preference mapping was constructed using principal component analysis. The sensory and physical means were placed in columns (variables), and the different cookies were placed in rows (cases). The data were standardized in the columns before analysis. The principal component analysis was performed with a correlation matrix and without rotation factors. An explained variation above 70 per cent for the first two principal components indicates a strong correlation between variables, and also indicates that the principal component analysis is an appropriate multivariate analysis to be applied to the data (Mardia *et al.*, 1979). In this way, two factors were extracted, considering that the first two eigenvalues explained more than 70 per cent of the data variation. All the statistical analyses were performed using Statistica 10.0 software (StatSoft Inc., USA).

3. Results and discussion

3.1 Chemical composition of the gluten-free flours

The chemical composition of the gluten-free flours (Table I) was found to be similar to the values reported on the labels. The whole soy flour is distinguished by high contents of proteins, lipids, ash and dietary fibres, while the rice flour and cassava starch have high available carbohydrate content.

Table I.
Mean scores (SD) of
chemical composition
of gluten-free flours
($n = 3$; $n = 2$ for
fibres)

g/100g fresh weight of edible food	Rice flour	Whole soy flour	Cassava starch
Moisture	11.8 (0.02)	8.1 (0.13)	12.9 (0.02)
Proteins	6.2 (0.09)	36.3 (0.07)	0.03 (0.01)
Lipids	1.1 (0.07)	21.5 (0.20)	0.5 (0.08)
Ash	0.4 (0.00)	5.0 (0.03)	0.1 (0.03)
Total dietary fibre ^a	3.9	20.9	1.1
insoluble fibre	1.9 (0.11)	15.6 (0.11)	0.03 (0.10)
soluble fibre	2.0 (0.65)	5.4 (0.06)	1.1 (0.32)
Available carbohydrates ^b	76.6	8.2	85.4

Notes: ^aSum of insoluble fibre and soluble fibre; ^bresulting in $100 - (\text{moisture} + \text{protein} + \text{lipid} + \text{ash} + \text{total dietary fibre})$

3.2 Sensory acceptability of chocolate cookies

Approximately 91 per cent of the consumers who participated in the sensory analysis were between 18 and 28 years of age, and the majority were women (73 per cent). In all, 78 per cent of the consumers reported that they like cookies very much, 18 per cent like moderately and 4 per cent like slightly. All of the consumers reported that they consume cookies: 49 per cent once a week to daily, 34 per cent every two weeks and 17 per cent rarely. The kinds of cookies that they reported to prefer were as follows: 53 per cent prefer traditional chocolate cookies with chocolate chips, 36 per cent prefer chocolate cookies, 15 per cent prefer traditional cookies and 18 per cent prefer whole wheat cookies (in this question, consumers were allowed to choose as many types of cookies as necessary to represent their preference).

The cookie made with rice flour had the same acceptability as the cookie with wheat flour and as the commercial cookie for all sensory attributes and overall acceptability (Table II). The cookie with cassava starch received lower scores for its appearance than the cookies with wheat flour and the commercial cookies, and it also received lower scores for its aroma than the commercial cookie did. Most of the cookie formulations were well liked (the average score was above 6 for all attributes and overall acceptability) except for the formulation made with whole soy flour, as it received lower scores than the other samples for almost all attributes (some averages below 5). The cookie with whole soy flour was also considered to be rejected, because consumers reported less intent of purchase than they did for the other cookies.

The cluster analysis for acceptability based on aroma [Figure 1(a)] resulted in three groups: one group that included the cookies with rice flour, with wheat flour and with cassava starch, plus two more groups: one with the commercial cookie and the other with the whole soy flour cookie. For the acceptability based on appearance, texture, flavour and also for overall acceptability, the cluster analysis formed the same four groups, so only the results for the overall acceptability [Figure 1(c)] are presented: one group with cookies with rice flour and with wheat flour, and the three other groups: the cassava starch cookie, the commercial cookie and the whole soy flour cookie.

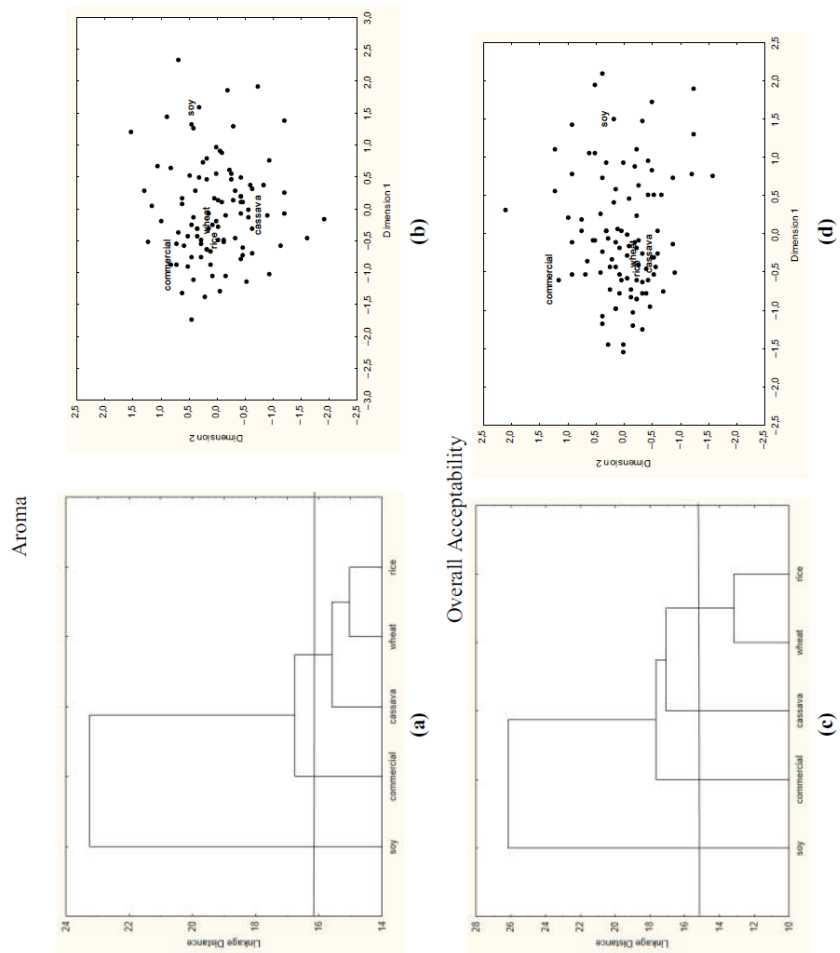
The scattered points presented in the internal preference mapping [Figure 1(b) and (d)] represent each consumer, and a high number of points near a given sample or near a group of samples indicates higher acceptability scores for these samples. In the internal preference mapping for aroma [Figure 1(b)], there is a higher concentration of consumers around of the group containing the wheat flour, rice flour and cassava starch

Cookies	Appearance*	Aroma*	Texture*	Flavour*	Overall*	Purchase intent**
Rice flour	7.1 (1.5) ^{ab}	7.1 (1.3) ^{ab}	7.0 (1.6) ^a	6.9 (1.5) ^a	7.0 (1.4) ^a	3.8 (1.0) ^a
Whole soy flour	6.5 (1.7) ^{bc}	5.5 (1.7) ^c	4.6 (2.0) ^b	4.4 (2.0) ^b	4.7 (1.7) ^b	2.2 (1.2) ^b
Cassava starch	6.0 (1.8) ^c	6.8 (1.3) ^b	6.5 (1.9) ^a	6.8 (1.6) ^a	6.6 (1.5) ^a	3.5 (1.1) ^a
Wheat flour	7.4 (1.4) ^a	6.8 (1.6) ^b	6.5 (1.5) ^a	6.6 (1.5) ^a	6.7 (1.4) ^a	3.6 (1.0) ^a
Commercial	6.8 (1.7) ^{ab}	7.6 (1.5) ^a	7.0 (1.7) ^a	7.1 (1.9) ^a	7.1 (1.7) ^a	3.9 (1.2) ^a

Table II.
Mean scores
(standard deviation)
for sensory
acceptability ($n = 92$)
of chocolate cookies

Notes: *The nine-point hedonic scale ranged from “1 – dislike extremely” to “9 – like extremely”; **the five-point scale ranged from “1 – I would certainly not buy this” to “5 – I would certainly buy this”; different letters in the same column indicate statistically different means by Tukey’s test ($p \leq 0.05$)

Figure 1. Dendrograms (a), (c) and internal preference mapping (b), (d) for chocolate cookies. In the dendrograms, cookies joined by lines under the horizontal line are similar regarding to sensory acceptability, while cookies that are not linked have dissimilarities in the acceptability. The points in the internal preference mappings indicate each consumer who participated in the sensory analysis and more agglomerated points near cookies or group of cookies indicates higher acceptability by these samples



cookies, a result which indicates that the consumers liked the aroma of the samples. The aroma of the cookies with whole soy flour and of the commercial cookies was liked only slightly, as evident by the few consumers near these samples. Although the average acceptability of the aroma was statistically equal between the rice flour cookie and the commercial cookie, and between the cookies with rice flour, cassava starch and wheat flour (Table II); the analysis of individual consumer data showed less acceptability for the commercial cookie [Figure 1(b)].

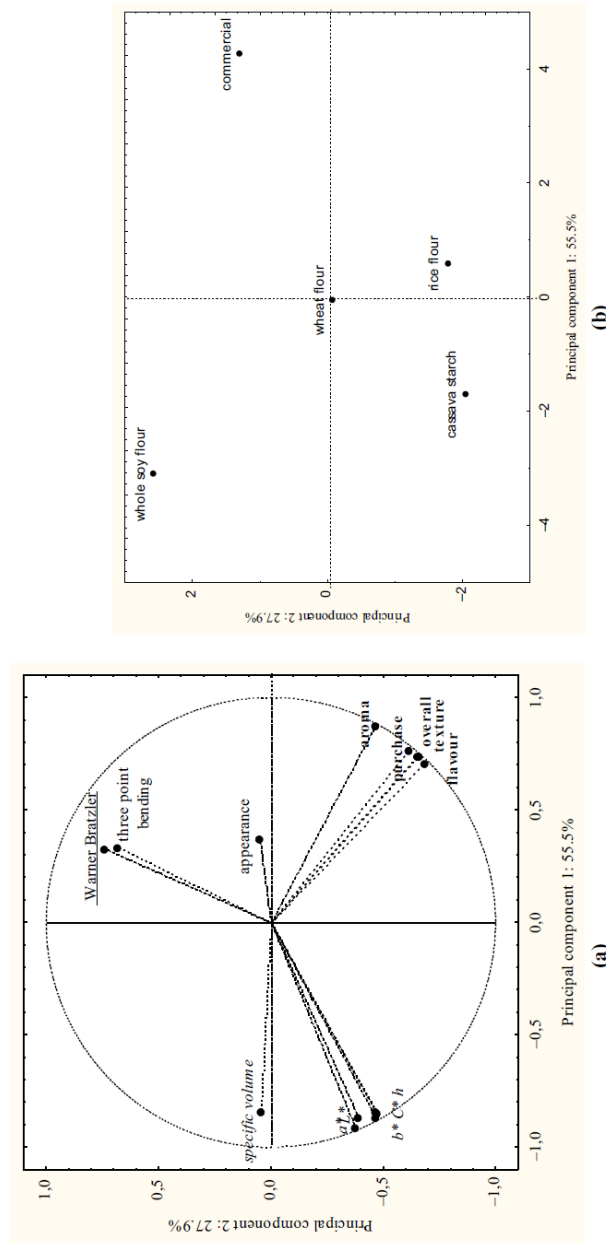
The internal preference mapping for overall acceptability [Figure 2(d)] and hence for appearance, texture and flavour shows that there is a higher concentration of consumers around the group of cookies with wheat flour and rice flour, plus the cookie with cassava starch, although this sample stayed in a separate group after cluster analysis [Figure 2(c)]. Similar to the results based on the acceptability for aroma, the commercial cookie and especially the whole soy flour cookie did not receive good acceptability scores from the consumers, although average scores for texture, flavour and overall acceptance for the commercial cookie were statistically equal to those for cookies with rice flour, cassava starch and wheat flour (Table II).

Rice flour starch granules are smaller compared to wheat flour starch granules (Torbica *et al.*, 2012), and rice flour has a mild and neutral taste (Kadan *et al.*, 2008), which may have contributed to the similar sensory acceptability scores between the rice flour cookies and the wheat flour cookies (Table II and Figure 1). Moreover, even few differences on chemical composition of rice flour and cassava starch are found (Table I), both flours are more similar in relation to whole soy flour, especially considering the quantity of available carbohydrate, which may have contributed to similar acceptability by their respective cookies. On the other hand, consumer rejection by the cookie with whole soy flour may have been because of characteristic flavour of this raw material, as the lipoxigenase present in soy catalyses the peroxidation of polyunsaturated fatty acids, producing volatile compounds that promote its beany, raw soy and green flavours (Lv *et al.*, 2011; Ivanovski *et al.*, 2012; Peng and Guo, 2015).

Laureati *et al.* (2012) compared sensory and hedonic perception of celiac and non-celiac subjects, while assessors (descriptive analysis) and consumers (acceptability analysis), to establish whether the two groups might be considered as not significantly different in sensory testing of breads. The results showed no difference between the two groups in the description and perception of gluten-free bread, and the choice of bread was based upon the same sensory attributes, but the authors concluded that more researches must be done varying the products and the consumers. Therefore, even with results of this paper, this work has a limitation about not applying the acceptability test with celiac consumers.

Texture plays a decisive role in the cookies' acceptability (Laguna *et al.*, 2014), and, acceptability of texture did, in fact, correlate strongly and positively with overall acceptability in the cases of rice flour cookies ($r = 0.72$; $p \leq 0.05$), whole soy flour cookies ($r = 0.72$; $p \leq 0.05$), cassava starch cookies ($r = 0.77$; $p \leq 0.05$) and the commercial cookies ($r = 0.71$; $p \leq 0.05$). In addition, flavour acceptability correlated strongly and positively with overall acceptability of rice flour cookies ($r = 0.85$; $p \leq 0.05$), whole soy flour cookies ($r = 0.85$; $p \leq 0.05$), cassava starch cookies ($r = 0.79$; $p \leq 0.05$), the commercial cookies ($r = 0.87$; $p \leq 0.05$) and wheat flour cookies ($r = 0.80$; $p \leq 0.05$).

Figure 2. External preference mapping obtained through principal component analysis to identify correlations between physical properties and sensory acceptability of the chocolate cookies



Notes: (a) Projection of the variables; (b) projection of the cookies; bold variables are positively correlated each other, and the same occurs for italic variables, but bold and italic variables have negative correlation with each other; the underline variable has no correlation with the others variables; the proximity of a cookie from variables indicates that the sample is described by these variables

3.3 Physical characteristics of chocolate cookies

The cassava starch cookie was lighter in colour (L^* high), with a more intense redness (a^*) and yellowness (b^*) and a higher colour saturation (C^*). These factors gave the cookie a different hue than the other cookies (h) (Table III). This result may be related to the greater available carbohydrate content in cassava starch than in other gluten-free flours (Table I), which likely led to the Maillard reaction during the baking process (Oliver *et al.*, 2006; Laguna *et al.*, 2012). However, the same cookie was found to be lighter in colour (high L^*), which can be understood as higher brightness. In contrast, the commercial cookie was darker in colour (low L^*), with less intense redness and yellowness and less colour saturation, and it therefore also possessed a different hue than the other cookies. Cookies with rice flour, whole soy flour and wheat flour presented colour characteristics that were between the cassava starch and commercial cookies.

The cutting forces, which were measured through three-point-bending and Warner-Bratzler probes, were smaller in the case of the rice flour cookie than that in all of the other cookies, even in relation to the cookie with cassava starch, the chemical composition of which is similar to that of rice flour (Table I). On the other hand, the whole soy flour cookies presented higher cutting forces than the cookies with rice flour or cassava starch (Table III), which may be because of the high dietary fibre content in whole soy flour and especially in the insoluble fibre (Table I). Likewise, the use of whole soy flour in the dough also increased firmness because of the increased viscosity of the dough as a function of water absorption by the soy fibre (Shin *et al.*, 2013). Ingredients rich in dietary fibre significantly affect the baked product properties, and changes include increased crumb hardness, loss of crispness, changes to appearance and differences in flavour (Ktenioudaki and Gallagher, 2012).

In contrast, it is interesting to note that the cookie with whole soy flour presented a higher specific volume than the cookies with rice flour or cassava starch (Table III). This result may be because of the protein content of the whole soy flour compared to that of the other flours (Table I). Flours with high protein content, specifically gluten, are more suitable for baking, as they result in a final product with a high volume (Cauvain and Young, 2008).

The cookie with whole soy flour was found to have a smaller expansion factor overall than the other cookies (Table III). This expansion phenomenon is primarily physical and is controlled by the ability of the components to absorb water. Thus, the addition of components with higher water holding capacities than wheat flour (which may be the case of whole soy flour) results in a competition for free water present in the cookie dough and thus limits the expansion rate (Kissel *et al.*, 1975; Mareti *et al.*, 2010).

3.4 External preference mapping

The first principal component explained 55.5 per cent of variation in the data, and the second principal component explained 27.9 per cent. Thus, the total variation in the data reached 83.4 per cent (Figure 2).

The first principal component is explained by the acceptability for aroma, texture, flavour, overall acceptability and purchase intent (factorial charges ≥ 0.7 of these variables in Principal Component 1), as well as by the colour parameters (L^* , a^* , b^* , C^* , h) and the specific volume (factorial charges ≤ -0.7 of these variables in the Principal Component 1). The sensory variables were found to be positively correlated with each other, but they were found to be negatively correlated with the physical parameters

Table III.
Mean scores
(standard deviation)
for physical
characteristics ($n =$
10) of chocolate
cookies

Cookies	Colour [†]			Cutting force ^{††}			Expansion factor ^{††††}	
	L*	a*	b*	C*	h	Three-point bending		Warner-Bratzler
Rice flour	27.1 (1.1) ^c	10.2 (0.2) ^b	13.1 (0.7) ^c	16.6 (0.7) ^c	52.2 (1.1) ^d	2.7 (0.3) ^b	3.5 (1.0) ^d	2.9 (0.3) ^a
Whole soy flour	31.4 (0.8) ^b	10.6 (0.2) ^b	14.5 (0.6) ^b	17.9 (0.5) ^b	53.8 (0.9) ^c	4.3 (0.5) ^a	9.0 (4.1) ^{abc}	3.2 (0.4) ^a
Cassava starch	37.0 (1.5) ^a	11.0 (0.1) ^a	19.3 (0.6) ^a	22.2 (0.6) ^a	60.4 (0.7) ^a	3.2 (0.5) ^b	5.9 (1.1) ^c	2.7 (0.4) ^{ab}
Wheat flour	31.8 (0.8) ^b	10.1 (0.7) ^b	14.5 (1.0) ^b	17.6 (1.3) ^b	55.5 (0.8) ^b	5.3 (1.0) ^a	8.9 (0.7) ^b	3.1 (0.3) ^a
Commercial	18.6 (0.8) ^d	7.0 (0.7) ^c	6.1 (0.9) ^d	9.3 (1.1) ^d	41.1 (1.7) ^e	5.1 (0.4) ^a	10.9 (0.7) ^a	2.3 (0.2) ^b

Notes: † L* ranges from 0 (absolute black, i.e. dark colour) to 100 (absolute white, i.e. bright colour); crescent values of a*, b* and C* indicate increasing of redness, yellowness and colour saturation, respectively; h indicates the colour hue; †† lower values, in Newtons, indicate decrease of the maximum force to break completely the cookie; ††† higher values, in $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, indicate more expanded cookies; †††† higher values indicate a higher gain in diameter and thickness of the cookie after baking (the expansion factor of the commercial cookie was not determined because of the lack of pre-baked diameter and thickness values), different letters in the same column indicate statistically different means by Dunn's test ($p \leq 0.05$)

[Figure 2(a)]. The cookie made with rice flour had higher sensory acceptability and purchase intent, because it is positioned in the same quadrant of acceptability, even a little far from these vectors. This acceptability is negatively correlated with colour intensity and specific volume of the rice flour cookies [Figure 2(b)]. That is to say, the rice flour cookies are characterized by higher sensory acceptability, less colour intensities and lower specific volumes. On the other hand, the cookie with whole soy flour had lower sensory acceptability and purchase intent, as it is positioned in the quadrant opposite to these variables. The cookie with cassava starch stands out for its higher colour intensity.

The second principal component is explained only by the cutting force obtained through the Warner-Bratzler probe [Figure 2(a)], and the commercial cookie stands out for this variable, i.e. it is described by high cutting force [Figure 2(b)].

Though they were built using different multivariate statistical techniques, the internal and external preference mappings revealed similar results in terms of sensory acceptability of chocolate cookies. The rice flour cookie is a part of the group with the wheat flour cookie and the cassava starch cookie in terms of its aroma acceptability scores [Figure 1(b)]. It is also in a group with the wheat flour cookie because of its acceptability scores for appearance, texture, flavour and overall acceptability [Figure 1(d)]. Therefore, it is located in the region of greatest consumer acceptability. Likewise, the principal component analysis (Figure 2) indicates that the rice flour cookie stands out for the sensory acceptability for its aroma, texture and flavour, in addition to overall acceptability and purchase intention. Therefore, the rice flour cookie stands out for its sensory acceptability in relation to the other cookies evaluated. Finally, the fact that the rice flour cookie is as accepted as the wheat flour cookie, and the commercial cookie indicates that rice flour is the best substitute for wheat flour out of the flours tested in this study.

4. Conclusions

The chocolate cookie in which wheat flour was replaced with rice flour was as widely accepted as the cookie with wheat flour, and the largest acceptability for the rice flour cookies correlated with less colour intensity and a lower specific volume. The cookie with cassava starch stood out for its colour intensities (as this flour resulted in the most intense colour parameters), and it also received good acceptability scores from consumers. The cookie with whole soy flour had lower sensory acceptability scores, and the commercial cookie stood out for its high cutting force (instrumental texture). It can be concluded, therefore, that the replacement of wheat flour is feasible in chocolate cookies and that rice flour is the best substitute for this product.

References

- AACC (2000a), *Approved Methods of the AACC, Method 10-05*, 10th ed., AACC International, St. Paul, MN.
- AACC (2000b), *Approved Methods of the AACC, Method 10-50D*, 10th ed., AACC International, St. Paul, MN.
- AOAC (1990), *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 15th ed., AOAC International, WA, MD.

- Capriles, V.D. and Arêas, J.A.G. (2013), "Effects of prebiotic inulin-type fructans on structure, quality, sensory acceptance and glycemic response of gluten-free breads", *Food & Function*, Vol. 4 No. 1, pp. 104-110.
- Capriles, V.D., Martini, L.A. and Arêas, J.A.G. (2009), "Metabolic osteopathy in celiac disease: importance of a gluten-free diet", *Nutrition Reviews*, Vol. 67 No. 10, pp. 599-606.
- Cauvain, S.P. and Young, L.S. (2008), "Ingredients and their influences", in Cauvain, S.P. and Young, L.S. (Eds), *Baked Products: Science, Technology and Practice*, Wiley-Blackwell, Oxford, pp. 72-98.
- Hair, J.F., Black, B., Babin, B., Anderson, R.E. and Tatham, R.L. (2006), *Multivariate Data Analysis*, Prentice Hall, NJ.
- Härdle, W.K. and Simar, L. (2012), *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 3rd ed., Springer, Heidelberg.
- Ishwarya, P.S. and Prabhasankar, P. (2013), "Fructooligosaccharide – retention during baking and its influence on biscuit quality", *Food Bioscience*, Vol. 4, pp. 68-80.
- Ivanovski, B., Seetharaman, K. and Duizer, L.M. (2012), "Development of soy based bread with acceptable sensory properties", *Journal of Food Science*, Vol. 77 No. 1, pp. S71-S76.
- Johnson, R.A. and Wichern, D.W. (1992), *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 3rd ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Kadan, R.S., Bryant, R.J. and Miller, J.A. (2008), "Effects of milling on functional properties of rice flour", *Journal of Food Science*, Vol. 73 No. 4, pp. 151-154.
- Kagnoff, M.F. (2007), "Celiac disease: pathogenesis of a model immunogenetic disease", *Journal of Clinical Investigation*, Vol. 117 No. 1, pp. 41-49.
- Kissel, L.T., Prentice, N. and Yamazaki, W.T. (1975), "Protein enrichment of cookie flours with wheat gluten and soy flour derivatives", *Cereal Chemistry*, Vol. 52, pp. 638-649.
- Kruskal, J.B. and Wish, M. (1978), *Multidimensional Scaling*, Sage, Newbury Park, CA.
- Ktenioudaki, A. and Gallagher, E. (2012), "Recent advances in the development of high-fibre baked products", *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 28 No. 1, pp. 4-14.
- Laguna, L., Salvador, A., Sanz, T. and Fiszman, S.M. (2011), "Performance of a resistant starch rich ingredient in the baking and eating quality of short-dough biscuits", *LWT – Food Science and Technology*, Vol. 44 No. 3, pp. 737-746.
- Laguna, L., Varela, P., Salvador, A., Sanz, T. and Fiszman, S.M. (2012), "Balancing texture and other sensory features in reduced fat short-dough biscuits", *Journal of Texture Studies*, Vol. 43 No. 3, pp. 235-245.
- Laguna, L., Primo-Martín, C., Varela, P., Salvador, A. and Sanz, T. (2014), "HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: sensory and instrumental evaluation", *LWT – Food Science and Technology*, Vol. 56 No. 2, pp. 494-501.
- Lamacchia, C., Camarca, A., Picascia, S., Di Luccia, A. and Gianfrani, C. (2014), "Cereal-based gluten-free food: how to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients", *Nutrients*, Vol. 6 No. 2, pp. 575-590.
- Laureati, M., Giussani, B. and Pagliarini, E. (2012), "Sensory and hedonic perception of gluten-free bread: comparison between celiac and non-celiac subjects", *Food Research International*, Vol. 46 No. 1, pp. 326-333.
- Leighton, C.S., Schönfeldt, H.C. and Kruger, R. (2010), "Quantitative descriptive sensory analysis of five different cultivars of sweet potato to determine sensory and texture profiles", *Journal of Sensory Studies*, Vol. 25 No. 1, pp. 2-18.

- Ly, Y.C., Song, H.L., Li, X. and Guo, S.T. (2011), "Influence of blanching and grinding process with hot water on beany and non-beany flavor in soymilk", *Journal of Food Science*, Vol. 76 No. 1, pp. S20-S25.
- MacFie, H.J. and Bratchell, N. (1989), "Designs to balance the effect of order of presentation and first order carry-over effects in hall tests", *Journal of Sensory Studies*, Vol. 4 No. 2, pp. 129-148.
- Mardia, K.V., Kent, J.T. and Bibby, J.M. (1979), *Multivariate Analysis*, Academic Press, London.
- Mareti, M.C., Grossmann, M.V.E. and Benassi, M.T. (2010), "Physical and sensorial characteristics of cookies containing defatted soy flour and oat bran", *Food Science and Technology*, Vol. 30 No. 4, pp. 878-883.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. (2007), *Sensory Evaluation Techniques*, 4th ed., CRC Press, Boca Raton, FL.
- Nascimento, A.B., Fiates, G.M.R., Anjos, A. and Teixeira, E. (2014), "Gluten-free is not enough – perception and suggestions of celiac consumers", *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Vol. 65 No. 4, pp. 394-398.
- Oliver, C.M., Melton, L.D. and Stanley, R.A. (2006), "Creating proteins with novel functionality via the Maillard reaction: a review", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 46 No. 4, pp. 337-350.
- Peng, X. and Guo, S. (2015), "Texture characteristics of soymilk gels formed by lactic fermentation: a comparison of soymilk prepared by blanching soybeans under different temperatures", *Food Hydrocolloids*, Vol. 43, pp. 58-65.
- Prosky, L., Asp, N.G., Schweizer, T.F., Devries, J.W. and Furda, I. (1988), "Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and foods products: intralaboratory study", *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, Vol. 71 No. 5, pp. 1017-1023.
- Sapone, A., Bai, J.C., Ciacci, C., Dolinsek, J., Green, P.H.R., Hadjivassiliou, M., Kaukinen, K., Rostami, K., Sanders, D.S., Schumann, M., Ullrich, R., Villalta, D., Volta, U., Catassi, C. and Fasano, A. (2012), "Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification", *BMC Medicine*, Vol. 10, p. 13.
- Shin, D.J., Kim, W. and Kim, Y. (2013), "Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour", *Food Chemistry*, Vol. 141 No. 1, pp. 517-523.
- Torbica, A., Hadnađev, M. and Dapčević Hadnađev, T. (2012), "Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality", *Food Research International*, Vol. 48 No. 1, pp. 277-283.
- Trefts, P.E. and Kagnoff, M.F. (1981), "Gluten-sensitive enteropathy I. The T-dependent anti-A-gliadin antibody response maps to the murine major histocompatibility locus", *The Journal of Immunology*, Vol. 126 No. 6, pp. 2249-2252.

Corresponding author

Ana Carolina Conti-Silva can be contacted at: contisil@ibilce.unesp.br

For instructions on how to order reprints of this article, please visit our website:

www.emeraldgroupublishing.com/licensing/reprints.htm

Or contact us for further details: permissions@emeraldinsight.com