

**Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia de Alimentos  
Departamento de Alimentos e Nutrição**

**PERFIL SENSORIAL E FÍSICO DE PÃES DE FORMA SEM  
GLÚTEN COM ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS E  
EDULCORANTES**

**Elisa Carvalho de Moraes**

**Campinas**

**2011**



**Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia de Alimentos  
Departamento de Alimentos e Nutrição**

**PERFIL SENSORIAL E FÍSICO DE PÃES DE FORMA SEM  
GLÚTEN COM ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS E  
EDULCORANTES**

**Elisa Carvalho de Moraes**

**Dissertação apresentada à Faculdade  
de Engenharia de Alimentos da  
Universidade Estadual de Campinas,  
para obtenção do Título de Mestre  
em Alimentos e Nutrição.**

**Orientadora Prof<sup>a</sup> Dra. Helena Maria André Bolini**

**Campinas**

**2011**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP**

M792p      Morais, Elisa Carvalho de  
                Perfil sensorial e físico de pães de forma sem glúten com adição de  
prebióticos e edulcorantes / Elisa Carvalho de Morais. -- Campinas,  
SP: [s.n], 2011.

                Orientador: Helena Maria André Bolini  
                Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

                1. Análise sensorial. 2. Pão. 3. Glúten. 4. Análise descritiva  
quantitativa. 5. Aceitação. 6. Intensidade-Análise. I. Bolini, Helena  
Maria André. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia de Alimentos. III. Título.

cars/bibfea

Título em inglês: Sensory and physical profile of gluten-free bread added with  
prebiotics and sweeteners

Palavras-chave em inglês (Keywords): Sensory analysis, Bread, Gluten, Quantitative descriptive  
analysis, Acceptance, Intensity-analysis

Área de Concentração: Consumo e qualidade de alimentos

Titulação: Mestre em Alimentos e Nutrição

Banca examinadora: Helena Maria André Bolini

Ana Carla Marques Pinheiro

Mário Roberto Maróstica Junior

Data da Defesa: 04/03/2011

Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição

**Este exemplar corresponde à redação final da dissertação defendida em 04/03/2011 por Elisa Carvalho de Moraes, aprovado pela comissão julgadora em 04/03/2011.**

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Helena Maria André Bolini  
(Orientadora)

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Ana Carla Marques Pinheiro  
(Membro)

---

Prof Dr. Mário Roberto Maróstica Junior  
(Membro)

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Caroline Joy Steel  
(Membro)

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Marta Regina Verruma-Bernardi  
(Membro)



*Dedico este trabalho aos meus pais, **Augusto e Icléa**, por acreditarem no meu sonho e me apoiarem para concretizá-lo. Vocês são, sempre foram e sempre serão o meu bem mais valioso, a minha maior riqueza. Obrigada por estarem sempre presentes em minha vida. Amo vocês!*





## AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar meus passos e iluminar meu caminho.

A minha orientadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Helena Maria André Bolini, exemplo de comprometimento e dedicação. Sou muito grata pela oportunidade de amadurecimento, ensinamentos, dedicação e confiança durante todas as etapas deste trabalho.

Aos meus pais, Augusto e Icléa, minha eterna gratidão e todo o meu amor, respeito e admiração; são vocês que me mantêm avançando em todos os desafios. E a minha irmã, Cris, por toda ajuda e amor!

Ao Lucas e Alice que me encorajaram do início ao término deste trabalho. Sem o apoio de vocês este passo não seria dado.

A empresa Sabor de Saúde, pelo acolhimento, oportunidade de aprendizagem e carinho!

As amigas sempre presentes, Suzana, Telma, Graziela, Adelaine, Rose e Patrícia. Fica mais fácil estar aqui quando se tem amigos.

As queridas amigas, Luisa, Verônica, Nathália, Carina e Manuela, pela amizade construída e mantida em todos os momentos e por tantos anos. Amigas pra vida toda!

Aos amigos do Laboratório de Análise Sensorial e do DEPAN, Izabela, Aline, Rafael, Alessandra, Lia, Alessandra, Fátima, Cidinha e Marta. Em especial à Gláucia, pelos momentos de apoio, compreensão e amizade.

Ao Michel por todo apoio, incentivo constante e dedicação!

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Carla Marques Pinheiro, pelos conhecimentos transmitidos e por estar sempre presente nas etapas deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Mario Roberto Maróstica Junior, pela idealização do estudo com a utilização de prebióticos.

Aos membros da banca examinadora pelas sugestões, discussões e questionamentos.

A Clariant® pela contribuição com as amostras de inulina.

A todos os provadores, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho. E ao grupo de celíacos formado, obrigada pela confiança!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

## RESUMO GERAL

O pão e outros produtos à base de cereal se tornaram alimentos de “primeira necessidade” em todo o mundo e estão atualmente instituídos como parte integrante de diversas dietas modernas. O alto consumo deste produto no Brasil e nos mercados internacionais, e a crescente procura dos consumidores por produtos alimentícios, não somente saborosos e nutritivos, mas que também tragam benefício à saúde, estimula o estudo da adição de prebióticos e edulcorantes. Na primeira parte deste trabalho, que avaliou os efeitos da adição dos prebióticos, inulina e frutooligosacarídeos, nas concentrações de 1, 2 e 4%, nas propriedades físicas e sensoriais de pães de forma sem glúten, a adição de 2% de inulina e 2% de FOS apresentou boa aceitação e maior intenção de compra pelos consumidores. No segundo estudo seis formulações de pães sem glúten foram avaliadas por 15 assessores celíacos treinados que identificaram 15 termos descritores para aparência, aroma, sabor e textura. Foi realizado teste de aceitação com 123 consumidores, não celíacos, de pão de forma. As amostras apresentaram diferença significativa entre si ( $p < 0,05$ ) para todos os atributos avaliados na ADQ. Por meio da correlação dos quadrados mínimos parciais entre as amostras, em relação aos atributos da ADQ e impressão global do teste de aceitação, observou-se que as variáveis mais significativas para discriminação entre as amostras foram cor da casca, aroma de fermento, doçura e textura de borracha. No terceiro estudo objetivou-se avaliar os pães de forma sem glúten por meio de outro teste de aceitação, com 32 consumidores celíacos, assim como avaliar o comportamento tempo-intensidade para os atributos gosto doce e sabor de fermento. Análises físico-químicas também foram realizadas com o intuito de estudar a qualidade global dos pães. Os consumidores celíacos apresentaram boa intenção de compra em relação às amostras de pão de forma sem glúten, sendo que a amostra com adição de FOS apresentou maior média para este parâmetro. Os pães apresentaram boas características físico-químicas mostrando a possibilidade de desenvolvimento de pães de forma sem glúten e naturais, com propriedades funcionais e características desejáveis aos consumidores celíacos.

**Palavras-chave:** sensorial; análise descritiva quantitativa; pão sem glúten; aceitação; tempo-intensidade.



## ABSTRACT

Bread and other cereal-based products have become “first necessity” food in the world and are now established as an integral part of many modern diets. The high consumption of this product in Brazil and international markets and the growing consumer demand for food products, which not only are tasty and nutritious, but also that bring health benefits, encourage the study of prebiotics and sweeteners addition. In the first part of this study, which evaluated the effects of prebiotics incorporation, inulin and fructooligosaccharides, in concentrations of 1%, 2% and 4%, to gluten-free breads on physical and sensorial properties, the addition of 2% inulin and 2% FOS had good acceptance and greater purchase intent by consumers. In the second study, six gluten-free bread formulations were evaluated by 15 trained celiac assessors who identified 15 descriptors terms of appearance, aroma, taste and texture. Acceptance test was conducted with 123 not celiac bread consumers. Samples presented significant differences amongst them ( $p < 0.05$ ) for all attributes in the QDA. By partial least squares correlation between samples, in relation to the attributes of the QDA and overall impression of the acceptance test, it was observed that the most significant variables to discriminate among the samples were color crust, yeast flavor, sweetness and rubber texture. The third study aimed at evaluating the gluten-free breads through another acceptance test, with 32 celiac consumers, as well as evaluating the time-intensity behavior for the attributes of sweetness and yeast taste. Physical-chemical analyses were also performed in order to study the breads overall quality. Celiac consumers presented good purchase intention for the gluten-free bread samples, and the sample added with FOS had a higher mean value for this parameter. Gluten-free breads presented good physical-chemical characteristics showing the potential development of gluten-free and natural breads, with functional properties and desirable characteristics for celiac consumers.

**Keywords:** sensory; quantitative descriptive analysis; gluten-free bread; acceptance; time-intensity.



## LISTA DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO 1 – ESTUDO DA ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS NA QUALIDADE FÍSICA E SENSORIAL DO PÃO DE FORMA SEM GLÚTEN</b>	
2.1. Fluxograma de produção dos pães de forma sem glúten.....	62
2.2. Ficha de avaliação do teste de aceitação de seis amostras de pão de forma sem glúten.....	66
3.2. Frequencia da intenção de compra de pães de forma sem glúten com adição de frutooligosacarídeos (FOS) nas concentrações de 1, 2 e 4%.....	79
3.3. Frequencia da intenção de compra de pães de forma sem glúten com adição de inulina nas concentrações de 1, 2 e 4%.....	79
<b>CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DE PÃES DE FORMA SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS E EDULCORANTES</b>	
2.1. Fluxograma de produção dos pães de forma sem glúten.....	97
2.2. Forma de distribuição das amostras de pão de forma sem glúten para avaliação, por meio de teste triangular, pelos assessores celíacos.....	100
2.3. Ficha de avaliação dos atributos sensoriais gerados pela análise descritiva quantitativa.....	102
2.4. Ficha de avaliação utilizada no teste de aceitação das amostras de pão de forma sem glúten.....	105
2.5. Distribuição de frequencia das notas para intenção de compra das amostras de pão de forma sem glúten (A = açúcar demerara; B = sucralose; C = frutose; D = estévia; E = FOS; F = inulina).....	119
2.6. Correlação dos quadrados mínimos parciais entre amostras de pão de forma sem glúten em relação aos atributos da ADQ® e impressão global do teste de aceitação.....	120
2.7. Coeficientes padronizados dos atributos obtidos pela correlação dos quadrados mínimos parciais entre amostras de pão de forma sem glúten em relação aos atributos da ADQ® e impressão global do teste de aceitação.....	122

### **CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, ANÁLISE TEMPO-INTENSIDADE E ACEITAÇÃO DE PÃES DE FORMA SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS E EDULCORANTES**

2.1. Fluxograma de produção dos pães de forma sem glúten.....	138
3.1. Curvas tempo-intensidade, características do estímulo gosto doce, para as amostras de pão de forma sem glúten (A = inulina; B = FOS; C = açúcar demerara; D = frutose; E = sucralose; F = estévia).....	148
3.2. Curvas tempo-intensidade, características do estímulo sabor de fermento, para as amostras de pão de forma sem glúten (A = inulina; B = FOS; C = açúcar demerara; D = frutose; E = sucralose; F = estévia).....	151
3.3. Distribuição de frequência das notas para intenção de compra das amostras de pão de forma sem glúten, avaliadas por 32 consumidores celíacos (A=inulina; B=FOS; C=açúcar demerara; D=frutose; E=sucralose; F=estévia).....	154



## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 1 – ESTUDO DA ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS NA QUALIDADE FÍSICA E SENSORIAL DO PÃO DE FORMA SEM GLÚTEN**

2.1. Proporção dos ingredientes nas diferentes formulações dos pães sem glúten.....	61
3.1. Médias de volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) de pães de forma sem glúten com adição de inulina.....	69
3.2. Médias de volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) de pães de forma sem glúten com adição de frutooligossacarídeos (FOS).....	69
3.3. Médias de firmeza, mastigabilidade e elasticidade do miolo de pães de forma sem glúten com adição de inulina.....	72
3.4. Médias de firmeza, mastigabilidade e elasticidade do miolo de pães de forma sem glúten com adição de inulina.....	72
3.5. Médias dos parâmetros de cor $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ , do miolo de pães de forma sem glúten com adição de inulina.....	74
3.7. Médias dos parâmetros de cor $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ , do miolo de pães de forma sem glúten com adição de frutooligossacarídeos (FOS).....	74
3.7. Médias das notas do teste de aceitação com 30 consumidores para as amostras de pão de forma sem glúten com adição de inulina nas concentrações de 1, 2 e 4%.....	77
3.8. Médias das notas do teste de aceitação com 30 consumidores para as amostras de pão de forma sem glúten com adição de FOS nas concentrações de 1, 2 e 4%.....	78

### **CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DE PÃES DE FORMA SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS E EDULCORANTES**

2.1. Proporção dos ingredientes nas diferentes formulações dos pães sem glúten.....	96
2.2. Definições e referências para os termos descritores levantados pela equipe sensorial descritiva na avaliação de pães de forma sem glúten.....	108
2.3. Níveis de significância ( $p$ ) para assessores em função da discriminação das amostras ( $F_{\text{amostra}}$ ) e da repetibilidade ( $F_{\text{repetição}}$ ).....	111
2.4. Médias dos atributos da Análise Descritiva Quantitativa para amostras de	

pão de forma sem glúten (A = açúcar demerara; B = sucralose; C = frutose; D = estévia; E = FOS; F = inulina)..... 112

2.5. Médias obtidas para o teste de aceitação de pão de forma sem glúten (n=123) (A = açúcar demerara; B = sucralose; C = frutose; D = estévia; E = FOS; F = inulina)..... 116

### **CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, ANÁLISE TEMPO-INTENSIDADE E ACEITAÇÃO DE PÃES DE FORMA SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS E EDULCORANTES**

2.1. Proporção dos ingredientes nas diferentes formulações dos pães sem glúten..... 137

2.2. Definições e referências do teste tempo-intensidade para os estímulos avaliados pelos assessores para pão de forma sem glúten..... 141

3.1. Parâmetros utilizados para cada estímulo avaliado pelos assessores para pães de forma sem glúten 146

3.2. Níveis de significância (p) para assessores em função da discriminação das amostras e repetibilidade para o estímulo doce..... 146

3.3. Médias dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o estímulo gosto doce das amostras de pão de forma sem glúten (A = inulina; B = FOS; C = açúcar demerara; D = frutose; E = sucralose; F = estévia)..... 147

3.4. Médias dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o estímulo sabor de fermento das amostras de pão de forma sem glúten (A = inulina; B = FOS; C = açúcar demerara; D = frutose; E = sucralose; F = estévia)..... 149

3.5. Médias obtidas para o teste de aceitação de pão de forma sem glúten (n=32) (A = inulina; B = FOS; C = açúcar demerara; D = frutose; E = sucralose; F = estévia)..... 152

3.6. Médias de volume, textura e cor (L\*, a\*, b\*) para as amostras de pães de forma sem glúten (A=inulina; B=FOS; C=açúcar demerara; D=frutose; E=sucralose; F=estévia)..... 155

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	Xv
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xvii
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	9
1. Pão.....	11
1.1. Definição.....	11
1.2. Mercado.....	12
2. Pão sem glúten.....	13
2.1. Legislação.....	14
3. Doença celíaca.....	15
3.1. Descrição.....	15
3.2. Apresentação clínica.....	17
3.3. Tratamento.....	18
3.4. Doença celíaca (DC) x Diabetes <i>Mellitus</i> tipo 1 (DM1).....	19
4. Prebióticos.....	21
4.1. Inulina.....	23
4.2. Frutooligossacarídeos (FOS).....	24
5. Edulcorantes.....	27
5.1. Sucralose.....	27
5.2. Frutose.....	29
5.3. Estévia.....	29
6. Métodos de análise sensorial.....	31
6.1. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).....	31
6.2. Análise Tempo-Intensidade.....	34
6.3. Análise de aceitação.....	35
7. Regressão por mínimos quadrados parciais.....	36
8. Determinação físico-química.....	37
Referências bibliográficas.....	39

<b>CAPÍTULO 1 – ESTUDO DA ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS NA QUALIDADE FÍSICA E SENSORIAL DO PÃO DE FORMA SEM GLÚTEN.....</b>	<b>53</b>
Resumo.....	55
Abstract.....	56
1. Introdução.....	57
2. Material e Métodos.....	60
2.1. Material.....	60
2.1.1. Ingredientes para formulação dos pães.....	60
2.2. Métodos.....	60
2.2.1. Elaboração dos pães sem glúten.....	61
2.2.2. Preparo das amostras.....	63
2.2.3. Caracterização física.....	63
2.2.3.1. Volume específico.....	63
2.2.3.2. Textura.....	63
2.2.3.3. Cor.....	64
2.2.4. Delineamento experimental.....	64
2.2.5. Análise sensorial.....	65
2.2.5.1. Teste afetivo.....	65
2.2.5.1.1. Análise estatística.....	67
3. Resultados e Discussão.....	68
3.1. Formulação dos pães sem glúten.....	68
3.2. Caracterização física dos pães de forma sem glúten.....	69
3.2.1. Volume específico.....	69
3.2.2. Textura.....	71
3.2.3. Cor instrumental do miolo dos pães.....	73
3.3. Análise sensorial dos pães de forma sem glúten.....	76
3.3.1. Análise de aceitação.....	76
3.3.2. Teste de intenção de compra.....	78
4. Conclusões.....	82
5. Referências bibliográficas.....	83
<b>CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DE PÃES DE FORMA SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS E EDULCORANTES.....</b>	<b>87</b>
Resumo.....	89
Abstract.....	90

1. Introdução.....	91
2. Material e Métodos.....	95
2.1. Material.....	95
2.2. Métodos.....	96
2.2.1. Elaboração dos pães sem glúten.....	96
2.2.2. Preparo das amostras.....	98
2.2.3. Análise sensorial.....	98
2.2.3.1. Análise Descritiva Quantitativa.....	99
2.2.1.3.1. Pré-seleção da equipe de provadores.....	99
2.2.1.3.2. Desenvolvimento da terminologia descritiva.....	100
2.2.1.3.3. Treinamento da equipe sensorial.....	103
2.2.1.3.4. Seleção final da equipe de assessores.....	103
2.2.1.3.5. Análise Descritiva Quantitativa.....	103
2.2.3.2. Análise de aceitação.....	104
2.2.3.2.1. Recrutamento e seleção dos consumidores.....	104
2.2.3.2.2. Teste afetivo.....	104
2.2.3.2.3. Análise estatística .....	105
3. Resultados e Discussão.....	107
3.1. Análise Descritiva Quantitativa.....	107
3.1.1. Seleção da equipe de assessores.....	110
3.1.2. Análise Descritiva Quantitativa.....	112
3.2. Análise de aceitação.....	116
3.2.1. Teste de intenção de compra.....	118
3.3. Determinação dos atributos mais valorizados pelos consumidores.....	120
4. Conclusões.....	124
5. Referências bibliográficas.....	125

<b>CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, ANÁLISE TEMPO-INTENSIDADE E ACEITAÇÃO DE PÃES DE FORMA SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS E EDULCORANTES.....</b>	<b>129</b>
Resumo.....	131
Abstract.....	132
1. Introdução.....	133
2. Material e Métodos.....	136

2.1. Material.....	136
2.2. Métodos.....	136
2.2.1. Elaboração dos pães sem glúten.....	136
2.2.2. Preparo das amostras.....	138
2.2.3. Análise sensorial.....	139
2.2.3.1. Análise tempo-intensidade.....	139
2.2.3.1.1. Pré-seleção da equipe de assessores.....	140
2.2.3.1.2. Treinamento da equipe sensorial.....	141
2.2.3.1.3. Seleção final da equipe de assessores.....	142
2.2.3.1.4. Teste tempo-intensidade.....	142
2.2.3.2. Análise de aceitação por consumidores celíacos.....	143
2.2.3.3. Análise estatística.....	143
2.2.4. Caracterização física.....	144
2.2.4.1. Volume específico.....	144
2.2.4.2. Textura.....	144
2.2.4.3. Cor.....	145
2.2.4.4. Análise estatística.....	145
3. Resultados e Discussão.....	146
3.1. Análise Tempo-Intensidade (T-I).....	146
3.1.1. Análise tempo-intensidade para o estímulo gosto doce de pão de forma sem glúten.....	147
3.1.2. Análise tempo-intensidade para o estímulo sabor de fermento de pão de forma sem glúten.....	149
3.2. Análise de aceitação por consumidores celíacos.....	151
3.2.1. Teste de intenção de compra com consumidores celíacos.....	153
3.3. Caracterização física.....	155
3.3.1. Volume específico.....	155
3.3.2. Textura.....	156
3.3.3. Cor.....	158
4. Conclusões.....	160
5. Referências bibliográficas.....	161
CONCLUSÃO GERAL.....	167
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	169
APÊNDICE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	171







## **INTRODUÇÃO GERAL**

O pão é considerado um alimento popular de grande importância nutricional pelo seu elevado teor em carboidratos complexos. É um dos produtos alimentícios mais estudados com relação a características tecnológicas, como a elasticidade da massa, o aspecto da crosta, crocância, volume e sabor, em diferentes situações de produção, como o tratamento da massa, a qualidade da farinha, entre outras (SOMMIER et al., 2005). Em todo o mundo, a fabricação de pão desenvolveu diversas formulações de massa, empregando ingredientes para conferir sabores especiais, que, atualmente, tornaram-se parte essencial do caráter do produto (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

Embora muito consumido na dieta humana, parte da população encontra-se impedida de consumir o pão devido à doença celíaca (DC), que é uma enteropatia imunomediada desencadeada pela ingestão de proteínas do glúten, em indivíduos geneticamente suscetíveis. Foi considerada uma rara doença, encontrada principalmente em indivíduos de origem europeia (CATASSI e FASANO, 2008). No entanto, estudos epidemiológicos recentes têm mostrado que a DC é uma das doenças mais comuns ao longo da vida, afetando cerca de 1% da população mundial (CATASSI e YACHHA, 2008).

Apesar do considerável progresso científico na compreensão da DC e na prevenção ou cura de suas manifestações, uma rigorosa dieta isenta de glúten, ao longo da vida, é o único tratamento para pacientes celíacos e/ou intolerantes ao glúten (NIEWINSKY, 2008). O crescente número de pessoas diagnosticadas com DC, juntamente com uma demanda geral por novos alimentos saborosos e saudáveis, originou um novo mercado, que consiste em produtos de cereais de grãos alternativos ao trigo (DEWETTINCK et al., 2008).

A crescente procura por pão sem glúten de alta qualidade representa uma tarefa desafiadora para o tecnólogo de cereais, devido à baixa qualidade para panificação das farinhas sem glúten, como uma consequência da ausência da rede de glúten (HÜTTNER et al., 2010). A farinha de arroz torna-se cada vez mais popular como um substituto da farinha de trigo na preparação de produtos consumidos por pacientes celíacos e/ou intolerantes ao trigo. É a farinha de grão cereal mais adequada para a fabricação de produtos sem glúten, devido ao seu sabor suave, coloração branca, alta digestibilidade e propriedades hipoalergênicas (ROSELL et al., 2007; ROSELL e MARCO, 2008).

O desenvolvimento de um pão sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes permite a agregação de um maior valor nutritivo e um menor aporte calórico ao produto, contribuindo para um bom funcionamento do organismo. Tendo em vista o pouco conhecimento sobre os aspectos sensoriais dos pães de forma sem glúten, torna-se de grande importância o estudo da determinação das características que mais se destacam para a aceitação dos consumidores, com o intuito de contribuir para a otimização de sua produção.

O perfil sensorial é uma abordagem descritiva, amplamente utilizada para qualificar a natureza e quantificar a intensidade das propriedades sensoriais dos alimentos. A análise sensorial descritiva é uma das ferramentas mais completas e informativas utilizadas em análise sensorial. Estas técnicas podem fornecer descrições sensoriais completas dos produtos e identificar os principais atributos sensoriais relacionados à aceitação ou rejeição do produto (STONE e SIDEL, 2004).

A análise descritiva quantitativa (ADQ) (Stone e Sidel, 2004) é um método sensorial que pode ser usado para fornecer uma descrição detalhada das características sensoriais de um produto. Já, levando em conta a dinâmica da percepção, a metodologia

tempo-intensidade (T-I) foi desenvolvida por Larson-Powers e Pangborn (1978) para medir a intensidade e a duração da doçura, amargor, acidez e sabor em diferentes soluções.

A análise tempo-intensidade é um complemento da análise sensorial clássica, já que fornece informações sobre a sensação percebida ao longo do tempo (CLIFF e HEYMANN, 1993). Consiste na medida da velocidade, duração e intensidade, percebidas por um único estímulo, através da associação da percepção humana com recursos da informática (REIS, 2007). Esta técnica é importante na avaliação sensorial, uma vez que a percepção do aroma, do sabor e da textura é um fenômeno dinâmico e não estático (MONTEIRO, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar sensorial e tecnologicamente pães de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes, por meio do estudo das características sensoriais, utilizando análise descritiva quantitativa, análise tempo-intensidade e análise de aceitação com consumidores, e por meio de uma caracterização física, realizando análises de textura, volume específico e cor.

Este trabalho será apresentado, conforme descrito a seguir:

**Revisão Bibliográfica.** Apresenta uma revisão sobre a definição e mercado do pão; características, formulação e legislação de pão sem glúten; descrição, apresentação clínica e tratamento da doença celíaca; descrições e características dos prebióticos inulina e frutooligosacarídeos; descrição e importância dos edulcorantes frutose, estévia e sucralose; uma abordagem sobre os métodos sensoriais de análise descritiva quantitativa, análise tempo-intensidade e análise de aceitação e sobre a técnica de mapa

de preferência utilizada na análise dos dados; e uma breve revisão sobre os parâmetros de determinação físico-química.

**Capítulo 1. Estudo da adição de prebióticos na qualidade física e sensorial do pão de forma sem glúten.** Neste capítulo, foi apresentado o estudo da formulação de pães de forma sem glúten, para avaliar o efeito das variáveis: (i) concentração de inulina e (ii) concentração de frutooligossacarídeos, nas propriedades físicas (volume, textura e cor) de pães de forma sem glúten, assim como um teste afetivo de aceitação da aparência, aroma, cor do miolo, maciez, sabor e intenção de compra destes pães.

**Capítulo 2. Caracterização sensorial de pães de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes.** Neste capítulo, foi apresentado o estudo da caracterização sensorial de seis formulações de pães de forma sem glúten, sendo duas adicionadas de prebióticos (inulina e FOS), três adicionadas de edulcorantes (sucralose, estévia e frutose) e uma com adição de açúcar demerara, utilizando a metodologia de análise descritiva quantitativa (ADQ) e por meio de testes de aceitação com consumidores do produto. Foi realizada análise estatística, por meio da Correlação dos Quadrados Mínimos Parciais (*Partial Least Squares* – PLS) para determinação dos atributos sensoriais mais valorizados positiva e negativamente pelos consumidores.

**Capítulo 3. Caracterização física, análise tempo-intensidade e aceitação de pães de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes.** Neste capítulo, foi realizada a análise de determinação físico-química, através de análises instrumentais de textura, volume específico e cor, das seis formulações de pães de forma sem glúten, assim como um estudo sensorial por meio de análise tempo-intensidade (T-I) dos atributos sabor de pão e sabor fermentado e estudo da aceitação dos pães por consumidores celíacos.

---

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CATASSI, C.; FASANO, A. Celiac disease. In: ARENDT, E.K.; DALBELLO, F.(Eds.), **Gluten-free cereal products and beverages** (pp. 1-22). Food science and technology: International series, USA: Academic Press. 2008. 445p.

CATASSI, C.; YACHHA, S.K. The epidemiology of celiac disease. In: ARENDT, E.K.; DALBELLO, F. (Eds.), **The science of gluten-free foods and beverages** (pp. 1-13). Food science and technology: International series, USA: Academic Press. 2008. 445p.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **Tecnologia da Panificação**. 1.ed. Ed. Manolé. 2009. 417p.

CLIFF, M.; HEYMANN, H. Development and use of time-intensity methodology for sensory evaluation: a review. **Food Research International**, v. 26, n. 5, p. 375-385, 1993.

DEWETTINCK, K.; VANBOCKSTAELE, F.; KÜHNE, B.; VANDEWALLE, D.; COURTENS, T.M.; GELLYNCK, X. Nutritional value of bread: influence of processing, food interaction and consumer perception. **Journal of Cereal Science**, v.48, n.2, p.243-247, 2008.

HÜTTNER, E.K.; DALBELLO, F.; ARENDT, E.K. Fundamental study on the effect of hydrostatic pressure treatment on the breadmaking performance of oat flour. **European Food Research and Technology**, v.230, n.6, p.827-835, 2010.

LARSON-POWERS, M.; PANGBORN, R.M. Paired comparison and time-intensity measurements of the sensory properties of beverages and gelatins containing sucrose or synthetic sweeteners. **Journal of Food Science**, v.43, n.1, p.41-46, 1978.

MONTEIRO, M. A. M. **Caracterização da bebida de café (*Coffea arabica* L.):** análise descritiva quantitativa, análise tempo-intensidade e testes afetivos. Viçosa, 2002. 158 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa - UFV.

NIEWINSKI, M.M. Advances in celiac disease and gluten-free diet. **Journal of the American Dietetic Association**, v.108, n.4, p.661-672, 2008.

REIS, R. C. **logurte “light” sabor morango:** equivalência de doçura, caracterização sensorial e impacto da embalagem na intenção de compra do consumidor. Viçosa, 2007, 143 p. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa - UFV.

ROSELL, C.M.; COLLAR, C.; HAROS, M. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. **Food Hydrocolloids**, v.21, n.3, p.452-462, 2007.

ROSELL, C.M.; MARCO, C. Rice. In: ARENDT, E.A.; DAL BELLO, F. (Eds). **Gluten-free cereal products and beverages** (pp.81-100). Food science and technology: International series, Oxford, UK: Elsevier. 2008. 445p.

SOMMIER, A. et al. An instrumented pilot scale oven for the study of French bread baking. **Journal of Food Engineering**, v.69, n.1, p.97-106, 2005.

STONE, H; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2004. 408p.

## Revisão Bibliográfica

---





## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1. Pão

A produção do pão ocorre desde os povos pré-históricos, há cerca de 10.000 anos, na antiga Mesopotâmia, onde as pessoas utilizavam pedras para moer os grãos, misturando em seguida com água e então coziavam a mistura sobre o fogo. As farinhas obtidas de diversos cereais, antes de serem utilizadas para o pão eram usadas em sopas e papas. Posteriormente passou-se a adicionar nas farinhas o mel, azeite, ovos e outros ingredientes disponíveis na época, formando uma espécie de bolo cozido.

Na atualidade há poucos países no mundo onde o pão e os produtos fermentados não são produzidos e consumidos. Os produtos de panificação evoluíram e assumiram diversas formas, todas baseadas em características relativamente distintas. Ao longo dos séculos, os padeiros-artesãos de todo o mundo desenvolveram nossas tradicionais variedades de pães, utilizando seu conhecimento acumulado sobre como empregar da melhor maneira possível as matérias primas disponíveis para obter a qualidade desejada dos pães (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

#### 1.1. Definição

Os pães disponíveis atualmente no mercado refletem o desenvolvimento e o aprimoramento técnico progressivo dos produtos fermentados à base de trigo ao longo de milhares de anos (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

O pão é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada, ou não, preparada com farinha de trigo e/ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou

adicionadas das mesmas e água, podendo também conter outros ingredientes. A classificação “pão de forma” é atribuída ao produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia (BRASIL, 2000).

Para assegurar que qualquer tipo de pão fabricado ao redor do mundo possua qualidade aceitável para os que o consomem, é essencial que as interações entre as diversas partes do processo de assamento sejam compatíveis e estejam em equilíbrio. O grau de equilíbrio estabelecido entre as matérias-primas, os procedimentos e o equipamento determina não apenas a qualidade do produto final, mas também a consistência em manter essa qualidade (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

O pão é composto basicamente de farinha de trigo, água, fermento biológico e sal (cloreto de sódio). Entretanto, outros componentes são adicionados em pequenas quantidades para melhorar as características da massa durante o processamento e a qualidade do produto final. Estes componentes podem ser gorduras vegetais, açúcares, emulsificantes, agentes oxidantes e enzimas (MATUDA, 2004).

## **1.2. Mercado**

O setor de panificação brasileiro registrou um crescimento de 12,61% nas vendas em 2009, segundo levantamento realizado pelo Programa de Apoio à Panificação (PROPAN). O faturamento do setor chegou a R\$ 49,52 bilhões, contra R\$ 43,98 bilhões em 2008. Destaques ainda para o aumento no número de freqüentadores das lojas, passando de 40,42 milhões de pessoas em 2008 para 41,11 milhões em 2009 (1,70% de aumento).

A panificação está entre os maiores segmentos industriais do país. São mais de 60 mil micro e pequenas empresas (96,3% das padarias brasileiras), e atendem em média 40 milhões de clientes por dia (21,5% da população nacional). O setor gera 700 mil empregos diretos e 1,5 milhão indiretos. Sua participação na indústria de produtos alimentares é de 36,2%, e na indústria de transformação representa 7% do total. O consumo per capita chega a 33,5 kg/ano, incluindo pães feitos a base de outros cereais, como aveia, milho, etc. (PROPAN, 2010).

## **2. Pão sem glúten**

A característica do pão e de outros produtos fermentados depende muito da formação de uma rede de glúten na massa, não apenas para aprisionar o gás da fermentação, mas também para contribuir diretamente com a formação de uma estrutura celular do miolo, que, depois do assamento, confere textura e qualidades sensoriais que são diferentes em comparação a outros produtos assados (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

Apesar dos recentes avanços na formulação de produtos sem glúten de alta qualidade, o substituto do glúten em produtos a base de cereais, como o pão, ainda representa um desafio tecnológico significativo (GALLAGHER et al., 2004). A formulação de pão sem glúten possivelmente representa o maior desafio, devido ao papel fundamental do glúten na panificação (ARENDETT e DAL BELLO, 2008).

De acordo com Torbica et al. (2010) há um número limitado de trabalhos que tratam de produtos de panificação sem glúten. Isso reflete tanto na dificuldade de criá-los quanto na falta de conhecimento sobre o número de pessoas que necessitam de produtos sem glúten como os celíacos e pessoas não-celíacas intolerantes ou alérgicas ao glúten.

O pão sem glúten é produzido para as pessoas afetadas pela doença celíaca (enteropatia do glúten) e pessoas não-celíacas intolerantes ou alérgicas ao glúten. Devido à sua particular composição centesimal possui um baixo valor nutricional (Kunachowicz et al., 1995), pois contém menos proteínas, lipídeos, vitaminas e outros elementos nutritivos importantes do pão comum (Thompson, 2000), sendo seu principal constituinte o amido ou outro ingrediente sem glúten (SANCHEZ et al., 2004).

A baixa qualidade global dos produtos sem glúten e o crescente número de pacientes diagnosticados com doença celíaca, juntamente com o aparecimento de intolerâncias alimentares e alergias (Fasano e Catassi, 2001), têm levado os tecnólogos a investigar novos ingredientes e formulações para obtenção de produtos sem glúten o mais semelhante possível que os produtos a base de trigo.

A farinha de arroz é uma das farinhas de cereais mais adequadas para a preparação de produtos sem glúten, devido à suas várias propriedades importantes, tais como sabor suave, hipoalergênica, e incolor. Possui nível muito baixo de proteína, sódio, gordura, fibras e grande quantidade de carboidratos facilmente digeridos. Tendo em vista que a maioria das variedades de arroz apresenta uma quantidade relativamente pequena de prolaminas (2,5-3,5%) (Gujral e Rosell, 2004), torna-se necessário utilizar algum tipo de goma, emulsificante, enzimas ou produtos lácteos juntamente com a farinha de arroz para obtenção da mistura viscoelástica desejada.

## **2.1. Legislação**

A indicação da presença do glúten nos rótulos e embalagens de alimentos industrializados é obrigatória desde 1992, quando foi publicada a Lei nº 8.543 (BRASIL, 1992). De acordo com a Lei nº 10.674 (BRASIL, 2003), todos os alimentos

industrializados devem conter em seu rótulo e bula, obrigatoriamente, as inscrições “contém glúten” ou “não contém glúten”, conforme o caso. A advertência deve ser impressa nos rótulos e embalagens dos produtos respectivos, assim como em cartazes e materiais de divulgação em caracteres com destaque, nítidos e de fácil leitura.

### **3. Doença celíaca**

A doença celíaca (DC) está se tornando um transtorno cada vez mais reconhecido (NIEWINSKI, 2008). No início de 1980, a doença celíaca era considerada uma condição rara. Atualmente, a doença é conhecida por ser uma das doenças crônicas mais freqüentes, mostrando uma prevalência na população europeia de 1:100 (TORRES et al., 2007).

#### **3.1. Descrição**

Samuel Gee (1888) descreveu as características clássicas da doença celíaca em 1887, como sendo diarreia, cansaço e insuficiência de crescimento. Naquele tempo, Gee acreditava que a regulação dos alimentos era a parte principal do tratamento e observou que a doença não se dava em uma faixa etária específica. Dicke et al. (1953) demonstrou, em um estudo controlado, que o centeio, trigo e cevada desencadeavam a doença celíaca, e que a condição poderia ser revertida após a exclusão destes da dieta.

A primeira descrição exata da lesão celíaca, entretanto, foi dada por Paulley (1954), quando examinou amostras da biópsia por espessura completa, tomadas em laparoscopia, de um paciente com doença celíaca. Foi descrita ampla falha na vilosidade e uma densa inflamação crônica das células linfocitárias infiltradas na mucosa do intestino delgado.

A DC pode se apresentar sob as seguintes formas: clássica, não clássica e assintomática (WALKER-SMITH e MURCH, 1999). Samuel Gee, em 1888, descreveu a forma clássica da doença, a qual se inicia nos primeiros anos de vida com diarreia crônica, vômitos, irritabilidade, anorexia, déficit de crescimento, distensão abdominal, diminuição do tecido celular subcutâneo e atrofia da musculatura glútea (PAVELEY, 1989).

A forma não clássica da DC manifesta-se mais tardiamente, com quadro mono ou paucissintomático, na qual as manifestações digestivas estão ausentes ou, quando presentes, ocupam um segundo plano. Os pacientes deste grupo podem apresentar manifestações isoladas, como, por exemplo, baixa estatura (Groll et al., 1980; Cacciari et al., 1983; Lecea et al., 1996), anemia por deficiência de ferro refratária à ferroterapia oral (Corazza et al., 1995), hipoplasia do esmalte dentário (Aine, 1986; Aine et al., 1990; Ballinger et al., 1994), constipação intestinal, osteoporose (Bertoli et al., 1996), esterilidade (Sher e Mayberry, 1996), artralgia ou artrite e epilepsia associada a calcificação intracraniana (GOBBI et al., 1992). O reconhecimento da forma assintomática da doença, especialmente entre familiares de primeiro grau de pacientes celíacos, tornou-se mais fácil a partir do desenvolvimento de marcadores sorológicos específicos para a DC (MISRA e AMENT, 1995; VON BLOMBERG et al., 1996).

De acordo com Cassol et al. (2007), pode ser classificada como doença celíaca latente aquela cujo indivíduo apresenta os aspectos assintomáticos, sem problemas intestinais, porém podendo vir a desenvolver a doença caso adote uma dieta excessiva de glúten. Outro caso seria aquele em que o indivíduo apresentaria a forma silenciosa da doença onde não desenvolveria os sintomas clássicos da DC, porém apresentaria degradação da mucosa intestinal. E aqueles indivíduos sintomáticos, com todos os sinais clássicos da doença, apresentando a menor porcentagem de ocorrência.

Para estes pacientes existiria a classificação da doença como clássica, notória nos primeiros anos de vida com o surgimento de diarreias crônicas, vômitos, atrofia da musculatura glútea, perda de peso, inchaço abdominal, *déficit* de crescimento, irritabilidade e falta de apetite ou a classificação não-clássica, de maior ocorrência, presente em adultos onde não existem sintomas digestivos, mas é manifestado como baixa estatura, anemia por deficiência de ferro, esterilidade, osteoporose, constipação intestinal, problemas com o esmalte dentário e distúrbios neurológicos. Tanto as complicações intestinais como as clínicas podem ser amenizadas com a introdução de uma rigorosa dieta sem glúten, porém a cura da doença ainda não existe (MARTINS et al., 2006).

### **3.2. Apresentação clínica**

A apresentação clínica da doença celíaca é muito variável, dependendo da idade do paciente, da duração e extensão da doença, e da presença de manifestações extra-intestinais (CHAND e MIHAS, 2006). A prevalência da doença celíaca tem aumentado acentuadamente nos últimos anos por causa de um melhor reconhecimento da doença e suas complicações associadas (FASANO et al., 2003; CHAND e MIHAS, 2006).

Como uma consequência da lesão da mucosa intestinal na DC, sintomas gastrointestinais causados por má absorção e má digestão, bem como a desnutrição, são manifestações comuns da doença (ROSTOM et al., 2006). No entanto, os sintomas da DC são apresentados em diversas formas, incluindo sintomas não específicos como anemia, alterações no hábito intestinal ou osteoporose (McGOUGH e CUMMINGS, 2005).

Fasano e Catassi (2001) relatam que a má absorção de ferro, folato e cálcio é comum na DC, já que estes nutrientes são absorvidos no intestino delgado proximal.

Como a doença progride ao longo do intestino, ocorre má absorção de carboidratos, gordura, vitaminas lipossolúveis A, D, E e K, e outros micronutrientes. Ojetti et al. (2005) descrevem que a intolerância à lactose secundária, resultante da diminuição na produção de lactase pelos danos nas vilosidades, também é comum.

### **3.3. Tratamento**

Na maioria dos pacientes diagnosticados com DC, uma dieta sem glúten levará a uma recuperação sintomática e histológica da doença e redução do risco de complicações, tais como deficiências nutricionais, doenças ósseas e linfoma (ROSTOM et al., 2006).

Atualmente, o único tratamento cientificamente comprovado para a doença celíaca é a adesão, ao longo da vida, a uma estrita dieta isenta de glúten. Todos os alimentos e medicamentos que contêm glúten do trigo, centeio e cevada, e seus derivados, são eliminados, pois mesmo pequenas quantidades de glúten podem ser prejudiciais. A remoção completa do glúten da dieta em um paciente com doença celíaca irá resultar na redução dos sintomas e sorologia, na maioria dos pacientes (FASANO e CATASSI, 2001; WILLIAMSON e MARSH, 2002; PIETZAK, 2005). O crescimento e desenvolvimento em crianças retornam ao normal, com a adesão à dieta isenta de glúten e, em adultos, muitas complicações da doença são evitadas.

Para a maioria dos pacientes, a introdução de uma dieta isenta de glúten resulta em uma completa diminuição histológica e clínica, e tem sido associada com melhorias na qualidade de vida (Midhagen e Hallert, 2003) e diminuição em longo prazo de riscos para a saúde como osteoporose (Kemppainen et al., 1999), neoplasias intestinais (Holmes et al., 1989; Corrao et al., 2001; Green et al., 2003), deficiência nutricional e



desenvolvimento de desordens auto-imunes, como a diabetes mellitus. A adesão a uma dieta isenta de glúten também pode aumentar a probabilidade de ganhos de saúde em problemas associados à DC tais como infertilidade (Kotze, 2004), fadiga (Siniscalchi et al., 2005) e depressão (HALLERT et al., 1983; HALLERT et al., 2002; WHITAKER et al., 2004).

Hall et al. (2009) realizaram uma revisão sistemática sobre a adesão a uma dieta sem glúten em pacientes adultos com doença celíaca e constataram que a taxa de adesão varia de 42% a 91% dependendo da definição e método de avaliação. Também constataram que a adesão é mais fortemente associada com influências cognitivas, emocionais e sócio-culturais, adesão de um grupo de defesa e segmento dietético regular e que pacientes celíacos sintomáticos e assintomáticos não diferem na sua adesão a uma dieta livre de glúten.

### **3.4. Doença celíaca (DC) X Diabetes *Mellitus* tipo 1 (DM1)**

A maior prevalência de doenças autoimunes entre os celíacos é atribuída a fatores genéticos em comum, especialmente antígenos do sistema HLA (*Human Leukocyte Antigens*). Sugere-se que o desenvolvimento da doença autoimune seria uma consequência da DC não controlada, tendo sido observado que quanto maior o tempo de DC sem tratamento, maior a porcentagem de indivíduos com doenças autoimunes (VENTURA, 1999).

O diabetes mellitus tipo 1 (DM1) é uma das doenças autoimunes que estão associadas à DC, sendo a prevalência de DC entre os diabéticos cerca de dez vezes superior à da população geral (VENTURA, 1999). Pocecco e Ventura (1995) levantaram a hipótese de que a DC não controlada predisporia o paciente a desenvolver DM1. A lesão

da mucosa intestinal na DC ativa permitiria a absorção de antígenos anômalos que induziriam uma resposta imune com produção de auto anticorpos contra células pancreáticas em indivíduos já geneticamente predispostos a DM1 (VENTURA, 1999; VITÓRIA et al., 1998).

A base genética desta associação é de que ambas compartilham mecanismo genético comum no sistema HLA. Alguns estudos demonstram que anticorpos relacionados à DM1 podem estar presentes em 7-25% dos pacientes com DC. Porém, ainda não se sabe se tais anticorpos são preditivos do desenvolvimento de DM1 em pacientes celíacos ou somente indicativos de distúrbio imunológico generalizado. Há evidências de que, no desenvolvimento da auto-imunidade da DM1, a falha de adquirir tolerância a auto-antígenos possa vir do intestino. O aumento da permeabilidade intestinal em pacientes celíacos não tratados predispõe a outras doenças por facilitar que antígenos externos adicionais, como proteínas alimentares, produtos derivados de bactérias e endotoxinas, penetrem na lâmina própria do intestino e levem à ativação do fenômeno autoimune (ARAÚJO e SILVA, 2006).

Araújo e Silva (2006) especulam que a DC ocorre antes da DM1 e que a mucosa intestinal anormal intensifica a absorção de antígenos externos, induzindo uma resposta imune em pacientes geneticamente predispostos à DM1, mas em cerca de 90% dos casos a diabetes é diagnosticada primeiro e a DC meses ou anos após o início da DM1. A maioria dos pacientes diabéticos apresenta a forma subclínica ou silenciosa da DC e apenas cerca de 10% são identificados pela sintomatologia clássica, e que pacientes com ambas as condições apresentam idade mais jovem no diagnóstico da DM1.

O impacto da dieta sem glúten no controle metabólico da diabetes depende dos sintomas da DC apresentados pelo paciente. Na forma clássica, a dieta leva ao melhor

controle e redução dos episódios de hipoglicemia, mas nos assintomáticos detectados pela triagem, a influência do tratamento dietético é variável, havendo relatos de melhora no controle metabólico e redução de hipoglicemias, e outros demonstrando pouco ou nenhum efeito. Porém, alguns autores afirmam que a instituição da dieta livre de glúten em pacientes assintomáticos é importante para garantir o crescimento e desenvolvimento puberal adequados (ARAÚJO e SILVA, 2006).

#### **4. Prebióticos**

A atenção mundial que tem sido dada à saúde vem refletindo também nos hábitos alimentares de toda a população mundial. Produtos mais saudáveis e com alegações de propriedades funcionais e/ou de saúde ganham destaque nas pesquisas, no desenvolvimento de novos produtos e nos supermercados. Os prebióticos se enquadram como aditivos funcionais com ampla aplicação nos mais diversos produtos, e com várias alegações de benefícios potenciais à saúde (RENHE et al., 2008).

As evidências científicas sobre a relação entre alimentação e saúde têm contribuído para o aparecimento de um novo segmento alimentar de rápida expansão nos últimos anos: o mercado dos alimentos funcionais. Há um interesse por parte da população em manter ou melhorar o estado de saúde por meio do consumo de alimentos tradicionais incorporados de ingredientes bioativos (PALANCA et al., 2006). Dentre esses produtos encontram-se os prebióticos, que são definidos como ingredientes fermentáveis, porém não digeríveis, cujos efeitos beneficiam o hospedeiro por estimular o crescimento seletivo e ativar o metabolismo de bactérias promotoras da saúde no trato intestinal, principalmente as bifidobactérias (SGARBIERI e PACHECO, 1999; BURITI, 2005; URGELL et al., 2005; QUERA et al., 2005). A principal ação dos prebióticos é estimular o

crescimento e/ou ativação do metabolismo de muitos grupos de bactérias benéficas no trato intestinal (SILVA, 2000).

A microbiota gastrointestinal no ser humano é um complexo ecossistema de aproximadamente 300 a 500 espécies bacterianas. Em um hospedeiro saudável, a flora bacteriana coloniza o trato alimentar imediatamente após o nascimento e logo a composição da microflora intestinal permanece relativamente constante (QUERA et al., 2005). Sobre a importância da microflora intestinal, relata-se que a interação micróbio-hospedeiro pode influenciar favoravelmente a saúde humana de diversas maneiras, pois, a comunidade bacteriana do trato gastrointestinal pode ter funções positivas, tais como antibacterianas, imunoreguladoras e metabólicas/nutricionais (BRANDT et al., 2006).

Segundo Reig e Anesto (2002), para que uma substância ou grupo de substâncias possa ser definido como prebiótica deve cumprir os seguintes requisitos: ser de origem vegetal, formar parte de um conjunto heterogêneo de moléculas complexas, não ser digerida pelas enzimas digestivas, ser parcialmente fermentada pelas bactérias colônicas e ser osmoticamente ativa.

Para que um composto tenha ação prebiótica ele deve chegar ao cólon sem se modificar e deve ser utilizado como substrato alimentício que estimula a flora bacteriana saprófita existente, obtendo-se efeitos benéficos para o hospedeiro. Os ingredientes dos alimentos com características prebióticas geralmente exibem algumas particularidades, tais como limitada hidrólise e absorção no trato gastrointestinal superior, estimulação seletiva da multiplicação das bactérias benéficas no cólon, potencial para reprimir patógenos e limitar virulência por processo, como a imunoestimulação e o estímulo da microbiota benéfica, que promove a resistência à colonização por patógenos (URGELL et al., 2005).

Dentre os ingredientes prebióticos mais utilizados estão os componentes alimentares não digeríveis com propriedades funcionais semelhantes à fibra dietética como, por exemplo, a inulina e a oligofrutose que estão presentes naturalmente em mais de 36 mil plantas, e que industrialmente é extraída da raiz de chicória, e que são fermentadas no cólon por bactérias específicas que promovem benefícios à saúde (GIBSON, 2004; MANSO et al., 2008; NEVEN, 2001; PIMENTEL et al., 2005; ROBERT et al., 2008; RONKART et al., 2009).

#### **4.1. Inulina**

A inulina e os frutooligossacarídeos ou oligofrutose são ingredientes presentes, naturalmente, em determinados alimentos. São oligossacarídeos resistentes, ou seja, carboidratos complexos de configuração molecular que os torna resistentes à ação hidrolítica da enzima salivar e intestinal e, assim, atingem o cólon, onde são degradados por bactérias intestinais, principalmente as bifidobactérias, podendo exercer efeitos benéficos no hospedeiro (BORGES, 1997; TOMOMATSU, 1994).

A inulina é um ingrediente altamente utilizado na indústria alimentícia em países da Europa, nos EUA e no Canadá, tendo sua principal aplicação relacionada com a sua capacidade de substituir o açúcar e a gordura sem fornecer grande quantidade de calorias, sendo, portanto, muito utilizado como ingrediente em produtos *light*, *diet* ou *low fat* (LEITE et al., 2004). Além da sua capacidade de substituir o açúcar e a gordura, a inulina também é um ingrediente funcional, atuando no organismo de maneira similar às fibras dietéticas.

De acordo com Robert et al. (2008), a inulina é um excelente substituto de gordura, que em altas concentrações, apresenta propriedades geleificantes, formando uma rede de

partículas de gel após o corte. Quando é completamente misturada em água, surge uma estrutura viscosa que pode ser facilmente incorporada no alimento, para substituir a gordura e fornecer um paladar suave, melhor balanceamento e um sabor aprimorado.

A inulina é obtida através da extração da raiz da chicória ou produzida industrialmente a partir da sacarose, e pode ser hidrolisada, dando origem aos frutooligossacarídeos. Seu sucesso se deve às suas propriedades nutricionais e sua fácil aplicação tecnológica. Dentre os benefícios proporcionados está a regulação e melhora no trânsito intestinal, a redução da absorção de compostos tóxicos, a melhora da qualidade da microbiota intestinal, o efeito bifidogênico, a diminuição na incidência de câncer no cólon, o aumento da absorção de minerais como o cálcio, entre outros (GIBSON, 2004; MANSO et al., 2008; NEVEN, 2001; PIMENTEL et al., 2005; WALTER, 2006).

Korus et al. (2006) avaliaram a influência da adição de prebiótico na qualidade do pão sem glúten e no conteúdo de inulina e frutooligossacarídeos. Os melhores efeitos sobre as características sensoriais do pão sem glúten foram observados quando aplicadas doses médias de prebióticos, sendo que o pão suplementado com 5% de inulina obteve maior pontuação sensorial.

#### **4.2. Frutooligossacarídeos (FOS)**

Os frutooligossacarídeos (FOS) são oligossacarídeos que ocorrem natural e principalmente em produtos de origem vegetal. Os FOS estão presentes como compostos de reserva energética em mais de 36 mil espécies de vegetais, muitos dos quais utilizados na alimentação humana. As principais fontes naturais de FOS incluem trigo, cebola, banana, alcachofra, alho e raízes de chicória. Quimicamente são formados

através de ligação específica entre uma molécula de glicose e duas a oito de frutose (PASSOS e PARK, 2003; SANGEETHA et al., 2005).

São chamados açúcares não convencionais e têm tido impacto na indústria do açúcar devido as suas excelentes características funcionais em alimentos, aspectos fisiológicos e físicos. Atualmente, FOS é o nome comum dado apenas a oligômeros de frutose que são compostos de 1-kestose (GF2), nistose (GF3) e frutofuranosil nistose (GF4), em que as unidades de frutossil (F) são ligadas na posição  $\beta$ -2,1 da glicose, o que os distingue de outros oligômeros (TUOHY et al., 2005).

Os frutooligossacarídeos, além de serem originados pela hidrólise enzimática (inulinase) parcial da própria inulina (Kruger et al., 2003), podem ser obtidos industrialmente, sendo sintetizados a partir da sacarose, por ação da frutossiltransferase ou  $\beta$ -frutofuranosidase (BORGES, 1997).

O uso do FOS na saúde e nutrição se dá em diversas áreas. Experimentos têm ressaltado seu uso como agente bifidogênico, estimulador do sistema imunológico, reguladores do trato gastrointestinal, melhorador do metabolismo lipídico, redutor da incidência de câncer de cólon, redutor da síntese de triglicerídeos, dentre outros (KAUR e GUPTA, 2002). Como agentes bifidogênicos, os FOS são facilmente fermentados pelas bactérias intestinais encontradas no cólon, aumentando o número e a atividade destas, principalmente das bifidobactérias. Este processo é altamente seletivo para oligofrutoses com ligações osídicas  $\beta$ -2,1 (ROBERFROID et al., 1993).

Como apresentam cerca de um terço do poder adoçante da sacarose e não são calóricos, os FOS não podem ser considerados carboidratos ou açúcares, nem fonte de

energia, mas podem ser usados de modo seguro por diabéticos (YUN, 1996; SANGEETHA et al., 2005).

Devido a essas características, os FOS podem ser usados em formulações de sorvetes e sobremesas lácteas que levem no rótulo ‘açúcar reduzido’, ‘sem adição de açúcar’, ‘calorias reduzidas’, etc., em formulações para diabéticos, em produtos “funcionais” que promovam efeito nutricional adicional nas áreas de prebióticos, simbióticos, fibras dietéticas, em iogurtes, promovendo efeito simbiótico (além do próprio efeito probiótico do iogurte), em biscoitos e produtos de panificação, substituindo carboidratos e gerando produtos de teor reduzido de açúcar, em barras de cereais, sucos e néctares frescos, produtos de confeitaria, molhos, etc. (BORNET et al., 2002; HAULY e MOSCATTO, 2002).

Estudos têm comprovado diversos efeitos benéficos ao organismo proporcionados por prebióticos. Os frutooligossacarídeos têm sido destacados por diversas ações promotoras da saúde gastrointestinal: inibição do desenvolvimento de lesões pré-cancerígenas intestinais, promoção e crescimento de bifidobactérias (Burigo et al., 2007), diminuição do pH do intestino grosso, destruindo bactérias putrefativas, aumento da permeabilidade intestinal após a ocorrência de uma infecção, melhora da resistência à colonização de *Salmonella enteritidis*, efeito benéfico nos casos de inflamação intestinal, aumento da absorção de alguns minerais, como o cálcio. Além disso, os frutooligossacarídeos proporcionam benefícios para a função imunológica (HOSONO et al., 2003; SUZUKI e HARA, 2004; NAKAMURA et al., 2004).



## **5. Edulcorantes**

Edulcorantes compreendem um grupo de substâncias, utilizadas em substituição à sacarose, que compartilham a propriedade de interagir com receptores gustativos e produzir uma sensação que percebemos e denominamos de doce (MONTIJANO et al., 1998).

As substâncias edulcorantes são consideradas não calóricas pelo fato de não serem metabolizadas pelo organismo ou por serem utilizadas em quantidades tão pequenas, que o aporte calórico torna-se insignificante. Devido a estas características são considerados indispensáveis aos regimes dietéticos, caracterizado pelo diabetes, ou a dietas de perda ou manutenção de peso corporal (CAVALLINI e BOLINI, 2005).

### **5.1. Sucralose**

Na década de 70 foram desenvolvidos vários programas destinados a obtenção de novas substâncias edulcorantes para serem utilizadas em substituição à sacarose. Após extensiva pesquisa, a sucralose foi selecionada para o desenvolvimento e comercialização devido as suas características químicas e sensoriais (NABORS e GELARDI, 1991).

A sucralose é o primeiro adoçante de baixa caloria derivado da sacarose, substituindo 3 átomos de OH por 3 átomos de cloro. Estes átomos de cloro intensificam o sabor doce do açúcar, criando uma estrutura molecular estável e resistente à hidrólise do trato intestinal, tornando-o um edulcorante não nutritivo e aproximadamente 600 vezes mais doce que a sacarose (CAMPOS, 2002).

A sucralose é um adoçante de grande potencial, com alta qualidade e com excelentes características físico-químicas, as quais permitem o seu uso numa vasta quantidade de alimentos e bebidas. A sucralose apresenta o perfil de sabor mais semelhante ao do açúcar, em relação a todos os outros edulcorantes, além de não apresentar o indesejável sabor residual amargo/metálico (CAMPOS, 2002).

Wiet e Beyts (1992) avaliaram as características sensoriais da sucralose em relação à sacarose, aspartame, sacarina e acesulfame-K, em meio aquoso. Os resultados indicaram que a sucralose, aspartame e sacarose têm propriedades de sabor similares, diferindo do acesulfame-K e da sacarina, os quais obtiveram um aumento de acidez, amargor e residual amargo, com o aumento de suas concentrações.

A sucralose possui as seguintes qualidades: não higroscópica; não cariogênica, alto poder de doçura, não calórica, alta solubilidade e alta estabilidade ao armazenamento (Montijano et al., 1998), além de apresentar bom sinergismo com o ciclamato e acesulfame-K e pouco sinergismo com a sacarina e com o aspartame (WELLS, 1989).

Devido às excelentes características físico-químicas e sensoriais e à elevada estabilidade, este edulcorante pode ser utilizado em uma grande variedade de produtos destacando-se: produtos de panificação, pudins, gelatinas, cafés, chás, gomas de mascar, leites aromatizados e fermentados, entre outros (NABORS e GELARDI, 1991).

A sucralose é permitida para uso em alimentos e bebidas no Brasil desde 1995 (BRASIL, 1995).

## 5.2. Frutose

A frutose vem sendo empregada como adoçante de bebidas e frutas industrializadas, constituindo de 4,0 a 8,0% de seu peso em decorrência de algumas características, como a maior solubilidade em soluções aquosas e pelo fato de ser mais doce, cerca de 1,7 vez mais que a sacarose. Alimentos produzidos em confeitarias têm, em média, 1,0 a 2,0% de frutose, porém, se esses alimentos apresentarem frutas em sua composição, a quantidade de frutose pode aumentar para cerca de 11,0%. O mel fornece a maior concentração de frutose (42,4% do peso), sendo considerado um adoçante natural (HALLFRISCH, 1990).

A frutose pode ainda ser produzida a partir do sorbitol. Isso ocorre quando esse poliól é oxidado em uma reação mediada pela enzima sorbitol-desidrogenase. O sorbitol está presente em várias plantas, em particular na família das Rosáceas (maçãs, peras, cerejas, ameixas e abricós), geralmente associado à frutose. Outras fontes de sorbitol são doces, balas de menta, goma de mascar, alimentos e sucos dietéticos (RUMESSEN, 1992).

## 5.3. Estévia

O esteviosídeo tem seu uso regulamentado na Portaria nº14 de 1988 (BRASIL, 1988), que permiti sua utilização em alimentos e bebidas.

Entre os edulcorantes de origem natural, permitidos para uso em alimentos, em substituição a sacarose, destaca-se o extrato de folhas de estévia, extraído das folhas da planta sul americana *Stevia rebaudiana* (Bert) Bertoni. Esse extrato é um pó branco, composto pelo esteviosídeo propriamente dito, e por seus anômeros, os rebaudiosídeos,

que conferem a doçura ao composto (HIGGINBOTHAM, 1983). Tal substância apresenta doçura intensa, sendo isenta de calorias (SOEJARTO et al., 1982; WELLS, 1989).

*Stevia rebaudiana* é uma planta da família das margaridas que cresce naturalmente na América do Sul. Não é apenas um produto “natural” livre de calorias, mas é 300 vezes mais doce que a sacarose (KERZICNIK et al., 1999). Esteviosídeo e rebaudiosídeo A são os principais glicosídeos na estévia que proporcionam um sabor doce. Esteviosídeo (St) compreende cerca de 70-80% do adoçante e 30-40% é rebaudiosídeo A (R-A). A relação R-A/St é a medida de aceitação da qualidade de doçura. Mais R-A, melhor a qualidade da doçura (MAITI e PUROHIT, 2008). O efeito adoçante destes compostos é meramente por gosto, pois eles são indigestos e não absorvidos pelo organismo. A estévia ajuda no tratamento de muitas doenças, como hipertensão arterial, dislipidemia, obesidade, doenças de pele e distúrbios digestivos (GREGERSEN, 2004; SAVITA et al., 2004; GISLEINE et al., 2006). Não possui efeitos colaterais e é seguro para o consumo (FERRI et al., 2006).

As folhas de estévia têm sido tradicionalmente utilizadas por centenas de anos, no Paraguai e no Brasil, para adoçar chás, medicamentos e como um “tratamento doce”. A qualidade da doçura da estévia é preferível em relação ao aspartame e a sacarina. Ela serve como um realçador de sabor e mantém-se estável quando combinado com alimentos ácidos. A alta temperatura não destrói as suas propriedades edulcorantes; não fermenta e não faz com que o produto descolore fazendo com que a estévia também seja adequada para pratos quentes (SAHELIAN e GATES, 1999).

## **6. Métodos de análise sensorial**

Os testes sensoriais são incluídos como garantia de qualidade por serem uma medida multidimensional integrada possuindo importantes vantagens, tais como, ser capaz de identificar a presença ou ausência de diferenças perceptíveis, definir características sensoriais importantes de um produto de forma rápida, capaz de detectar particularidades que não podem ser detectadas por outros procedimentos analíticos (MUNOZ et al., 1996).

De nada vale para o consumidor um produto que possua excelentes características químicas, físicas, nutricionais ou microbiológicas, que seja considerado de excelente qualidade, se a característica sensorial deste produto não preencher as necessidades de quem o consumirá. Então, por meio da análise sensorial, as características de interesse relativas à qualidade sensorial do alimento são identificadas e adequadamente estudadas (MINIM et al., 2006).

### **6.1. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®)**

A análise descritiva é a mais sofisticada das metodologias disponíveis para o profissional sensorial (quando comparada com os métodos discriminativos e de aceitação). Os resultados de um teste de análise descritiva completa fornecem descrições sensoriais de uma variedade de produtos, proporcionam uma base para o mapeamento das similaridades e diferenças do produto, e fornecem uma base para determinar os atributos que são importantes para a aceitação. Os resultados permitem relacionar um ingrediente específico ou variáveis de processo, com mudanças específicas em alguns (ou todos) os atributos sensoriais de um produto (STONE e SIDEL, 2004).

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) apresenta-se como uma metodologia que proporciona a obtenção de uma descrição completa de todas as propriedades sensoriais de um produto, representado um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de atributos importantes (LAWLESS e HEYMANN, 1999). Possui inúmeras aplicações, como por exemplo, o acompanhamento de produtos concorrentes, testes de armazenamento de produtos, desenvolvimento de novos produtos, controle de qualidade de produtos industrializados e relação entre testes sensoriais e instrumentais (STONE e SIDEL, 2004).

STONE e SIDEL (2004) descrevem a ADQ como uma metodologia sensorial que fornece descrições quantitativas de produtos, com base na percepção de um grupo de sujeitos qualificados. É uma descrição sensorial total, tendo em conta todas as sensações que são percebidas (visual, auditiva, olfativa, cinestésica, etc.) quando o produto é avaliado. A palavra “produto” é usada aqui no sentido figurado; o produto pode ser uma idéia ou um conceito, um ingrediente, ou um produto acabado, comprado e utilizado pelo consumidor.

Uma das principais características da metodologia ADQ foi o uso da análise estatística dos dados, o que representou uma evolução significativa para a avaliação sensorial. Com a disponibilidade de pacotes estatísticos e de PCs, os líderes do painel possuem recursos ilimitados e de baixo custo, proporcionando uma capacidade online para obtenção de médias, medidas de variância, análise fatorial, regressão múltipla, análise de cluster, análise discriminante e assim por diante (STONE e SIDEL, 2004).

A ADQ permite determinar o perfil sensorial descritivo dos produtos avaliados, e quando é associada ao estudo afetivo com consumidores, permite chegar a conclusões de extrema importância, como saber quais as características sensoriais e em que

intensidade estão presentes nos produtos mais ou menos aceitos pelos consumidores, e ainda verificar em que produtos concorrentes diferem sensorialmente entre si. Desta forma, é possível saber exatamente quais atributos sensoriais devem ser atenuados, intensificados, suprimidos ou colocados em um produto para que ele possa superar seu concorrente (STONE e SIDEL, 2004).

Minim et al. (2000) determinaram o perfil sensorial de diferentes formulações de pão de queijo. A análise descritiva quantitativa foi aplicada para levantar atributos sensoriais que melhor definem modificações na aparência, aroma, sabor e textura quando alguns ingredientes são variados na formulação do pão de queijo. Sete formulações foram avaliadas por uma equipe de provadores treinados, sendo que 18 atributos sensoriais foram definidos, entre eles pontos de queijo, esfarelamento, espessura da crosta, aroma de queijo, sabor de margarina, sabor de óleo e dureza.

Três amostras comerciais de pão de forma integral foram estudadas por Battochio et al. (2006), através da determinação do perfil sensorial pela utilização da metodologia ADQ. Foram selecionados 11 provadores os quais definiram atributos sensoriais, em que as amostras foram caracterizadas por 18 termos descritores, tais como cor marrom da casca, tamanho de bolhas, sabor fermentado, sabor adocicado, mastigabilidade, umidade, fibrosidade e adesividade.

Rolim et al. (2010) utilizaram a ADQ para a avaliação sensorial de três formulações de pães de forma, sendo uma padrão e duas testes contendo farinha de yacon. Utilizaram 11 provadores treinados, os quais definiram 10 atributos sensoriais, sendo eles aroma, cor, porosidade e uniformidade do miolo, sabor, textura, umectância, untuosidade, adesividade e qualidade global.

## **6.2. Análise Tempo-Intensidade**

A percepção do aroma, do gosto, da textura e das sensações térmicas e picantes, em alimentos e bebidas, é um processo dinâmico que apresenta mudanças perceptíveis em intensidade, durante todo o tempo de contato com a mucosa oral (LEE e PANGBORN, 1986).

Um teste sensorial que vem ganhando especial atenção ao longo do tempo é o denominado tempo-intensidade. Isto tem ocorrido, principalmente, porque com o rápido desenvolvimento da informática nos últimos anos, a principal dificuldade deste teste, que era a coleta de dados, tem sido muito facilitada (CARDELLO et al., 2003). A análise tempo-intensidade mede a intensidade do estímulo percebido de acordo com o tempo percorrido, ou seja, a velocidade, duração e intensidade percebidas em um estímulo único (AMERINE et al., 1965).

A percepção do sabor e da textura é um fenômeno dinâmico e não estático sendo de suma importância a aplicação da análise tempo-intensidade como forma de avaliação de um alimento (Monteiro, 2002) que, através da associação da percepção humana, com recursos da informática, permite obter informações sobre qualquer característica pré estabelecida das amostras avaliadas, como por exemplo, velocidade, tempo de percepção e intensidade de estímulo (FARIA e CARDELLO, 1999).

Segundo Cardello et al. (2003), o programa desenvolvido para a análise tempo-intensidade “Sistema de Coleta de Dados Tempo-Intensidade – SCDTI” corresponde perfeitamente às expectativas na coleta de dados e obtenção de parâmetros das curvas do comportamento temporal da sacarose e edulcorantes estudados.



Os mesmos autores relatam que o programa desenvolvido possibilitou a adequação e escolha de parâmetros como tempo de espera, tempo de ingestão e tempo de permanência do alimento na boca, a dimensão da escala a ser utilizada, entre outros parâmetros, relacionados com o tipo de material analisado e o objetivo do estudo.

### **6.3. Análise de aceitação**

Os testes afetivos não requerem treinamento dos provadores e são importantes por expressar a opinião dos consumidores sobre o produto a ser testado. É uma importante ferramenta, pois determina diretamente a opinião do consumidor em relação a idéias, características específicas ou globais de determinado produto, sendo, por isso, também denominados de teste de consumidor (MININ et al., 2006).

A análise de aceitação possibilita a obtenção de informações importantes, refletindo o grau que os consumidores gostam ou não de um determinado produto. É muito utilizada para comparar produtos concorrentes, desenvolvimento de novos produtos e melhoria da qualidade. Entre os métodos sensoriais existentes para medir a aceitação e preferência de um grupo de provadores, o que utiliza escala hedônica de nove centímetros é o mais aplicado, devido à sua simplicidade, confiabilidade e validade de seus resultados (STONE e SIDEL, 2004).

De acordo com os mesmos autores, com a aplicação da análise de aceitação é possível transformar dados subjetivos em objetivos, e obter informações importantes sobre o grau com que as pessoas gostam ou não de um determinado produto.

Silva et al. (2003) estudaram a aceitação de formulações de pães de queijo tradicional e com reduzido teor energético (*light*), comparando-os com amostras comerciais. A aceitabilidade de quatro tipos de pães de queijo foi avaliada por 39

consumidores potenciais usando-se escala hedônica de 9 pontos. As amostras tradicionais obtiveram média de aceitação 7,54 e 7,69 não diferindo entre si ( $p>0,05$ ). Os pães de queijo *light* (formulado e comercial) apresentaram avaliações sensoriais similares e se situaram entre os termos hedônicos, indiferente e desgostei levemente.

A aceitabilidade de duas amostras de pão de forma enriquecido foi avaliada por Cantuária et al. (2008). O pão de forma foi enriquecido com 5 e 10% de okara e avaliado por uma equipe de 50 provadores não treinados utilizando-se escala hedônica estruturada de 9 pontos. As duas amostras avaliadas foram muito bem aceitas, não apresentando diferença significativa entre os pães elaborados com 5 e 10% de okara, e apresentando média de 7,9 e 7,36 pontos, respectivamente.

#### **6.4. Regressão por mínimos quadrados parciais**

A análise sensorial geralmente enfrenta o problema de relacionar dados obtidos com base em diversas características que descrevem um produto. A identificação da relação entre as fontes, tais como informações sobre o produto, avaliação sensorial e atitude e preferência do consumidor é fundamental para o sucesso de uma análise. A Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (*Partial Least Squares (PLS) Regression*) é uma técnica recente, útil na análise de preferência do consumidor, que generaliza e combina características da análise de componentes principais (ACP) e regressão múltipla (ABDI, 2004).

A regressão por mínimos quadrados parciais estende o conceito do modelo inverso (propriedade como função da resposta instrumental) trocando as variáveis originais por um sub-conjunto truncado das variáveis latentes dos dados originais. Foi

desenvolvida na década de 70 por Herman Wold (COSTA FILHO, 1998; MESSERCHMIDT, 1999).

Esta técnica possui a finalidade de comparar preferências e relacioná-las com as características de qualidade do produto, auxiliando na segmentação do mercado em grupos definidos de consumidores. Assim, de acordo com Minim (2006) o produto pode ser introduzido no segmento correto do mercado ou ser otimizado a partir das principais características de qualidade e da indicação de preferência do consumidor.

## **7. Determinação física**

A textura de um alimento pode ser definida como um grupo de características físicas que provém dos elementos estruturais dos alimentos. Essas características, ou parâmetros de textura são quantificados através das análises de textura, que podem ser sensoriais ou instrumentais. No caso do pão, a textura apresenta-se como um importante indicador de frescor e qualidade para o consumidor, logo é fator imprescindível para a aceitabilidade do produto no mercado (BRADY e MAYER (1985); GIOIELLI e LANNES (1995)).

Ferreira (2002) afirma que, quanto maior o volume específico do pão de forma, melhor é a sua avaliação. É uma característica objetiva sendo obtida pela pesagem dos pães em balança analítica, determinação do volume pelo deslocamento de sementes de painço e a obtenção do volume específico do pão através da relação entre seu volume e seu peso (GUTKOSKI et al., 2005).

A cor dos pães de forma constitui um fator muito importante para a sua comercialização, sendo diretamente influenciada pelas matérias primas que compõem sua formulação e pelas condições de forneamento (SILVA et al., 2009). No sistema

CIELab, os valores para claro e escuro são representados pelo L, o vermelho é representado por +a, o verde por -a, o amarelo por +b e o azul por -b, em um plano cartesiano (GIESE, 2000).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, H. Partial Least Squares (PLS) Regression. In: LEWIS-BECK, M.; BRYMAN, A.; LIAO, T.F. (Eds.). **Encyclopedia of Social Sciences Research Methods**. Thousand Oaks (CA): Sage. v.3, 2004. 1528p.

AINE, L. Dental enamel defects and dental, maturity in children and adolescents with celiac disease. **Proceedings of the Finning Dental Society**, v.82, n.3, p.1-71, 1986.

AINE, L.; MÄKI, M.; COLLIN, P.; KEYRILLÄINEN, O. Dental enamel defects in celiac disease. **Journal of Oral Pathology and Medicine**, v.19, p.241-245, 1990.

AMERINE, M. A., PANGBORN, R. M., ROESSLER, E.B. **Principles of sensory evaluation of food**, New York: Academic Press, 1965. 602p

ARENDET, E.; DAL BELLO, F. **Gluten-free cereal products and beverages**. Food Science and Technology, International Series. London: Academic Press, Elsevier, 2008. 451p.

BALLINGER, A.; HUGHES, C.; KUMAR, P.; HUTCHINSON, I.; CLARK, M. Dental enamel defects in coeliac disease. **The Lancet**, v.343, n., p.230-231, 1994.

BATTOCHIO, J.R.; CARDOSO, J.M.P.; KIKUCHI, M.; MACCHIONE, M.; MODOLO, J.S.; PAIXÃO, A.L.; PINCHELLI, A.M.; SILVA, A.R.; SOUSA, V.C.; WADA, J.K.A.; WADA, J.K.A.; BOLINI, H.M.A. Perfil sensorial de pão de forma integral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.2, p.428-433, abr.-jun. 2006.

BERTOLI, A.; MORAN, O.; CONTI, F. Accumulation of long-lasting inactivation in rat brain K<sup>+</sup> channels. **Experimental Brain Research**, v.110, p.401-412, 1996.

BORGES, V.C. Oligossacarídeos x fibras alimentares. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v.12, n.4, p.161-164, 1997.

BORNET, F.R.; BROUNSL, J.F.; TASHIRO, Y.; DUVILLIER, V. Nutritional aspects of short-chain fructooligosaccharides: natural occurrence, chemistry, physiology and health implications. **Digestive and Liver Disease**, s.1, v.21, p.111-120, 2002.

BRADY, P.L.; MAYER, S.M. Correlation of sensory and instrumental measures of bread texture. **Cereal Chemistry**, v.62, p.70-72, 1985.

BRANDT, K.G.; SAMPAIO, M.M.S.C.; MIUKI, C.J. Importância da microflora intestinal. **Revista de Pediatria**, São Paulo, v.28, n.2, p.117-127, 2006.

BRASIL. Conselho Nacional da Saúde/ Ministério da Saúde. Portaria n.14 de 26 de janeiro de 1988. Aprova o uso de esteviosídeo com a função de edulcorante em alimentos e bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1988.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Lei nº 8.543, de 23 de dezembro de 1992. Determina a impressão de advertência em rótulos e embalagens de alimentos industrializados que contenham glúten, a fim de evitar a doença celíaca ou síndrome celíaca. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1992.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária/ Ministério da Saúde. Portaria n.318 de 24 de novembro de 1995. Aprova o uso de Sucralose com a função de edulcorante em alimentos e bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, out. 2000.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003. Obriga que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2003.

BURIGO, T. et al., Efeito bifidogênico do frutooligossacarídeo na microbiota intestinal de pacientes com neoplasia hematológica. **Revista de Nutrição**, v.20, n.5, p.491-497, set./out. 2007.

BURITI, F.C.A. **Desenvolvimento de queijo fresco cremoso simbiótico** (tese). São Paulo: Universidade de São Paulo; 2005.

CACCIARI, E.; BALSAMO, A.; CASSIO, A.; PIAZZI, S.; BERNARDI, F.; SALARDI, F. Neonatal screening for congenital adrenal hyperplasia. **Archives for Disease in Childhood**, v.58, p.803-806, 1983.

CANTUÁRIA, C.M.; RIBEIRO, S.C.A.; RIBEIRO, C.F.A.; PARK, K.J.; ARAÚJO, E.A.F. Perfil sensorial de pães de forma enriquecidos com okara. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.2, p.111-120, 2008.

CAMPOS, M. B. Sucralose: A Revolução em Adoçantes, **Food Ingredients**, n.19, v.4, 2002.

CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Análise da aceitação de aguardentes de cana por testes afetivos e mapa de preferência interno. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 32-36, 2000.

CARDELLO, H.M.A.B.; DA SILVA, M.A.A.P.; DAMÁSIO, M.H.; LOBÃO, F. Programa sistema de coleta de dados tempo-intensidade – SCDTI. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 37, suplemento, p.54-62, 2003.

CASSOL, C.A. et al. **Perfil Clínico dos Membros da Associação de Celíacos do Brasil – regional de Santa Catarina (ACELBRA-SC)**. Vol.44, n.3 São Paulo: Arq. Gastroenterol, jul./set. 2007.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **Tecnologia da panificação**. Editora Manolé. 1ª ed. 2009. 417p.

CAVALLINI, D.C.U.; BOLINI, H.M.A. Comparação da percepção temporal de doçura, amargor e sabor de fruta em suco de manga reconstituído e adoçando com sacarose, mistura ciclamato/sacarina 2:1, aspartame, sucralose e estévia. **Boletim CEPPA**, Curitiba, PR, v. 23, n. 2, p. 361-382, jul./dez. 2005.

CHAND, N.; MIHAS, A.A. Celiac disease: current concepts in diagnosis and treatment. **Journal of Clinical Gastroenterology**, v.40, p.3-14, 2006.

CORAZZA, G.R.; VALENTINI, R.A.; ANDREANI, M.L. Subclinical coeliac disease is a frequent cause of iron-deficiency anaemia. **Scandinavian Journal of Gastroenterology**, v.30, p.153-156, 1995.

CORRAO, G.; CORAZZA, G.R.; BAGNARDI, V.; et al. Mortality in patients with coeliac disease and their relatives: A short study. **Lancet**, v.358, p.356-361, 2001.

COSTA FILHO, P.A. **Algoritmo genético na seleção de variáveis em calibração multivariada de dados espectroscópicos**. 1998. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, São Paulo.

DICKE, W.; WEIJERS, H.; VAN DER KAMER, J. Coeliac disease. II. The presence in wheat of a factor having a deleterious effect in causes of coeliac disease. **Acta Paediatrica**, v.42, p.34-42, 1953.

EL-DASH, A.A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.55, n.4, p.436-446, 1978.

FARIA, J. B.; CARDELLO, H.M.A.B. Análise tempo-intensidade de características sensoriais de aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.33, n.1, p. 27-34, 1999.

FASANO, A.; CATASSI, C. Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: an evolving spectrum. **Gastroenterology**, v.120, n.3, p.636–651, fev., 2001.  
FASANO et al., 2003

FERREIRA, S.M.R. **Controle da qualidade em sistemas de alimentação coletiva I**. São Paulo: Varela, 2002. 173p.

FERRI, L.A.; ALVES-DO-PRADO, W.; YAMADA, S.S.; GAZOLA, S.; BATISTA, M.R.; BAZOTTE, R.B. Investigation of the antihypertensive effect of oral crude stevioside in patients with mild essential hypertension. **Phytotherapy Research**, v.20, n.9, p.732-736. 2006.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T.R.; ARENDT, E.K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends Food Science and Technology**, v.15, n.3-4, p.143–152, 2004.

GEE, S. On the celiac affection. **St. Bartholomew's Hosp Rep**, v.24, p.17-20, 1888.

GIBSON, G. R. Fibre and effects on probiotics (the prebiotics concept). **Clinical Nutrition Supplements**, v.1, p. 25-31, 2004.

GIESE, J. Color measurement in foods as a quality parameter. **Food Technology**, Chicago, v. 54, n. 2, p.62-63, 2000.

GIOIELLI, L.A.; LANNES, S.C.S., Análise do perfil de textura de chocolates comerciais tipo cobertura. **Anais do Congresso y Exposicion Latinoamericano sobre Procesamiento de Grasas y Aceite**, Campinas, v.6, p.235-239, 1995.

GISLEINE, E.C.; ABDOL, H.A.; CLAUDIO, C.A. Investigation of the tolerability of oral stevioside in Brazilian hyperlipidemic patients. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.49, p.583-587. 2006.



GOBBI, G.; BOUQUET, F.; GRECO, L.; LAMBERTINI, A.; TASSINARI, C.A.; VENTURA, A.; ZANIBONI, M.G. Coeliac disease, epilepsy, and cerebral calcifications. **Lancet**, v.340, p.439-443, 1992.

GREEN, P.H.; FLEISCHAUER, A.T.; BHAGAT, G.; GOYAL, R.; JABRI, B.; NEUGUT, A.I. Risk of malignancy in patients with coeliac disease. **American Journal of Medicine**, v.115, p.191-195, 2003.

GREGERSEN, S. Anti hyperglycemic effect of stevioside in type 2 diabetic subjects. **Metabolism**, v.53, p.73-76, 2004.

GROLL, A.; CANDY, D.C.; PREECE, M.A. Short stature as the primary manifestation of coeliac disease. **Lancet**, v.2, p.1097-1099, 1980.

GUJRAL, S.G.; ROSELL, C.M. Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase, **Food Research International**, v.37, n.1, p. 75-81, 2004.

GUTKOSKI, L.C.; BREHM, C.M.; SANTOS, E.; MEZZOMO, N. Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.460-467, jul.-set. 2005.

HALL, N.J.; RUBIN, G.; CHARNOCK, A. Systematic review: adherence to a gluten-free diet in adult patients with celiac disease. **Alimentary Pharmacology and Therapeutics**, v.30, p.315-330, 2009.

HALLERT, C.; SEDVALL, G. Improvement in central monoamine metabolism in adult coeliac patients starting a gluten-free diet. **Psychological Medicine**, v.13, p.267-271, 1983.

HALLERT, C.; GRANNO, C.; HULTEN, S.; et al. Living with coeliac disease: controlled study of the burden of illness. **Scandinavian Journal of Gastroenterology**, v.37, p.39-42, 2002.

HALLFRISCH, J. Metabolic effects of dietary fructose. **The FASEB Journal**, v.4, n.9, p.2652-2660, 1990.

HAULY, M.C.O.; MOSCATTO, J.A. Inulina e Oligofrutose: uma revisão sobre as propriedades funcionais, efeitos prebióticos e importância na indústria de alimentos. **Semina: Ciências exatas e tecnológicas**, Londrina, v.23, n.1, p.105-118, dez., 2002.

HIGGINBOTHAM, J. D. Recent developments in non-nutritive sweeteners. In: GREMBY, T. H.; PARKER, K. J.; LINDLEY, M. G. **Developments in sweeteners-2**. London: Applied Science. Publ., 1983, p.119-55.

HOLMES, G.K.; PRIOR, P.; LANE, M.R.; POPE, D.; ALLAN, R.N. Malignancy in coeliac disease, effect of a gluten free diet. **Gut**, v.30, p.333-338, 1989.

HOSONO, A.; OZAWA, A.; KATO, R.; OHNISHI, Y.; NAKANISHI, Y.; KIMURA, T.; NAKAMURA, R. Dietary fructooligosaccharides induce immunoregulation of intestinal IgA secretion by Murine Peyer's Patch Cells. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v.67, n.4, p.758-764, 2003.

KAUR, N.; GUPTA, A.K. **Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition**. Department of Biochemistry and Chemistry, Punjab Agricultural University, Ludhiana, Índia, 2002.

KEMPPAINEN, T.K.; KROGER, H.; JANATUINEN, E.; et al. Bone recovery after a gluten-free diet: a 5-year follow-up study. **Bone**, v.25, p.355-360, 1999.

KERZICNIK, L.; STENDELL, N.; McMUNY, M.; HAGAN, D. Food characteristics of recipes using stevia sweetener – a proposed herbal sugar substitute. **Journal of the American Dietetic Association**, v.99, p.A29, 1999.

KORUS, J.; GRZELAK, K.; ACHREMOWICZ, K.; SABAT, R. Influence of prebiotic additions on the quality of gluten-free bread and on content of inulin and fructooligosaccharides. **Food Science and Technology International**, v.12, n.6, p.489-495, 2006.

KOTZE, L.M.S. Gynecologic and obstetric findings related to nutritional status and adherence to a gluten-free diet in Brazilian patients with coeliac disease. **Journal of Clinical Gastroenterology**, v.38, p.567-574, 2004.

KRUGER, M.; BROWN, K.; COLLET, G.; LAYTON, L.; CHOLLUM, L. The effect of fructooligosaccharides with various degrees of polymerization on calcium bioavailability in the growing rat. **Experimental Biology and Medicine**, Basel, v.228, n.6, p.683-688, 2003.

KUNACHOWICZ, H.; NADOLNA, I.; KLYS, W.; IWANOW, K.; KRUSZEWSKA, B. **Produkty bezglutenowe, skład i wartosc odzywcza**. Warszawa: Instytut Zywnosci I Zywienia, pp.7-19, 1995.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices.** Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999. 827p.

LECEA, L.; CRIADO, J.R.; PROSPERO-GARCIA, O.; GAUTVIK, K.M.; SCHWEITZER, P.; DANIELSON, P.E.; DUNLOP, C.L.; SIGGINS, G.R.; HENDRIKSEN, S.J.; SUTCLIFFE, J.G. A cortical neuropeptide with neuronal depressant and sleep-modulating properties. **Nature**, v.381, p.242–245, 1996.

LEE, W.E.; PANGBORN, R.M. Time-intensity: the temporal aspects of sensory perception. **Food Technology**, v. 40, n. 1, p.71-82, 1986.

LEITE, J.T.C.; PARK, K.J.; RAMALHO, J.R.P.; FURLAN, D.M. Caracterização reológica das diferentes fases de extrato de inulina de raízes de chicória, obtidas por abaixamento de temperatura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.202-210, jan./abr. 2004.

MAITI, R.K.; PUROHIT, S.S. Relative sweetness. In: **Stevia- A Miracle Plant for Human Health.** Jodhpur: Agrobios India, p. 64. 2008.

MANSO, J. et al. Bienzyme amperometric biosensor using gold nanoparticle-modified electrodes for the determination of inulin in foods. **Analytical Biochemistry**, v. 375, p. 345-353, 2008.

MARTINS, C.L.S.; GANDOLFI, L.; TAUIL, P.L.; PICANÇO, M.A.R.; ARAUJO, M.O.G.; PRATESI, R. Doença celíaca e infertilidade feminina: associação frequentemente negligenciada. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v.28, n.10, p.601-606, 2006.

MATUDA, T. G. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento: otimização do uso de aditivos.** 2004, 142p. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2004.

MC GOUGH, N.; CUMMINGS, J.H. Coeliac disease: a diverse clinical syndrome caused by intolerance of wheat, barley and rye. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.64, p.434-450, 2005.

MESSERCHMIDT, I. **Análise quantitativa por espectroscopia no infravermelho médio empregando técnicas de reflectância e calibração multivariada.** 1999. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, São Paulo.

MIDHAGEN, G.; HALLERT, C. High rate of gastrointestinal symptoms in celiac patients living on a gluten-free diet: controlled study. **American Journal of Gastroenterology**, v.98, p.2023-2026, 2003.

MINIM, V.P.R.; MACHADO, P.T.; CANAVESI, E.; PIROZI, M.R. Perfil sensorial e aceitabilidade de diferentes formulações de pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.2, p.428-433, mai.-aug. 2000.

MINIM, V.P.R.; DELLA LUCIA, S.M.; CARNEIRO, J.D.S. Análise sensorial de alimentos. In: MINIM, V.P.R. **Análise sensorial: estudo com consumidores**. Viçosa: Editora UFV, 1ª ed, p.14-49, 2006.

MINIM, V.P.R. **Análise sensorial: estudo com consumidores**. Viçosa: Editora UFV, 1ª ed, p.14-49, 2006.

MISRA, S.; AMENT, M.E. Diagnosis of coeliac sprue in 1994. **Gastroenterology Clinics of North America**, v.24, n.1, p.133-143, 1995.

MONTEIRO, M. A. M. **Caracterização da bebida de café (*Coffea arabica* L.): análise descritiva quantitativa, análise tempo-intensidade e testes afetivos**. Viçosa, 2002. 158 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa - UFV.

MONTIJANO, H.; TOMÁS-BARBERÁN, A.; BORREGO, F. Propiedades tecnológicas y regulación de los edulcorantes de alta intensidad en la Unión Europea. **Food Science and Technology International**, v. 4, n. 1, p. 5-16, 1998.

MUÑOZ, A.M.; CHAMBERS, I.V.; HUMMER, S.A. Multifaceted Category Study :How to Understand a Product Category and its Consumer Responses. **Journal of Sensory Studies**, v.11,p. 261-294, 1996.

NABORS, L. B.; GELARDI, R. C. **Alternative Sweeteners**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1991. 461p.

NAKAMURA, Y.; NOSAKA, S.; SUZUKI, M.; NAGAFUCHI, S.; TAKAHASHI, T.; YAJIMA, T.; TAKENOUCI-OHKUBO, N.; IWASE, T.; MORO, I. Dietary fructooligosaccharides up-regulate immunoglobulin A response and polymeric immunoglobulin receptor expression in intestines of infant mice. **Clinical and Experimental Immunology**, v.137, p.52-58, 2004.

NEVEN, E. Inulina e oligofrutose: ingredientes multifuncionais para o desenvolvimento de produtos lácteos. **Revista Leite e Derivados**, v. 61, p. 32-37, 2001.

NIEWINSKI, M.M .Advances in celiac disease and gluten-free diet. **Journal of the American Dietetic Association.**, v.108, n.4, p.661-672, 2008.

OJETTI, V.; NUCERA, G.; MIGNECO, A.; GABRIELLI, M.; LAURITANO, C.; DANESE, S.; ZOCCO, M.A.; NISTA, E.C.; CAMMAROTA, G.; DE LORENZO, A.; GASBARRINI, G.; GASBARRINI, A. High prevalence of celiac disease in patients with lactose intolerance. **Digestion**, v.71, p.106-110, 2005.

PALANCA, V.; RODRIGUEZ, E.; SEÑORÁNS, J.; REGLERO, G. Bases científicas para El desarrollo de productos cárnicos funcionales com actividad biológica combinada. **Nutrición Hospitalaria**, v.21, n.2, p.199-202, 2006.

PASSOS, L.M.L.; PARK, Y.K. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.385-390, 2003.

PAULLEY, J.W. Observations on the aetiology of idiopathic steatorrhea; jejuna and lymph-node biopsies. **British Medical Journal**, 1954

PAVELEY, W.F. From Arateus to Crosby: a history of celiac disease. **British Medical Journal**, v.297, p.24-31,1988.

PIETZAK, M.M. Follow-up of patients with celiac disease: achieving compliance with treatment. **Gastroenterology**, v.128, p.S135–S141, 2005.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLUCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais:** introdução às principais substâncias bioativas em alimentos. São Paulo: Varela, 2005. 95 p.

PROPAN - Programa de Apoio à Panificação. **Perfil da Panificação**. Disponível em: <<http://www.propan.com.br/institucional.php?idcat=9>>. Acesso em: 19 de novembro de 2010.

QUERA, R.P.; QUIGLEY, E.; MADRID, A.M.S. El rol de los prebioticos, probioticos y simbióticos em gastroenterología. **Acta Gastroenterologica Latinoamericana**, v.16, n.3, p.218-228, 2005.

REIG, A.L.C.; ANESTO, J.B. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. **Revista Cubana de Alimentación y Nutrición**, v.16, n.1, p.63-68, 2002.

RENHE, I.R.T.; VOLP, A.C.P.; BARBOSA, K.B.F.; STRINGHETA, P.C. Prebióticos e os benefícios de seu consumo na saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v.23, n.2, p.119-126, 2008.

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

ROBERT, C. et al. Effect of variety and harvest date on pectin extracted from chicory roots (*Cichorium intybus* L.). **Food Chemistry**, v. 108, p. 1008-1018, 2008.

ROCHA, L.G.; ALMEIDA, J.R.G.S.; MACEDO, R.O.; BARBOSA-FILHO, J.M. A review of natural products with antileishmanial activity. **Phytomedicine**, v.12, p.514-535, 2005.

ROLIM, P.M.; SALGADO, S.M.; PADILHA, V.M.; LIVERA, A.V.S.; GUERRA, N.B.; ANDRADE, S.A.C. Análise de componentes principais de pães de forma formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 012-017, jan/fev, 2010.

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

ROSTOM, A.; MURRAY, J.A.; KAGNOFF, M.F. American Gastroenterological Association (AGA) Institute technical review on the diagnosis and management of celiac disease. **Gastroenterology**, v.131, n.6, p.1981-2002, 2006.

RUMESSEN, J.J. Fructose and related food carbohydrates. **Scandinavian Journal of Gastroenterology**, v.27, n.10, p.819-828, 1992.

SAHELIAN, R.; GATES, D. Cooking with stevia. In: **The Stevia Cook Book** - Cooking With Nature's Calorie Free Sweetener. USA: Avery Penguin Putnam Inc., p. 50. 1999.

SALES, R.L.; VOLP, A.C.P.; BARBOSA, K.B.F.; DANTAS, M.I.S.; DUARTE, H.S.; MINIM, V.P.R. Mapa de preferência de sorvetes ricos em fibras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, p.27-31, 2008.

SANCHEZ, H.D.; OSELLA, C.A.; TORRE, M.A. Use of response surface methodology to optimize gluten-free bread fortified with soy flour and dry milk. **Food Science and Technology International**, v.10, p.5-9, 2004.

SANGEETHA, P.T.; RAMESHA, M.N.; PRAPULLA, S.G. Recent trends in the microbial production, analysis and application of fructooligosaccharides. **Trends in Food Science & Technology**, v.16, p.442-457, 2005.

SAVITA, S.M.; SHEELA, K.; SHARAN, S.; SHANKAR, A.G.; PARAMA, R.; SRINIVASAKEY, M. Health implications of stevia rebaudiana. **Journal of Human Ecology**, v.15, p.191-94, 2004.

SGARBIERI, V.C.; PACHECO, M.T.B. Revisão: alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.2, n.1-2, p.7-19, 1999.

SHER, K.S.; MAYBERRY, J.F. Female fertility, obstetric and gynaecological history in celiac disease: a case control study. **Acta Paediatrica**, v.412, p.76-77, 1996.

SILVA, E.N. **Probióticos e prebióticos na alimentação de aves**. In: Anais Conferência APINCO 2000 de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000; Campinas, 2000. p.241-51.

SILVA, M.R.; GARCIA, G.K.S.; FERREIRA, H.F. Caracterização química, física e avaliação da aceitação de pão de queijo com baixo teor energético. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.14, n.1, p. 69-75, 2003.

SILVA, K.R.; RODRIGUES, S.A.; XAVIER FILHO, L.; LIMA, A.S. Antimicrobial activity of broth fermented with kefir grains. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.152, p.316-325, 2008.

SINISCALCHI, M.; IOVINO, P.; TORTORA, R. Fatigue in adult coeliac disease. **Alimentary Pharmacology and Therapeutics**, v.22, p.489-94, 2005.

SOEJARTO, D.D. et al., Potential sweetening agents of plants origin. **Journal of Natural Products**, v.45, p.590-599, 1982.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory Evaluation Practices**. 3.ed. (Food science and technology. International series). Elsevier Academic Press, 2004. 377p.

SUZUKI, T.; HARA, H. Various non-digestible saccharides open a paracellular calcium transport pathway with the induction of intracellular calcium signaling in human intestinal caco-2 cells. **Journal of Nutrition**, v.134, p.1935-1941, 2004.

THOMPSON, T. Folate, iron and dietary fiber contents of the gluten-free diet. **Journal of the American Dietetic Association**, v.100, p.1389-1396, 2000.

TOMOMATSU, H. Health effects of oligosaccharides. **Food Technology**, Tanashi, v.8, p.61-65, 1994.

TORBICA, A.; HADNADEV, M.; DAPCEVIC, T. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. **Food Hydrocolloids**, v.24, p.626-632, 2010.

TORRES, M.; LOPEZ, M.; RIOS, A. New aspects in celiac disease. **World Journal of Gastroenterology**, v.13, n.8, p.1156-1161. 2007.

TUOHY, K.M.; ROUZAUD, G.C.M.; BRUCK, W.M.; GIBSON, G.R. Modulation of the Human Gut Microflora Towards Improved Health Using Prebiotics. **Assessment of Efficacy Current Pharmaceutical Design**, v.11, p.75-90, 2005.

URGELL, M.R.; ORLEANS, A.S.; SEUMA, M.R.P. La importancia de los ingredientes funcionales em lãs leches y cereales infantiles. **Nutrición Hospitalaria**, Madrid, v.20, n.2, p.135-146, mar.-abr. 2005.

VENTURA, A. Coeliac disease and autoimmunity. In: LOHINIEMI, S.; COLLIN, P.; MÄKI, M., eds. **Changing features of coeliac disease**. Tampere, s.n., p.67-72, 1999.

VITORIA, J.C.; CASTAÑO, L.; RICA, I.; BILBAO, J.R.; ARRIETA, A.; GARCÍA MASDEVALL, M.D. Association of insulin-dependent diabetes mellitus and celiac disease: a study based on serologic markers. **Journal of Pediatric Gastroenterology Nutrition**, v.27, p.47-52, 1998.

VON BLOMBERG, B.M.E.; MEARIN, M.L.; HOUWEN, R.H.J.; PEÑA, A.S. Serological assays for dignosing coeliac disease. **Pediátrika**, v.16, p.367, 1996.

WALKER-SMITH, J.; MURCH, S. Coeliac disease. In: WALKER-SMITH, J.; MURCH, S. **Diseases of the small intestine in childhood**. 4.ed. Oxford: Isis Medical Media, 1999. p.235-277.

WALTER, T. O pão aceita um desafio “prebiótico”. **Food Ingredients**, v.41, p.1-60, 2006.

WELLS, A. G. The use of intense sweeteners in soft drinks. In: GREMBY, T.H. **Progress in sweeteners**. New York: Elsevier Applies Science, 1989. p.121-142.



WHITAKER, J.K.H.; WEST, J.; HOLMES, G.K.T.; LOGAN, R.F.A. Patients perceptions of the burden of living with coeliac disease and its treatment in the UK. **Gut**, v.53, n.6, p.195, 2004.

WIET, S.; BEYTS, P.K. Sensory characteristics of sucralose and other high intensity sweeteners. **Journal of Food Science**, Chicago, v.57, n.4, p.1014-1019, 1992.

WILLIAMSON, D.; MARSH, M.N. Celiac disease. **Molecular Biotechnology**, v.22, n.3, p.293-299, nov. 2002.

YUN, J.W. Fructooligosaccharides-Ocurrence, preparation and application. **Enzyme and Microbial Technology**, v.19, p.107-117, 1996.



Estudo da adição de prebióticos na qualidade física e sensorial do pão de forma sem glúten



## RESUMO

O pão sem glúten é um produto que se torna cada dia mais consumido no Brasil e nos mercados internacionais, devido ao maior número de pacientes celíacos e/ou intolerantes ao glúten diagnosticados. A incorporação de ingredientes funcionais e nutricionais que não alterem as suas propriedades físicas e sensoriais, e que tragam benefícios à saúde do consumidor, se torna de grande importância, pois possibilita aumentar a qualidade do produto e ampliar sua comercialização. O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da adição de prebióticos, inulina e frutooligossacarídeos, nas concentrações de 1, 2 e 4%, em pães de forma sem glúten, nas suas propriedades físicas e sensoriais. Os pães de forma sem glúten foram avaliados quanto às suas propriedades físicas (volume específico, textura e cor) e aceitação sensorial (aparência, sabor, aroma, maciez, cor do miolo e impressão global). As amostras apresentaram diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) entre as concentrações de inulina e frutooligossacarídeos (FOS) adicionadas. O volume específico aumentou com o aumento da adição tanto de inulina quanto de FOS e variou de 2,71 a 4,43  $\text{cm}^3/\text{g}$  entre as amostras com adição de inulina, e de 2,89 a 4,91  $\text{cm}^3/\text{g}$  entre as amostras com adição de FOS. Com o aumento da concentração dos prebióticos houve redução dos parâmetros de firmeza, mastigabilidade e elasticidade, que caracterizam a textura dos pães. As amostras dos pães se apresentaram na região do amarelo e com valores do parâmetro  $L^*$  acima de 65, caracterizando-as como amostras claras. A adição de 2% de inulina e 2% de FOS apresentou boa aceitação e maior intenção de compra pelos consumidores, sendo estas as concentrações escolhidas para a realização dos demais estudos.

**Palavras-chave:** pão sem glúten; aceitação; prebióticos.

**ABSTRACT**

The gluten-free bread is a product that presently becomes increasingly consumed in Brazil and in international markets due to the growing number of diagnosed celiac and/or gluten intolerant patients. The incorporation of functional and nutritional ingredients which do not alter its physical and sensorial properties and which bring health benefits to consumer is of great importance, as it expands not only the product quality but also its commercialization opportunities. The aim of this work was to study the effects of the incorporation of prebiotics (inulin and fructooligosaccharides) concentrations of 1%, 2% and 4%, to gluten-free breads, on its physical and sensory properties. The gluten-free breads were evaluated as to their physical (specific volume, texture and color) and sensory (appearance, taste, flavor, softness, crumb color and overall impression) properties. The added concentrations of inulin and fructooligosaccharides were statistically different ( $p < 0.05$ ). The specific volume increased with the addition of both inulin and FOS, and ranged from 2.71 to 4.43  $\text{cm}^3/\text{g}$  among the samples added with inulin, and from 2.89 to 4.91  $\text{cm}^3/\text{g}$  between samples with the addition of FOS. For the texture, with the increase of prebiotics concentration, the parameters of firmness, chewiness and elasticity, decreased. The bread samples were presented in the region of yellow, and the values of  $L^*$  parameter above 65, characterizing them as clear samples. The addition of 2% inulin and 2% FOS had good acceptance and greater purchase intent by consumers. These concentrations were chosen to perform future studies.

**Key-words:** gluten-free bread; acceptance; prebiotics.

## 1. INTRODUÇÃO

Devido ao seu amplo consumo enquanto fonte de carboidratos, o pão revela-se um alimento que pode ser enriquecido com subprodutos para fornecimento de nutrientes ou componentes especiais, caracterizando-o como um alimento funcional. Os componentes da fibra alimentar desempenham papel fisiológico muito importante na regulação do funcionamento do trato gastrintestinal, assim como no controle e/ou prevenção de algumas doenças crônicas não transmissíveis, despertando interesse crescente em pesquisas relacionadas às fibras dos alimentos. Concentrações significativas de fibras podem ser adicionadas ao pão para que este possa ser considerado um alimento fonte de fibras e apresente propriedades benéficas à saúde do consumidor (WANG et al., 2002).

A atenção mundial que tem sido dada à saúde vem refletindo também nos hábitos alimentares de toda a população. Produtos mais saudáveis e com alegações de propriedades funcionais e/ou de saúde ganham destaques nas pesquisas, no desenvolvimento de novos produtos e nos supermercados. Os prebióticos se enquadram como aditivos funcionais com ampla aplicação nos mais diversos produtos, e com várias alegações de saúde (RENHE et al., 2008).

Um prebiótico é um ingrediente alimentício não digerível, que afeta benéficamente o hospedeiro, estimulando seletivamente o crescimento e/ou a atividade das bactérias no cólon. Prebióticos como os frutanos, inulina e frutooligossacarídeos (FOS), estão sendo utilizados na sua forma isolada ou através de alimentos fonte, como ingrediente alimentício, por razões nutricionais e tecnológicas (URGELL et al., 2005; QUERA et al., 2005).

Alguns efeitos atribuídos aos prebióticos são a modulação de funções fisiológicas chaves, como a absorção de cálcio e, possivelmente, o metabolismo lipídico, a modulação da composição da microbiota intestinal, a qual exerce um papel primordial na fisiologia gastrointestinal, e a redução do risco de câncer de cólon (ROBERFROID, 2002). Os efeitos que os prebióticos desempenham no organismo estão relacionados ao processo fermentativo no cólon, como o crescimento de bactérias não patogênicas produtoras de ácidos graxos de cadeia curta que podem interferir no metabolismo lipídico (MEIER e LOCHS, 2007). Demais benefícios são a baixa cariogenicidade, aumento da absorção de cálcio, magnésio e ferro, estimulação da produção de vitaminas do complexo B e regularização da função intestinal (ROBERFROID, 2005).

Entre as substâncias prebióticas, destacam-se a lactulose, o lactitol, o xilitol, a inulina, e alguns oligossacarídeos não digeríveis, como por exemplo, os frutooligossacarídeos (FOS). Os FOS são os principais oligossacarídeos reconhecidos e utilizados em alimentos, aos quais se atribuem propriedades prebióticas. Estão presentes como compostos de reserva energética em mais de 36 mil espécies de vegetais, muitos dos quais utilizados na alimentação humana. As principais fontes de FOS incluem trigo, cebola, banana, alcachofra, alho e raízes de chicória (STEFE et al., 2008).

Os FOS possuem características que permitem sua aplicação tecnológica na fabricação de diversos tipos de alimentos. Apresentam cerca de 1/3 do poder adoçante da sacarose, maior solubilidade que sacarose, não cristalizam, não precipitam e não deixam sensação de secura ou areia na boca. Devido a essas características, os FOS podem ser usados em formulações de sorvetes e sobremesas lácteas, em formulações para diabéticos, em biscoitos e produtos de panificação, substituindo carboidratos e gerando produtos de teor reduzido de açúcar, em barras de cereais, produtos de confeitaria, etc (PASSOS e PARK, 2003).



Entre as propriedades prebióticas, existe um consenso de que os FOS modificam o habitat intestinal, causando aumento no volume fecal e normalização da frequência fecal; aumentando a proliferação de bactérias e/ou a atividade do número de bifidobactérias e bactérias ácido lácticas no intestino humano (GERMAN et al., 1999). Segundo Rodríguez et al. (2006), os FOS podem também exercer efeitos benéficos na prevenção e no tratamento de doenças crônicas não transmissíveis.

A inulina é um carboidrato de reserva naturalmente presente em mais de 30.000 vegetais, formado por uma cadeia de moléculas de frutose e uma molécula de glicose terminal. Dentre esses produtos, as raízes de chicória (*Cichorium intybus*) e de alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus*) se destacam para a sua produção em escala industrial (SILVA, 1996).

A inulina pode ser utilizada em produtos de panificação e produtos de cereais (LEITE et al., 2004) no sentido de controle de umidade, baseado em sua capacidade de ligação de água, aumentando a vida de prateleira do produto e controle da viscosidade em massas com baixos teores de gorduras (OLIVEIRA et al., 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físicas (volume, firmeza, mastigabilidade, elasticidade, e valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e sensoriais (aparência, sabor, aroma, maciez, cor do miolo e impressão global) de pães de forma sem glúten com adição de prebióticos (inulina e frutooligossacarídeos (FOS)), em diferentes concentrações.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido na empresa “Sabor de Saúde”, no Laboratório Central (UNICAMP/FEA/DEPAN) e no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos (UNICAMP/FEA/DEPAN).

### 2.1. Material

Foram produzidos pães de forma sem glúten contendo diferentes concentrações dos prebióticos frutooligossacarídeos (FOS) e inulina.

#### 2.1.1. Ingredientes para a formulação dos pães

Farinha de arroz, fécula de batata, fécula de mandioca, polvilho azedo, frutose, ovo, óleo de palma orgânico, água, sal marinho e fermento biológico seco. Estes ingredientes foram obtidos no comércio local da cidade de São Paulo – SP.

Foram testadas as concentrações de 1, 2 e 4% de cada prebiótico nas formulações. Os prebióticos utilizados foram:

- Inulina (Orafti (Beneo)<sup>®</sup> GR, Clariant Brasil).
- Frutooligossacarídeos (Nutraflora<sup>®</sup> P95, Corn Products Brasil).

### 2.2. Métodos

Os pães foram produzidos, e as formulações desenvolvidas em empresa do ramo de alimentação funcional, especializada em fabricação de produtos sem glúten, sem leite e sem açúcar, situada na cidade de São Paulo – SP.

### 2.2.1. Elaboração dos pães sem glúten

Os ingredientes com as respectivas proporções para fabricação dos pães de forma sem glúten estão demonstrados na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1.** Proporção dos ingredientes nas diferentes formulações dos pães sem glúten.

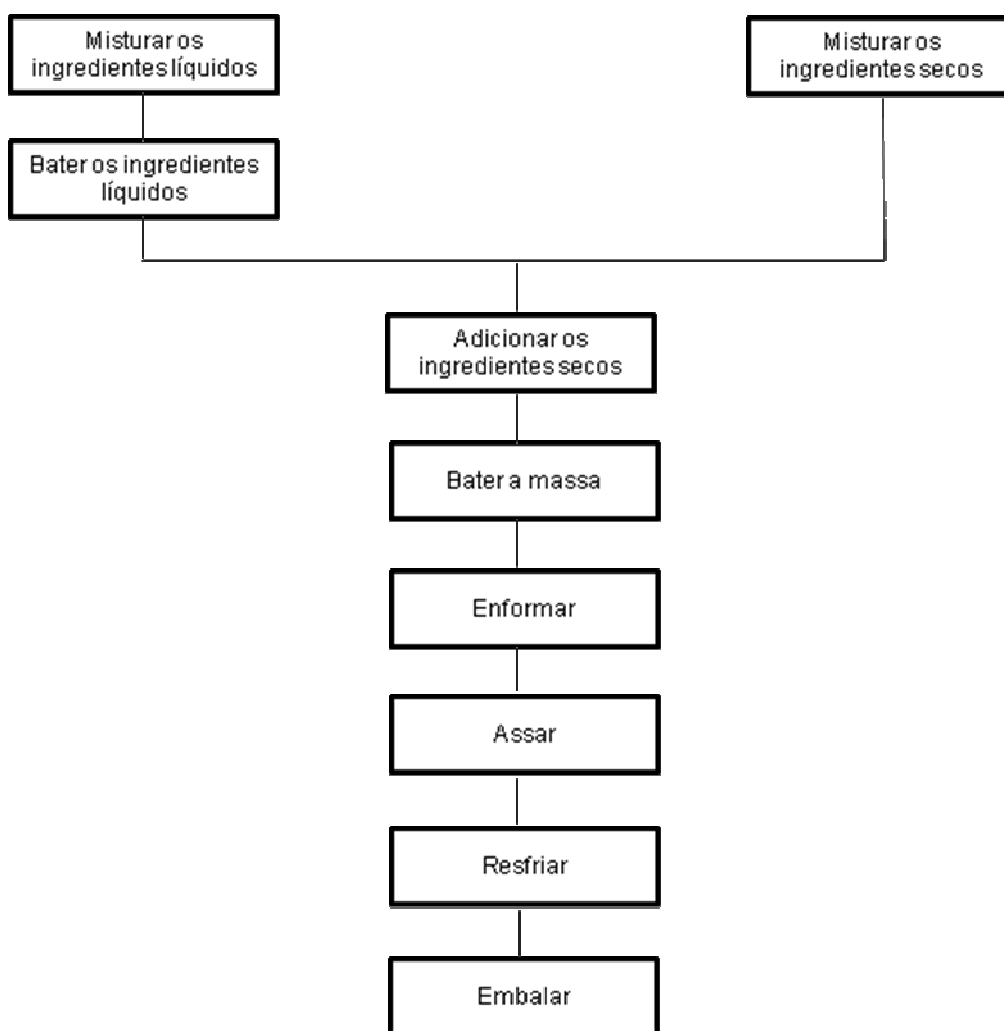
Ingredientes	Formulações					
	A	B	C	D	E	F
Farinha de arroz	180 g	180 g	180 g	180 g	180 g	180 g
Fécula de batata	40 g	40 g	40 g	40 g	40 g	40 g
Fécula de mandioca	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g
Polvilho azedo	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g
Frutose	0	0	0	0	0	0
Ovo (unidade)	2	2	2	2	2	2
Óleo de palma orgânico	30 mL	30 mL	30 mL	30 mL	30 mL	30 mL
Água	240 mL	240 mL	240 mL	240 mL	240 mL	240 mL
Sal marinho	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g
Fermento biológico seco	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g
Inulina	3 g	6 g	12 g	0	0	0
Frutooligossacarídeos (FOS)	0	0	0	3 g	6 g	12 g

As formulações foram produzidas de acordo com o fluxograma de produção da empresa, apresentado a seguir (Figura 2.1).

Em uma batedeira planetária, os ingredientes líquidos (ovo, óleo e água) foram misturados, utilizando água morna para ativar o fermento instantâneo. Em uma bacia foram misturados os ingredientes secos na seguinte sequência: primeiro a farinha de arroz, fécula de batata, fécula de mandioca e fermento; adicionou-se o prebiótico e, por fim, o sal e polvilho, misturando todos os ingredientes secos.

Em seguida, os ingredientes secos foram transferidos para a batedeira e misturados aos ingredientes líquidos. Os ingredientes foram batidos em velocidade média

por 10 minutos. As massas foram boleadas e inseridas em formas de 25 cm x 10 cm x 10 cm e levadas ao forno pré-aquecido, a uma temperatura de 180°C e assados por 30 minutos. Após serem retirados do forno, os pães foram desenformados e esperou-se cerca de 2 horas para o resfriamento. Os pães foram embalados, em embalagens plásticas à vácuo e armazenados congelados em freezer.



**Figura 2.1.** Fluxograma de produção dos pães de forma sem glúten.

### **2.2.2. Preparo das amostras**

Para a realização das análises físicas, as amostras congeladas foram preparadas no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos (UNICAMP/FEA/DEPAN) de acordo com as recomendações da empresa. As amostras de pão de forma sem glúten foram aquecidas em forno convencional, pré-aquecido, a uma temperatura de 180°C por 3 minutos, conforme recomendações contidas na embalagem dos produtos.

Para a realização das análises sensoriais, as amostras foram preparadas no Laboratório da empresa Sabor de Saúde.

### **2.2.3. Caracterização física**

As análises de caracterização física foram realizadas no Laboratório Central do Departamento de Alimentos e Nutrição (UNICAMP/FEA), sendo que as amostras de pão de forma sem glúten foram avaliadas em quatro repetições.

#### **2.2.3.1. Volume específico**

O volume das amostras de pão de forma sem glúten foi determinado e obtido em  $\text{cm}^3$  pelo método de deslocamento de sementes de painço (EL-DASH et al., 1982) em proveta graduada de 2 litros. Para o cálculo de volume específico a massa foi pesada em balança semi-analítica, utilizando-se a relação volume/peso em  $\text{cm}^3/\text{g}$ .

#### **2.2.3.2. Textura**

O perfil de textura do miolo dos pães de forma sem glúten foi determinado por método instrumental, utilizando o texturômetro TA-XT2, da Stable Micro Systems, por meio de um software denominado "Texture Expert for Windows". Foram avaliados os

parâmetros de firmeza, mastigabilidade e elasticidade. Os testes foram realizados sob as seguintes condições:

- Probe: cilíndrico, alumínio, 35 mm de diâmetro;
- Velocidade do pré-teste: 2,0 mm/s;
- Velocidade do teste: 1,0 mm/s;
- Velocidade do pós-teste: 5,0 mm/s;
- Compressão: 40% da espessura total.

#### **2.2.3.3. Cor**

A cor do miolo das amostras de pão de forma sem glúten foi determinada de acordo com o sistema CIELab. Foram avaliados os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  da cor, em espectrofotômetro, modelo Color Quest II, marca Hunter Lab, considerando os seguintes parâmetros de operação: ângulo  $10^\circ$ , iluminante D65 e modo de calibração RSIN (MINOLTA, 1994).

#### **2.2.4. Delineamento experimental**

O planejamento experimental foi elaborado segundo o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por três concentrações do prebiótico inulina (1, 2 e 4%) e três concentrações do prebiótico frutooligossacarídeo (1, 2 e 4%).

Os valores máximos e mínimos das concentrações dos prebióticos (FOS e inulina) foram definidos de acordo com concentrações estudadas e recomendadas por Korus et al. (2006) e, também, de acordo com os fabricantes/distribuidores dos prebióticos.

Os cálculos para verificar o efeito das variáveis independentes foram realizados utilizando-se o *Software Sisvar* 5.0 (FERREIRA, 2000). Os resultados obtidos foram analisados utilizando-se da análise de variância (ANOVA), e, os valores médios das concentrações de prebiótico foram comparados pelo teste de Tukey (5%).

### **2.2.5. Análise sensorial**

As amostras foram servidas aos assessores em cabines individuais do Laboratório da Empresa Sabor de Saúde, situada na cidade de São Paulo, SP, avaliados sob luz branca e temperatura ambiente, permitindo desta forma, conforto e individualidade aos assessores.

A apresentação das amostras foi feita em pratos plásticos brancos descartáveis, codificados aleatoriamente com algarismos de três dígitos, acompanhados de água a temperatura ambiente, sendo que cada assessor recebeu uma fatia de cada amostra. Para a avaliação do aroma a apresentação das amostras foi feita em copinhos plásticos brancos descartáveis, fechados com papel alumínio, contendo  $\frac{1}{4}$  da fatia de cada amostra.

#### **2.2.5.1. Teste afetivo**

As seis formulações de pão de forma sem glúten adicionadas de prebióticos foram avaliadas sensorialmente por 30 assessores não treinados, com idade entre 20-60 anos, consumidores potenciais do produto, sendo estes, celíacos ou parentes de portadores da doença celíaca, consumidores assíduos dos produtos fabricados pela empresa.

Os testes de aceitação foram realizados utilizando ficha de avaliação (Figura 2.2) por meio de escala não estruturada de 9 cm, para os atributos aparência, sabor, aroma, maciez, cor do miolo e impressão global.

TESTE DE ACEITAÇÃO	
Provador: _____ Idade: _____ Data: _____	
Amostra: _____	
1. Por favor, observe a amostra e utilize a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou dos atributos abaixo:	
Aparência	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
Sabor	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
Aroma	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
Maciez	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
Cor do miolo	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
Impressão global	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
2. Se esta amostra estivesse à venda, qual seria sua atitude?	
<input type="checkbox"/> Certamente não compraria <input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria <input type="checkbox"/> Tenho dúvida se compraria ou não <input type="checkbox"/> Provavelmente compraria <input type="checkbox"/> Certamente compraria	

**Figura 2.2.** Ficha de avaliação do teste de aceitação de pão de forma sem glúten.



Para complementar os resultados de aceitação do produto, foi questionada a intenção de compra em relação a cada amostra, utilizando-se de procedimento descrito por Meilgaard et al. (1987).

As amostras foram apresentadas aos assessores de forma monádica e o delineamento experimental foi de blocos completos balanceados (MacFIE, 1989).

#### **2.2.5.1.1. Análise estatística**

Os resultados dos testes de aceitação foram avaliados utilizando análise estatística univariada (análise de variância - ANOVA) adequada para os experimentos em blocos casualizados, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de *Tukey* (no nível de 5% de significância).

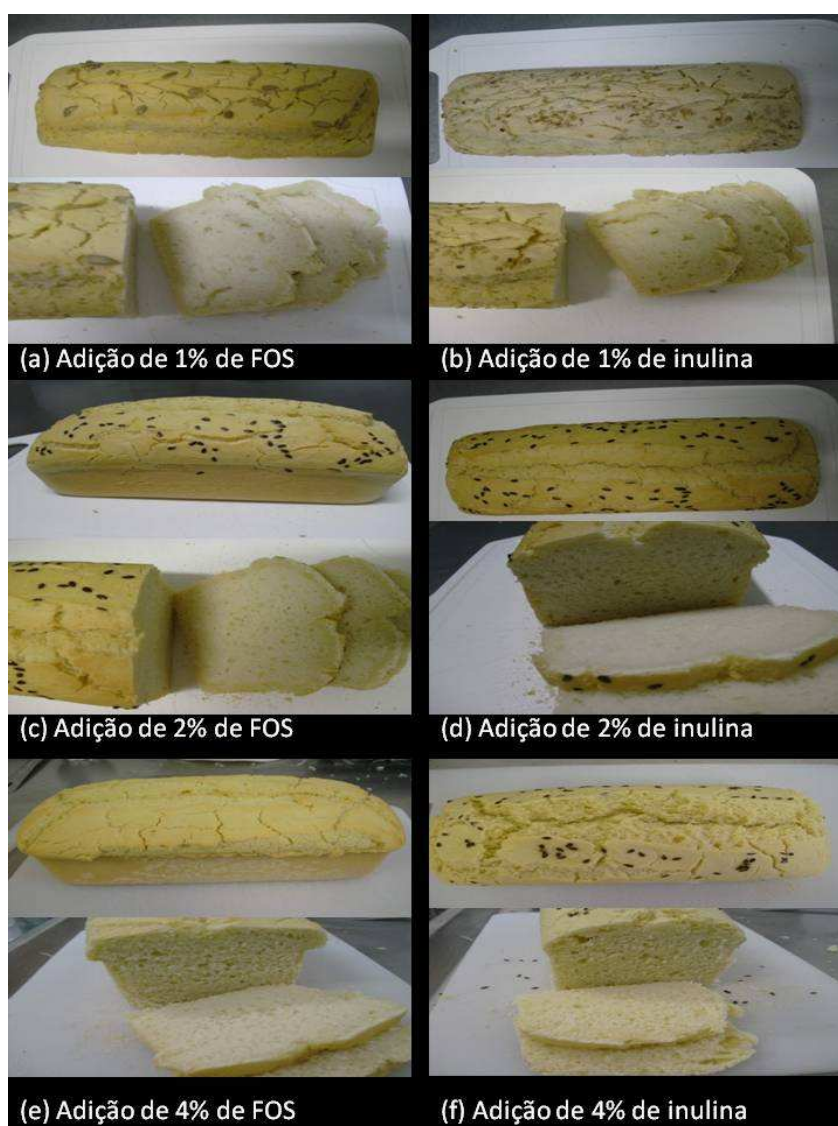
Todos os cálculos estatísticos foram realizados utilizando-se o programa *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2008).

Para os resultados obtidos a partir do teste de intenção de compra dos consumidores foi realizado um histograma de frequência de cada amostra. O programa estatístico utilizado foi *Windows Excel*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Formulação dos pães sem glúten

As seis formulações dos pães de forma sem glúten utilizadas para o estudo da adição de três diferentes concentrações dos prebióticos inulina e frutooligossacarídeos, nas propriedades físicas e sensoriais dos pães de forma sem glúten, apresentam-se na Figura 3.1.



**Figura 3.1.** Seis diferentes formulações de pães de forma sem glúten com adição de prebióticos (inulina e FOS) nas concentrações de 1, 2 e 4%.

### 3.2. Caracterização física dos pães de forma sem glúten

As Tabelas 3.1 a 3.6 apresentam os valores médios das características físicas analisadas nos pães de forma sem glúten com adição dos prebióticos inulina e frutooligossacarídeos (FOS). Verificaram-se efeitos significativos ( $p < 0,05$ ) das concentrações dos dois prebióticos sobre as características de volume específico, parâmetros associados à textura e coloração do miolo dos pães.

#### 3.2.1. Volume específico

A seguir encontram-se as Tabelas 3.1 e 3.2 com os valores médios de volume específico dos pães de forma sem glúten com adição dos prebióticos inulina e frutooligossacarídeos (FOS), respectivamente.

**Tabela 3.1** – Médias de volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) de pães de forma sem glúten com adição de inulina.

Inulina (%)	Médias de volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )
1	2,71 <sup>c</sup>
2	3,07 <sup>b</sup>
4	4,43 <sup>a</sup>

Médias seguidas por letras iguais em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabelas 3.2** – Médias de volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) de pães de forma sem glúten com adição de frutooligossacarídeos (FOS).

FOS (%)	Médias de volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )
1	2,89 <sup>c</sup>
2	3,70 <sup>b</sup>
4	4,91 <sup>a</sup>

Médias seguidas por letras iguais em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Observa-se um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) no volume específico, tanto com o aumento na concentração de inulina quanto de FOS. Os valores médios obtidos para o

volume específico foram semelhantes para os pães com adição de prebióticos nas mesmas concentrações. De acordo com Hopek et al. (2006), o aumento no volume dos pães pode estar relacionado à maior quantidade de açúcares fermentescíveis disponíveis pelos prebióticos.

De acordo com Figoni (2008), os açúcares, quando dissolvidos na massa, interferem na coagulação de proteínas e na gelatinização do amido. O autor relata que a adição de açúcares diminui a atividade de água da massa, o que prejudica a formação da estrutura, podendo afetar o volume.

Com a adição de 4% dos prebióticos observou-se um aumento acentuado no volume dos pães. No entanto, este crescimento foi indesejado, visto que, após o forneamento, os pães atingiram volume maior que o padrão estabelecido pela empresa, chegando a transbordar um pouco da forma dos pães.

Segundo Esteller e Lannes (2005), o volume específico mostra claramente a relação entre o teor de sólidos e a fração de ar existente na massa assada. Pães com volumes específicos baixos (embatumados) apresentam aspecto desagradável ao consumidor, e estão associados com alto teor de umidade, falhas no batimento e cocção, pouca aeração, difícil mastigação, sabor impróprio e baixa conservação.

Gutkoski et al. (2005) afirmaram que o volume específico representa, com bastante precisão, a variação de volume dos pães elaborados em diferentes tratamentos. O volume específico médio encontrado por estes autores, para pães de forma com 100% de farinha de trigo foi de  $4,41 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$ , enquanto que o valor de  $4,42 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$  foi encontrado por Soares Junior et al. (2008), em estudo de pães de forma com diferentes níveis de

substituição de farinha de trigo por farelo de arroz torrado, valores estes próximos aos encontrados no presente trabalho.

Estudo realizado com adição de farinha de “okara” (resíduo do leite de soja) para substituição da farinha de trigo em pães de forma mostrou que a adição desta farinha reduziu o volume específico dos pães (SILVA et al., 2009). Os autores relataram que os pães apresentaram valores médios de 5,41, 4,96, 4,76 e 2,97  $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  de volume específico, com a adição de 0, 5, 10 e 15% de farinha de “okara”, respectivamente. Estes valores se encontram próximo e alguns mais altos que os encontrados com a adição de inulina e frutooligossacarídeos (FOS).

Pelos resultados obtidos, evidencia-se que a elaboração de pães de forma sem glúten com adição de diferentes teores de inulina e frutooligossacarídeos fornece volumes próximos aos de pães de forma sem adição de prebióticos, sendo possível a elaboração destes pães com teores de prebióticos que beneficiem a saúde do consumidor.

### **3.2.2. Textura**

De acordo com Lassoued et al. (2008), a textura pode ser definida como um conjunto de características físicas que provém dos elementos estruturais dos alimentos. Estas características, ou parâmetros de textura, são quantificados por meio das análises de textura, que podem ser sensoriais ou instrumentais. No caso do pão de forma, a textura apresenta-se como um importante indicador de frescor e qualidade para o consumidor, sendo um fator imprescindível para a aceitabilidade do produto no mercado.

A seguir apresentam-se as Tabelas 3.3 e 3.4 com os valores médios de firmeza, mastigabilidade e elasticidade dos pães de forma sem glúten com adição dos prebióticos inulina e frutooligossacarídeos (FOS), respectivamente.

**Tabela 3.3** – Médias de firmeza, mastigabilidade e elasticidade do miolo de pães de forma sem glúten com adição de inulina.

Inulina (%)	Parâmetros de textura		
	Firmeza (N)	Mastigabilidade (N.m)	Elasticidade (m)
1	3,1975 <sup>a</sup>	5,950 <sup>a</sup>	0,010625 <sup>a</sup>
2	2,7625 <sup>b</sup>	5,575 <sup>b</sup>	0,010125 <sup>b</sup>
4	2,3925 <sup>c</sup>	5,275 <sup>c</sup>	0,009850 <sup>c</sup>

Médias seguidas por letras iguais em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 3.4** – Médias de firmeza, mastigabilidade e elasticidade do miolo de pães de forma sem glúten com adição de frutooligossacarídeos (FOS).

FOS (%)	Parâmetros de textura		
	Firmeza (N)	Mastigabilidade (N.m)	Elasticidade (m)
1	2,4925 <sup>a</sup>	5,500 <sup>a</sup>	0,010200 <sup>a</sup>
2	2,2950 <sup>b</sup>	5,025 <sup>b</sup>	0,009800 <sup>b</sup>
4	2,1950 <sup>c</sup>	4,800 <sup>c</sup>	0,009625 <sup>b</sup>

Médias seguidas por letras iguais em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Observa-se que ocorreu uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) nos parâmetros de firmeza, mastigabilidade e elasticidade, tanto com o aumento das concentrações de inulina quanto de FOS. Este comportamento de diminuição dos parâmetros associados à textura pode ser considerado como uma característica positiva para os pães de forma, pois, sendo a firmeza, a força necessária para produzir certa deformação, e a mastigabilidade, a energia requerida para mastigar um alimento até a deglutição (Esteller et al., 2004), a diminuição destes parâmetros leva à produção de pães menos embatumados e com aspecto agradável aos consumidores.

De acordo com Silva et al. (2009), a diminuição destes parâmetros com a adição de prebióticos provavelmente está relacionada com o aumento do volume específico dos pães. Segundo os autores há uma relação inversa entre volume específico e firmeza, o que foi comprovado neste estudo.

Esteller e Lannes (2008) relataram que a adição de farinha de centeio promoveu um aumento de 0,61 N na dureza de pães de forma. Segundo os autores, muitos fatores contribuem para as alterações na textura dos pães, como a quantidade de água na massa, diferenças na capacidade de retenção de umidade da farinha e, principalmente, a redução no conteúdo de proteínas na formulação do pão.

Foi encontrado valor médio de firmeza de 3,1 N, para pães de forma sem glúten (Demirkesen et al., 2010) à base de arroz, valor este, próximo ao apresentado neste estudo, com adição de 1% de inulina.

### **3.2.3. Cor instrumental do miolo dos pães**

Segundo Esteller e Lannes (2008), a cor é uma importante característica para produtos de panificação, pois, junto com a textura e o aroma, contribui para a preferência do consumidor. É um atributo que depende da característica físico-química da massa e das condições de operação aplicadas durante o forneamento.

De acordo com Rolim (2008), o parâmetro  $L^*$  está associado à luminosidade das amostras e pode variar de 0 a 100, sendo que os valores mais altos de  $L^*$  (próximos de 100) caracterizam as amostras mais claras, e os menores valores de  $L^*$  (menores que 50) caracterizam amostras mais escuras. A coordenada cromática  $a^*$  está associada à dimensão verde-vermelho; valores positivos de  $a^*$  indicam amostras na região do vermelho, valores negativos de  $a^*$  indicam amostras na região do verde. A coordenada cromática  $b^*$  está associada à dimensão azul-amarelo; valores positivos de  $b^*$  indicam amostras na região do amarelo, e valores negativos de  $b^*$  indicam amostras na região do azul.

A seguir apresentam-se as Tabelas 3.5 e 3.6 com os valores médios dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , do miolo dos pães de forma sem glúten com adição dos prebióticos inulina e frutooligossacarídeos (FOS), respectivamente.

**Tabela 3.5** – Médias dos parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , do miolo de pães de forma sem glúten com adição de inulina.

Inulina (%)	Parâmetros		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1	80,68 <sup>a</sup>	-1,862 <sup>c</sup>	+18,332 <sup>c</sup>
2	79,96 <sup>a</sup>	-1,800 <sup>b</sup>	+19,282 <sup>b</sup>
4	77,65 <sup>b</sup>	-1,710 <sup>a</sup>	+19,918 <sup>a</sup>

Médias seguidas por letras iguais em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 3.6** – Médias dos parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , do miolo de pães de forma sem glúten com adição de frutooligossacarídeos (FOS).

FOS (%)	Parâmetros		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1	73,18 <sup>a</sup>	-1,762 <sup>b</sup>	+21,422 <sup>c</sup>
2	72,14 <sup>a</sup>	-1,710 <sup>b</sup>	+22,395 <sup>b</sup>
4	69,26 <sup>b</sup>	-1,645 <sup>a</sup>	+24,015 <sup>a</sup>

Médias seguidas por letras iguais em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Observa-se que ocorreu uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) no parâmetro  $L^*$ , com o aumento das concentrações, tanto de inulina quanto de FOS. Para os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ , com o aumento das concentrações de inulina e FOS, os valores destes apresentaram um aumento significativo ( $p < 0,05$ ).

As amostras dos pães se apresentaram com valores do parâmetro  $L^*$  acima de 50 ( $L > 50$ ), caracterizando-se como amostras claras. Pode-se observar que a amostra com adição de 4% de FOS apresentou valor de  $L^*$  menor que as demais amostras, indicando que esta amostra foi significativamente ( $p < 0,05$ ) mais escura, o que resultou, provavelmente, da maior concentração de FOS adicionada. Apesar de não ter sido



realizada análise da coordenada de cromaticidade  $L^*$  para o FOS, visivelmente pode-se perceber que sua coloração tende a ser mais amarelada.

De acordo com Esteller et al. (2006), a presença de açúcares na formulação acelera reações de caramelização e Maillard, levando ao escurecimento progressivo da crosta e miolo, o que pode ser explicado pelo aumento da concentração de prebióticos adicionados, visto que estes são considerados açúcares não convencionais que apresentam pequenas quantidades de açúcares livres (ROBERFROID, 2007).

Miñarro et al. (2010) avaliaram a influência de proteína unicelular sobre as características do pão sem glúten. Segundo os autores, os pães contendo proteínas unicelulares ficaram mais escuros que a mesma fórmula sem este ingrediente, devido à própria cor da proteína ( $L^*=65$ ,  $a^*=6$ , e  $b^*=21$ ). O valor de  $L^*$  se aproxima do encontrado com a adição de 4% de FOS, assim como o valor de  $b^*$  está próximo aos valores encontrados com adição de FOS e de 4% de inulina. Já o valor de  $a^*$  se difere bastante do encontrado com adição dos prebióticos.

De acordo com Gomez et al. (2003) a cor do miolo é geralmente semelhante à cor das fibras, já que o miolo não atinge temperaturas tão altas como a crosta. Kent (1987) afirma que a cor do miolo é afetada diretamente pelas características da farinha. Estes comportamentos foram observados, pois tanto a farinha de arroz quanto os prebióticos utilizados possuem coloração bastante clara. Sabanis et al. (2009) obtiveram valores de  $L^*$  variando de 73,29 a 80,08,  $a^*$  variando de -2,36 a -0,55, e  $b^*$  variando de -0,22 a 12,72, no estudo da utilização de fibra de cereais em diferentes formulações de pães sem glúten.

O pão de forma sem glúten com adição de 1% de inulina apresentou, na coordenada cromática  $a^*$ , valor inferior às outras amostras de pães, diferindo

estatisticamente ( $p < 0,05$ ) das demais e mostrando que sua intensidade para o verde foi mais acentuada. Observa-se que com o aumento na concentração de prebióticos, tanto de inulina quanto de FOS, houve aumento significativo ( $p < 0,05$ ) do parâmetro  $b^*$ , caracterizando as amostras como amareladas, uma vez que seus valores foram positivos.

Demirkesen et al. (2010) encontraram valores de  $L^*$  menores para pães sem glúten produzidos com farinha de castanha/arroz, e valores de  $a^*$  e  $b^*$  maiores que os encontrados com a adição de prebióticos neste estudo. A cor original da farinha de castanha apresenta efeito sobre o escurecimento do pão, assim como a farinha de arroz utilizada na elaboração dos pães apresenta efeito na coloração clara dos pães com adição de prebióticos.

### **3.3. Análise sensorial dos pães de forma sem glúten**

#### **3.3.1. Análise de aceitação**

As características sensoriais dos pães de forma são de fundamental importância para a sua aceitação pelos consumidores e, conseqüentemente, para a sua comercialização (HEENAN et al., 2008).

Na Tabela 3.7 estão apresentados os valores médios da aceitação dos pães de forma sem glúten com adição de inulina em três diferentes concentrações, em relação aos atributos sensoriais: aparência, sabor, aroma, maciez, cor do miolo e impressão global. Os resultados demonstram que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os pães com diferentes percentagens de adição de inulina em relação à aparência, sabor, maciez e impressão global.

**Tabela 3.7** – Médias das notas do teste de aceitação com 30 consumidores, para as amostras de pão de forma sem glúten com adição de inulina nas concentrações de 1%, 2% e 4%.

Inulina (concentração)	Aparência	Sabor	Aroma	Maciez	Cor do miolo	Impressão global
1%	7,27 <sup>b</sup>	7,22 <sup>b</sup>	7,17 <sup>a</sup>	6,54 <sup>b</sup>	6,36 <sup>a</sup>	2,58 <sup>c</sup>
2%	7,89 <sup>a</sup>	7,66 <sup>a</sup>	7,22 <sup>a</sup>	7,26 <sup>a</sup>	6,34 <sup>a</sup>	8,07 <sup>a</sup>
4%	2,72 <sup>c</sup>	2,23 <sup>c</sup>	7,38 <sup>a</sup>	5,70 <sup>c</sup>	6,45 <sup>a</sup>	4,82 <sup>b</sup>

Médias seguidas por letras iguais em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A adição de 4% de inulina alterou significativamente ( $p < 0,05$ ) os atributos de aparência, sabor e maciez, que apresentaram menores notas em relação às demais concentrações. O sabor apresentou nota muito baixa, provavelmente devido ao sabor residual de remédio, comentado pelos assessores. Os pães com adição de inulina nesta concentração cresceram muito, e a superfície da crosta ficou rachada, o que deve ter levado a não aceitação pelos assessores em relação à aparência.

Para os atributos sensoriais de aroma e cor do miolo não houve diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) entre as concentrações de inulina adicionadas. A adição de 2% de inulina promoveu maior aceitação em relação às demais, nos atributos aparência, sabor e maciez, refletindo em uma maior aceitação na impressão global.

Na Tabela 3.8 encontram-se as médias de aceitação dos pães de forma sem glúten com adição de frutooligossacarídeos (FOS) em três diferentes concentrações, em relação aos atributos sensoriais: aparência, sabor, aroma, maciez, cor do miolo e impressão global. Os resultados demonstram que houve diferença significativa entre os pães com diferentes percentagens de adição de FOS quanto à aparência, sabor, maciez e impressão global, assim como apresentado entre as diferentes concentrações de inulina.

**Tabela 3.8** – Médias das notas do teste de aceitação com 30 consumidores, para as amostras de pães de forma sem glúten com adição de FOS nas concentrações de 1%, 2% e 4%.

FOS (concentração)	Aparência	Sabor	Aroma	Maciez	Cor do miolo	Impressão global
1%	4,75 <sup>c</sup>	5,58 <sup>c</sup>	7,32 <sup>a</sup>	3,74 <sup>c</sup>	7,09 <sup>a</sup>	3,16 <sup>b</sup>
2%	7,10 <sup>b</sup>	7,50 <sup>b</sup>	7,30 <sup>a</sup>	7,45 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>	7,91 <sup>a</sup>
4%	7,81 <sup>a</sup>	7,84 <sup>a</sup>	7,40 <sup>a</sup>	6,82 <sup>b</sup>	7,24 <sup>a</sup>	7,85 <sup>a</sup>

Médias seguidas por letras iguais em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

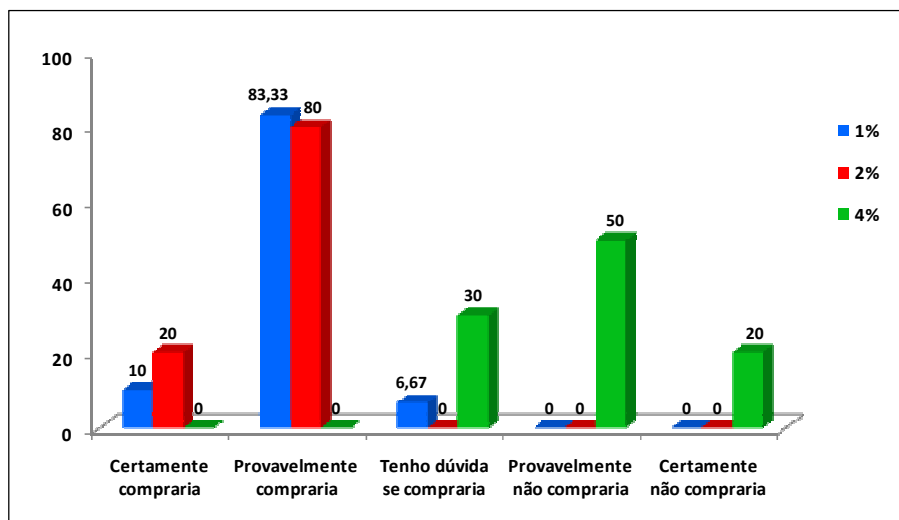
A adição de 1% de FOS nos pães de forma sem glúten alterou significativamente ( $p < 0,05$ ) os atributos de aparência, sabor, maciez e impressão global, apresentando menores pontuações em relação às demais concentrações. Os atributos de aparência, maciez e impressão global foram menos aceitos pelos consumidores, devido, provavelmente, ao seu pouco crescimento durante o forneamento. Os pães com adição de 1% de FOS cresceram pouco, resultando em uma aparência não característica de pão de forma. De acordo com comentários dos assessores, o sabor ficou com residual amargo e a textura se apresentou com alta adesividade.

Em relação aos atributos de aroma e cor do miolo, não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as concentrações de FOS. Os pães de forma sem glúten, adicionados com 2% de FOS, apresentaram maior média de aceitação em relação à impressão global, porém esta não diferiu estatisticamente dos pães com adição de 4%. Em relação à maciez, a adição de 2% foi a mais aceita entre os consumidores. Já para os atributos de aparência e sabor, a concentração de 4% foi a mais aceita pelos consumidores, se diferenciando estatisticamente das demais concentrações.

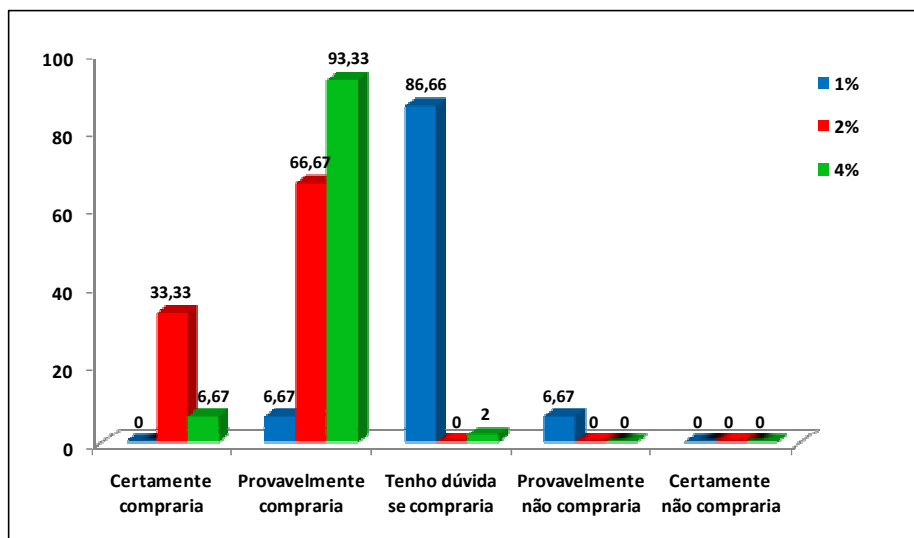
### 3.3.2. Teste de intenção de compra

As Figuras 3.2 e 3.3 apresentam os resultados para intenção de compra dos pães de forma sem glúten com adição dos prebióticos inulina e FOS, respectivamente, nas

concentrações de 1, 2 e 4%. Foi utilizada escala estruturada de cinco pontos, variando de “certamente não compraria” a “certamente compraria”.



**Figura 3.2** – Frequencia da intenção de compra de pães de forma sem glúten com adição de inulina nas concentrações de 1, 2 e 4%.



**Figura 3.3** – Frequencia da intenção de compra de pães de forma sem glúten com adição de frutooligosacarídeos (FOS) nas concentrações de 1, 2 e 4%.

De acordo com a avaliação das amostras de pães de forma sem glúten com adição de inulina pode-se observar, na Figura 3.2, que a amostra adicionada com 2% apresentou a maior intenção de compra, pois 20% dos consumidores certamente comprariam esta amostra e 80% provavelmente comprariam.

A amostra que apresentou menor intenção de compra entre os consumidores foi a com adição de 4% de inulina. Esta amostra não foi bem aceita pelos consumidores. 30% destes apresentaram dúvida em relação à intenção de compra, 50% provavelmente não comprariam e 20% dos consumidores certamente não comprariam.

A adição de 1% de inulina nos pães de forma sem glúten apresentou boa aceitação em relação à intenção de compra, pois 10% dos consumidores certamente comprariam, 83,33% provavelmente comprariam, e 6,67% apresentaram dúvida em relação à intenção de compra desta amostra.

Os resultados da intenção de compra dos pães de forma sem glúten com adição de inulina vão de encontro aos obtidos no teste de aceitação.

De acordo com a Figura 3.3 observa-se que a amostra de pão de forma sem glúten com adição de 2% de FOS obteve maior intenção de compra, visto que 33,33% dos consumidores certamente comprariam e 66,67% dos consumidores provavelmente comprariam. Nenhum consumidor apresentou dúvida em relação a intenção de compra desta amostra.

A amostra de pão de forma sem glúten com adição de 4% de FOS obteve boa aceitação entre os consumidores, sendo que 6,67% destes certamente comprariam e 93,33% provavelmente comprariam esta amostra. Também para esta amostra, nenhum consumidor apresentou dúvida em relação a intenção de compra.

A amostra que apresentou menor intenção de compra foi a com adição de 1% de FOS, em que 6,67% dos consumidores provavelmente comprariam, 86,66 apresentaram dúvida em relação a compra desta amostra, e 6,67% provavelmente não comprariam.

Observa-se que os resultados da intenção de compra dos pães de forma sem glúten com adição de FOS também corroboram ao verificado no teste de aceitação.

Escouto e Cereda (2000) obtiveram uma aceitabilidade de 86,22% e intenção de compra de 92,25% para pão sem glúten com adição de derivados de mandioca.

#### 4. CONCLUSÕES

O volume específico dos pães de forma sem glúten aumentou com o aumento da concentração de 1 para 4%, tanto de inulina quanto de frutooligossacarídeos (FOS).

O aumento na concentração dos prebióticos levou a uma redução nos parâmetros de firmeza, mastigabilidade e elasticidade, que caracterizaram a textura dos pães.

As amostras dos pães de forma sem glúten com adição de prebióticos se apresentaram na região do amarelo e com valores do parâmetro  $L^*$  acima de 65, caracterizando-se como amostras claras.

A adição de 2% de inulina e 2% de FOS apresentou boa aceitação e maior intenção de compra pelos consumidores.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEMIRKESEN, I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties of gluten-free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, v.96, n.2, p.295-303, jan. 2010.

EL-DASH, A.A. Standardized mixing and fermentation procedures for experiments baking test. **Cereal Chemistry**, v.55, n.336, p.436-446, 1978.

ESCOUTO, L.F.S.; CEREDA, M.P. **Development of the breadmaking product at basis of cassava driving at the hypersensitive at the gluten**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na agricultura) – Botucatu - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2000, 139p.

ESTELLER, M. S.; AMARAL, R. L.; LANNES, S. C. S. Effect of sugar and fat replacers and the texture of braked goods. **Journal of Texture Studies**, USA, v.35, n.4, p.383-393, 2004.

ESTELLER, M.S.; LANNES, S.C.S. Production and characterization of sponge-dough bread using scaled rye. **Journal of Texture Studies**, v.39, n.1, p.56-67, feb. 2008.

FERREIRA, C.L.L.F. Tecnologia para produtos lácteos funcionais: probióticos. In: PORTUGAL, J.A.B.; CASTRO, M.C.D.; SILVA, P.H.F.; SAVINO, A.C.; NEVES, B.S.; ARCURI, E.F. **O agronegócio do leite e os alimentos lácteos funcionais**. Juiz de Fora: EPAMIG – Centro Tecnológico – ILCT, 2001. Cap.4, p.183-203.

FERREIRA, D.F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA/DEX, 2000. 69p.

FIGONI, P. **How Baking Works**: Exploring the Fundamentals of Baking Science. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008. 243 p.

GERMAN, B.; SCHIFFRIN, E.J.; RENIERO, R.; MOLLET, B.; PFEIFER, A. NEESER, J.R. The development of functional foods: lessons from the gut. **Trends in Biotechnology**, v.17, n.12, p.492-499, dec. 1999.

GOMEZ, M; RONDA, F.; BLANCO, C.A.; CABALLERO, P.A.; APESTEGUIA, A. Effects of dietary fibre on dough rheology and Bread quality. **European Food Research and Technology**, v.216, n.1, p.51-56, jan. 2003.

GUTKOSKI, L.C.; BREHM, C.M.; SANTOS, E.; MEZZOMO, N. Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.460-467, jul.-set. 2005.

HEENAN, S.P.; DUFOUR, J.P.; HAMID, N.; HARVEY, W.; DELAHUNTY, C.M. The sensory quality of fresh bread: Descriptive attributes and consumer perceptions. **Food Research International**, v.41, p.989-997, 2008.

HOPEK, M.; ZIOBRO, R.; ACHREMOWICZ, B. Comparison of the effects of microbial  $\alpha$ -amylases and scalded flour on bread quality. **Acta Science**, Varsóvia, v.5, n.1, p.97-106, 2006.

KENT, N.L. **Tecnología de los cereales**. Zaragoza (España): Acribia, 1987.

KORUZ, J.; GRZELAK, K.; ACHREMOWIC, K.; SABAT, R. Influence of prebiotic additions on the quality of gluten-free Bread and on the content of inulin and fructooligosaccharides. **Food Science and Technology International**, v.12, n.6, p.489-495, 2006.

LASSOUED, N.; DELARUE, J.; LAUNAY, B.; MICHON, C. Baked product texture: correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. **Journal of Cereal Science**, London, v. 48, n. 1, p. 133-143, 2008.

LEITE, J.T.C.; PARK, K.J.; RAMALHO, J.R.P.; FURLAN, D.M. Caracterização reológica das diferentes fases de extrato de inulina de raízes de chicória, obtidas por abaixamento de temperatura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.202-210, jan.-abr. 2004.

MacFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effect in halls tests. **Journal of Sensory Studies**, v.4, n.2, p.129-148, 1989.

MEIER, R.; LOCHS, H. Pre and probiotics. **Ther Umsch (Therapeutische Umschau) Revue therapeutique.**, v.64, p.161-169, mar. 2007.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton: CRC Press, 1987. 281p.

MIÑARO, B.; NORMAHOMED, I.; GUAMIS, B.; CAPELLAS, M. Influence of unicellular protein on gluten-free bread characteristics. **European Food Research and Technology**, v.231, p.171-179, 2010.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation.** Osaka: MINOLTA Co. Ltd., 1994. 49 p.

OLIVEIRA, R.A.; PARK, K.J.; CHIORATO, M.; PARK, K.J.B.; NOGUEIRA, R.I. Otimização de extração de inulina de raízes de chicória. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.6, n.2, p.131-140, 2004.

ONYANGO, C.; MUTUNGI, C.; UNBEHEND, G.; LINDHAUER, M.G. Batter rheology and bread texture of sorghum-based gluten-free formulations modified with native or pregelatinised cassava starch and  $\alpha$ -amylase. **International Journal of Food Science & Technology**, v.45, p.1228-1235, 2010.

PASSOS, L.M.L.; PARK, Y.K. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.385-390, 2003.

QUERA, R.P.; QUIGLEY, E.; MADRID, A.M.S. El rol de los prebióticos, probióticos y simbióticos em gastroenterología. **Acta Gastroenterologica Latinoamericana**, v.16, n.3, p.218-228, 2005.

RENHE, I.R.T.; VOLP, A.C.P.; BARBOSA, K.B.F.; STRINGHETA, P.C. Prebióticos e os benefícios de seu consumo na saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v.23, n.2, p.119-126, 2008.

ROBERFROID, M. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**, v.34, suppl. 2, p.105-110, 2002.

ROBERFROID, M.B. Introducing inulin-type fructans. **British Journal of Nutrition**, v.93, n.1S, p.13-25, abr. 2005.

ROBERFROID, M. Prebiotics revisited. **Journal of Nutrition**, v.137, p.830-837, 2007.

RODRÍGUEZ, R.; JIMÉNEZ, A.; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v.17, n.1, p.3-15, jan. 2006.

ROLIM, P.M.; SALGADO, S.M.; PADILHA, V.M.; LIVERA, A.V.S.; GUERRA, N.B.; ANDRADE, S.A.C. Análise de componentes principais de pães de forma formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p.12-17, jan.-fev. 2010.

SABANIS, D.; LEBESI, D.; TZIA, C. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. **Food Science and Technology**, v.42, n.8, p.1380-1389, oct. 2009.

SAS Institute. **SAS user's guide**: statistics version 9. Cary (NC): Sas Institute Inc, 2008.

SILVA, R. F. Use of inulin as a natural texture modifier. **Cereal Foods World**. Saint Paul, v. 41, n. 10, p.792-795, 1996.

SILVA, L.H.; PAUCAR-MENACHO, L.M.; VICENTE, C.A.; SALLES, A.S.; STEEL, C.J. Desenvolvimento de pão de forma com a adição de farinha de "okara". **Brazilian Journal of Food Technology**, v.12, n.4, p.315-322, out./dez. 2009.

SOARES JUNIOR, M.S.; BASSINELLO, P.Z.; LACERDA, D.B.C.L.; KOAKUZU, S.N.; GEBIN, P.F.C.; JUNQUEIRA, T.L.; GOMES, V.A. Características físicas e tecnológicas de pães elaborados com farelo de arroz torrado. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.4, p.815-828, 2008.

STEFE, C.A.; ALVES, M.A.R.; RIBEIRO, R.L. Probióticos, prebióticos e simbióticos – artigo de revisão. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v.3, n.1, p.16-33, 2008.

TORBICA, A.; HADNADEV, M.; DAPCEVIC, T. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. **Food Hydrocolloids**, v.24, p.626-632, 2010.

URGELL, M.R.; ORLEANS, A.S.; SEUMA, M.R.P. La importancia de los ingredientes funcionales em lãs leches y cereales infantiles. **Nutrición Hospitalaria**, Madrid, v.20, n.2, p.135-146, mar.-abr. 2005.

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

Caracterização sensorial de pães de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes.



## RESUMO

O mercado gastronômico voltado aos consumidores que devem seguir uma dieta isenta de glúten tem testemunhado uma explosão de crescimento sem precedentes. Uma das principais razões é o aumento na taxa de diagnóstico da doença celíaca. Este aumento no número de consumidores celíacos tem despertado um maior interesse das indústrias de alimentos em pesquisa e desenvolvimento de produtos de substituição, que possam apresentar maior aceitação sensorial. O objetivo do presente estudo foi aplicar o método de perfil sensorial para seis amostras de pão de forma sem glúten, utilizando a metodologia de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e por meio de testes de aceitação com consumidores do produto, a fim de identificar os descritores sensoriais que melhor os caracterizam. Os pães sem glúten foram avaliados por 15 assessores celíacos treinados que identificaram 15 termos descritores para aparência, aroma, sabor e textura. O teste de aceitação foi realizado com 123 potenciais consumidores deste produto. Todos os atributos avaliados na ADQ apresentaram diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras. Os atributos sabor e cor do miolo apresentaram maior aceitabilidade pelos consumidores não celíacos; já os atributos aparência, aroma e maciez caracterizaram-se por baixas médias de aceitação. As variáveis mais significativas para discriminação entre as amostras foram cor da casca, aroma de fermento, doçura e textura de borracha.

**Palavras-chave:** análise descritiva quantitativa; doença celíaca; regressão por quadrados mínimos parciais.

**ABSTRACT**

The gastronomic market aimed at consumers who must follow a gluten-free diet has witnessed an explosion of unprecedented growth. A major reason is the increased rate of celiac disease diagnosis. This raise in celiac consumers has caused an interest growth of food companies in research and development of substitute products, which may exhibit higher sensory acceptability. The purpose of the present study was to apply the sensory profile method to the six gluten-free breads, using the Quantitative Descriptive Analysis (QDA) method and testing the consumer acceptance, in order to identify sensory descriptors that can best characterize these products. The gluten-free breads were evaluated by 15 trained celiac assessors who identified 15 descriptors for appearance, aroma, taste and texture. The acceptance test was performed with 123 potential consumers of these products. All attributes in the QDA were statistically significant ( $p < 0.05$ ) between samples. The attributes of taste and crumb color had the highest acceptability by the non-celiac consumers; however, appearance, aroma and softness were characterized by low average acceptance. The most significant variables for discriminating samples were crust color, yeast flavor, sweetness and rubber texture.

**Key-words:** quantitative descriptive analysis; celiac disease; partial least square regression.



## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente o consumidor tem dado preferência a produtos que apresentam altos padrões de qualidade. Produtos com boas características sensoriais (aparência, aroma, sabor e textura) são de grande importância na indústria de alimentos, pois contribuem para assegurar a liderança do produto no mercado. As técnicas disponíveis de análise sensorial permitem diagnosticar os tipos e causas dos defeitos na qualidade do produto, o que é fundamental para se definir medidas preventivas na produção, processamento e distribuição (MADRONA et al., 2009).

Mudanças no processamento e a crescente exigência do consumidor por alimentos com qualidade sensorial, nutricional e que tragam benefícios à saúde, incentivam o estudo de novos ingredientes para a indústria de alimentos, que possam atender essas exigências do mercado (IDRIS et al., 1996; MOSCATTO et al., 2004).

As indústrias de alimentos tem se preocupado com a fabricação de produtos destinados a públicos específicos como, por exemplo, para as pessoas portadoras de doenças como a doença celíaca e a diabetes.

A maior dificuldade na alimentação dos celíacos está no acesso aos produtos elaborados com substitutos da farinha de trigo e que apresentem características sensoriais favoráveis e agradáveis ao consumidor. É possível encontrar no mercado alguns produtos sem glúten desenvolvidos a partir de cereais como o arroz e tubérculos como a batata. Porém, por se tratarem de alimentos não produzidos em larga escala, agregam alto valor comercial tornando-os caros e inacessíveis às classes sociais menos favorecidas (RODRIGUES FERREIRA et al., 2009).

A análise sensorial é reconhecidamente um importante instrumento de determinação da viabilidade ou da aceitabilidade de um produto alimentício. Suas aplicações para a indústria são inúmeras, destacando-se, entre elas, o desenvolvimento e o melhoramento de produtos, o controle de qualidade, a estabilidade no armazenamento, a seleção de novas fontes de suprimentos, a elaboração de novos produtos e a redução de custos, entre outros. Por meio da análise sensorial é ainda possível medir, analisar e interpretar reações características dos alimentos e outros produtos quando estes são submetidos à percepção dos órgãos do sentido humano. Também por meio da análise sensorial pode-se prever ou não a viabilidade da adequação tecnológica utilizada na elaboração de um alimento (MODESTA, 2006).

O sucesso do alimento no mercado depende de seu desempenho junto ao consumidor. A determinação da aceitação e/ou preferência do produto se torna indispensável no processo de desenvolvimento de novos produtos, bem como no melhoramento de processos e na substituição de ingredientes (RODRIGUÉZ et al., 2003). O conhecimento das características de um produto tão consumido quanto o pão é essencial, visto que o melhoramento da qualidade do produto representa uma oportunidade de agregação de valor de mercado (WRIGLEY, 1994).

A análise descritiva quantitativa (ADQ) apresenta-se como uma metodologia que proporciona a obtenção de uma completa descrição de todas as propriedades sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de atributos importantes (LAWLESS e HEYMANN, 1999). Permite traçar o perfil sensorial dos produtos avaliados, e quando é associada ao estudo afetivo de consumidor, permite chegar-se a conclusões de extrema importância, como saber quais as características sensoriais e em que intensidade estão presentes nos produtos, mais ou menos aceitos pelos consumidores. Desta forma, é possível saber

exatamente quais atributos sensoriais devem ser atenuados, intensificados, suprimidos ou colocados em um produto para que ele possa apresentar as características desejadas pelos consumidores (STONE e SIDEL, 2004).

A análise sensorial geralmente enfrenta o problema de relacionar dados obtidos com base em diversas características que descrevem um produto. A identificação da relação entre as fontes, tais como informações sobre o produto, avaliação sensorial e atitude e preferência do consumidor é fundamental para o sucesso de uma análise. A Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (*Partial Least Squares (PLS) Regression*) é uma técnica recente, útil na análise de preferência do consumidor, que generaliza e combina características da análise de componentes principais (ACP) e regressão múltipla (ABDI, 2004).

A formulação de pães sem glúten apresenta um desafio tanto para os tecnólogos quanto para os padeiros. A maioria dos pães sem glúten, comercialmente disponíveis, é de qualidade inferior aos que contenham glúten. Eles também possuem uma vida de prateleira relativamente curta (GALLAGHER et al., 2004). Assim sendo, torna-se muito importante a produção e estudo de novos produtos sem glúten, com adição de valor nutritivo e ação prebiótica, além de baixo teor de açúcar, e que atendam às necessidades dos consumidores.

A identificação das características sensoriais mais relevantes para os pães sem glúten pode facilitar o desenvolvimento de novas formulações de produtos de panificação, que melhor interpretam a dimensão hedônica deste alvo, cada vez maior, de consumidores (PAGLIARINI et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar sensorialmente seis amostras de pão de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes utilizando a metodologia de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e avaliar a aceitação, bem como determinar os atributos sensoriais mais valorizados positiva e negativamente pelos consumidores, por meio da Correlação dos Quadrados Mínimos Parciais (*Partial Least Squares* – PLS).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi submetido e aceito pelo Comitê de Ética (FCM/UNICAMP) sob o nº 360/2010, seguindo as normas da Resolução nº196 de 10/10/1996 e suas complementares, descritas pelo CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa) e Conselho Nacional de Saúde (Brasília/DF). Todo o procedimento adotado nos testes foi esclarecido detalhadamente aos assessores que participaram das análises, concordando com o “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” (APÊNDICE).

### 2.1. Material

Foram avaliadas seis amostras de pão de forma sem glúten, sendo uma na versão tradicional, com adição de açúcar demerara, três amostras com adição de diferentes edulcorantes (sucralose, frutose e estévia), e duas amostras adicionadas de prebióticos (frutooligossacarídeos (FOS) e inulina). Os edulcorantes, açúcar e prebióticos utilizados foram:

- Açúcar demerara (Feira de orgânicos de São Paulo – SP);
- Sucralose (Linea® Sucralose);
- Frutose (Sunset®);
- Estévia (Stevia Plus);
- Frutooligossacarídeos (FOS) (Nutraflora® P95, Corn Products Brasil);
- Inulina (Orafti (Beneo)® GR, Clariant Brasil).

## 2.2. Métodos

Os pães foram produzidos, e as formulações desenvolvidas em empresa do ramo de alimentação funcional, especializada em fabricação de produtos sem glúten, sem leite e sem açúcar, situada na cidade de São Paulo – SP.

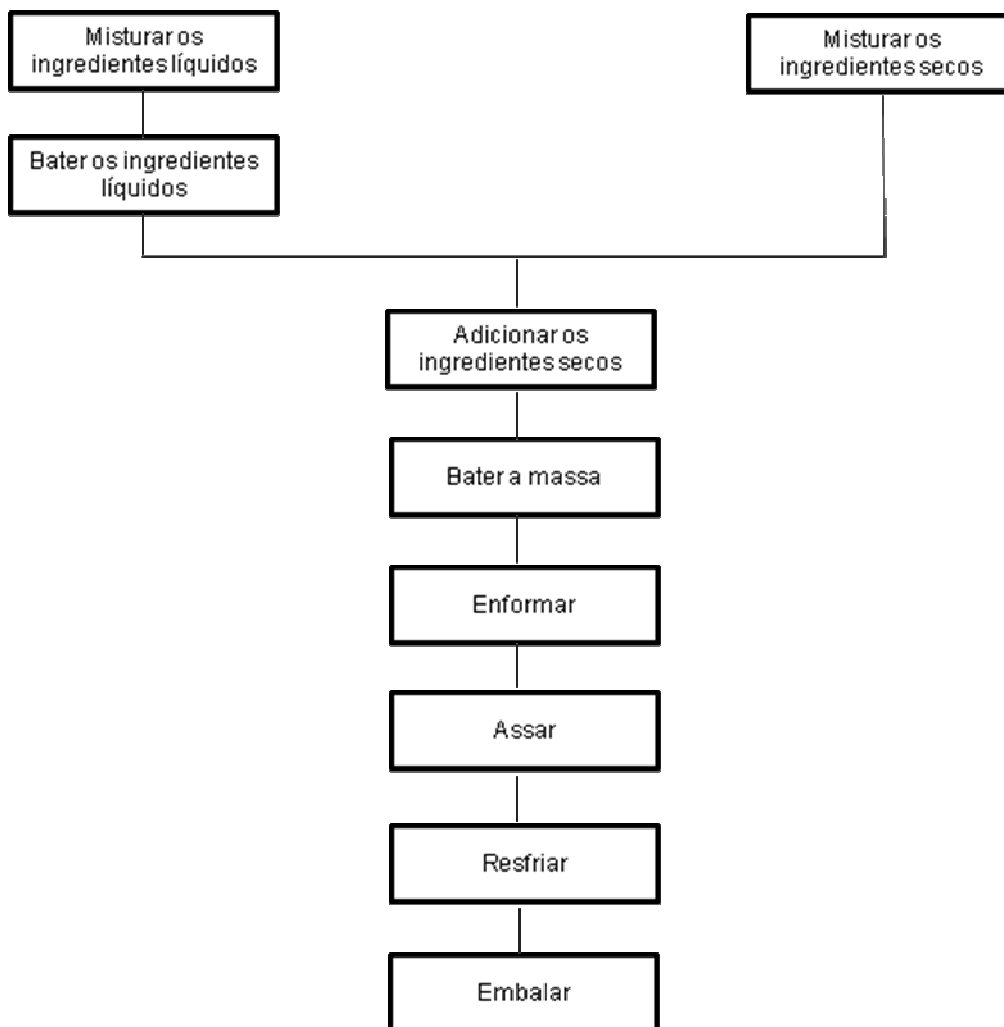
### 2.2.1. Elaboração dos pães sem glúten

Os ingredientes com as respectivas proporções para fabricação dos pães de forma sem glúten estão demonstrados na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1.** Proporção dos ingredientes nas diferentes formulações dos pães sem glúten.

Ingredientes	Formulações					
	A	B	C	D	E	F
Farinha de arroz	180 g	180 g	180 g	180 g	180 g	180 g
Fécula de batata	40 g	40 g	40 g	40 g	40 g	40 g
Fécula de mandioca	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g
Polvilho azedo	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g
Ovo (unidade)	2	2	2	2	2	2
Óleo de palma orgânico	30 mL	30 mL	30 mL	30 mL	30 mL	30 mL
Água	240 mL	240 mL	240 mL	240 mL	240 mL	240 mL
Sal marinho	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g
Fermento biológico seco	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g
Açúcar demerara	8 g	0	0	0	0	0
Sucralose	0	1 g	0	0	0	0
Frutose	0	0	6 g	0	0	0
Estévia	0	0	0	2 g	0	0
Frutooligossacarídeos (FOS)	0	0	0	0	6 g	0
Inulina	0	0	0	0	0	6 g

As formulações foram produzidas de acordo com o fluxograma de produção da empresa, apresentado a seguir (Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Fluxograma de produção dos pães de forma sem glúten.

Em uma batedeira planetária, os ingredientes líquidos (ovo, óleo e água) foram misturados, utilizando água morna para ativar o fermento instantâneo. Em uma bacia foram misturados os ingredientes secos na seguinte sequência: primeiro a farinha de arroz, fécula de batata, fécula de mandioca e fermento; adicionou-se o prebiótico, açúcar ou edulcorante e, por fim, o sal e polvilho, misturando todos os ingredientes secos.

Em seguida, os ingredientes secos foram transferidos para a batedeira e misturados aos ingredientes líquidos. Todos os ingredientes foram batidos em velocidade

média por 10 minutos. As massas foram boleadas e inseridas em formas de 25 cm x 10 cm x 10 cm e levadas ao forno pré-aquecido, a uma temperatura de 180°C e assados por 30 minutos. Após serem retirados do forno, os pães foram desenformados e esperou-se cerca de 2 horas para o resfriamento. Os pães foram embalados, em embalagens plásticas a vácuo e armazenados congelados em freezer.

### **2.2.2. Preparo das amostras**

As amostras congeladas de pães de forma sem glúten, utilizadas para os testes descritivos com portadores da doença celíaca, foram preparadas na empresa “Sabor de Saúde”, situada na cidade de São Paulo – SP. Para o teste de aceitação, com consumidores não celíacos, as amostras foram preparadas no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos (UNICAMP/FEA/DEPAN) de acordo com as recomendações da empresa.

As amostras de pão de forma sem glúten foram descongeladas e aquecidas em forno convencional, pré-aquecido, a uma temperatura de 180°C por 3 minutos, conforme recomendações contidas na embalagem dos produtos.

### **2.2.3. Análise sensorial**

As amostras foram servidas aos assessores em cabines individuais do Laboratório da empresa e do Laboratório de Análise Sensorial, do Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA/UNICAMP), avaliados sob luz branca e temperatura ambiente, permitindo desta forma, conforto e individualidade aos assessores.



A apresentação das amostras foi feita em pratos plásticos brancos descartáveis, codificados aleatoriamente com algarismos de três dígitos, acompanhados de água a temperatura ambiente, sendo que cada assessor recebeu uma fatia de cada amostra. Para a avaliação do aroma a apresentação das amostras foi feita em copinhos plásticos brancos descartáveis, fechados com papel alumínio, contendo  $\frac{1}{4}$  da fatia de cada amostra.

### **2.2.3.1. Análise Descritiva Quantitativa**

O perfil sensorial das amostras de pão de forma sem glúten foi gerado por meio da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®) seguindo-se metodologia proposta por Stone e Sidel (2004).

#### **2.2.3.1.1. Pré seleção da equipe de assessores**

Foram recrutados 32 assessores, portadores da doença celíaca, consumidores assíduos dos produtos fabricados pela empresa Sabor de Saúde, que se dispuseram a participar da avaliação descritiva, após esclarecimento detalhado sobre a metodologia e assinatura do “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”.

Uma pré-seleção foi realizada com os candidatos disponíveis para compor a equipe de assessores para realização da Análise Descritiva Quantitativa. Para avaliar o poder discriminativo de cada voluntário foram realizados testes triangulares (Meilgaard et al., 1987) utilizando-se três diferentes amostras comerciais de pão de forma sem glúten, disponíveis no mercado. A apresentação das amostras foi feita em copinhos plásticos brancos descartáveis, contendo  $\frac{1}{4}$  da fatia de cada amostra, e codificados aleatoriamente com algarismos de três dígitos, acompanhados de água a temperatura ambiente (Figura

2.2). A avaliação foi realizada sob luz vermelha, com o intuito de mascarar a diferença de coloração entre os pães de forma sem glúten utilizados.



**Figura 2.2** – Forma de distribuição das amostras de pão de forma sem glúten para avaliação, por meio de teste triangular, pelos assessores celíacos.

Nos testes triangulares, os assessores foram orientados a avaliar as amostras da esquerda para a direita e identificarem, na ficha de avaliação, qual das amostras diferia das demais. Cada assessor realizou o teste em nove repetições, e foram avaliados quanto ao poder de discriminação por meio da análise seqüencial de Wald (AMERINE et al., 1965).

Na análise seqüencial foram utilizados os valores para  $p_0=0,45$  (máxima inabilidade aceitável),  $p_1=0,70$  (mínima habilidade aceitável), e para os riscos  $\alpha=0,05$  (probabilidade de aceitar um candidato sem acuidade sensorial) e  $\beta=0,05$  (probabilidade de rejeitar um candidato com acuidade sensorial).

#### 2.2.3.1.2. Desenvolvimento da terminologia descritiva

Os candidatos pré-selecionados (23 assessores) realizaram o levantamento dos termos descritores sensoriais das amostras de pão de forma sem glúten, utilizando o

método de rede (Moskowitz, 1983) e uma ficha de avaliação. Em cada sessão de avaliação sensorial, três amostras de pão de forma sem glúten foram apresentadas aos assessores, que as agruparam aos pares, e descreveram as similaridades e diferenças entre elas quanto à aparência, aroma, sabor e textura.

Após avaliarem e descreverem as similaridades e diferenças entre todas as amostras, os assessores se reuniram em torno de uma mesa redonda e, com o auxílio de um líder, discutiram os termos levantados por cada indivíduo. Sinônimos, antônimos e termos pouco pertinentes foram eliminados, sendo selecionados, de forma consensual, os 15 termos que melhor descreveram as similaridades e diferenças entre as amostras de pão de forma sem glúten avaliadas.

Com os 15 termos descritores gerados, foi elaborada a ficha de avaliação, com escalas não estruturadas de nove centímetros, ancoradas nos pontos extremos, à esquerda pelo termo “fraco”, “pouco” ou “nenhum”, e à direita “forte” ou “muito” (Figura 2.3).

Provador: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Amostra: \_\_\_\_\_

Você está recebendo uma amostra codificada de pão de forma sem glúten. Por favor, aspire, prove e avalie a amostra quanto aos atributos abaixo utilizando as escalas.

APARÊNCIA	Cor do miolo	_____   Fraco Forte
	Cor da casca	_____   Fraco Forte
	Porosidade	_____   Pouco Muito
	Maciez	_____   Pouco Muito
AROMA	Fermento	_____   Nenhum Forte
	Adocicado	_____   Nenhum Forte
	Pão de forma tradicional	_____   Nenhum Forte
	Azedo	_____   Nenhum Forte
SABOR	Doce	_____   Nenhum Forte
	Salgado	_____   Nenhum Forte
	Fermentado	_____   Nenhum Forte
TEXTURA	Mastigabilidade	_____   Pouco Muito
	Adesividade	_____   Pouco Muito
	Firmeza	_____   Pouco Muito
	Borracha	_____   Pouco Muito

**Figura 2.3** – Ficha de avaliação dos atributos sensoriais gerados pela análise descritiva quantitativa.

Após o levantamento dos atributos, a equipe desenvolveu, em consenso, as definições, e estabeleceu as referências para cada atributo gerado.

### **2.2.3.1.3. Treinamento da equipe sensorial**

Os testes para a seleção da equipe definitiva para a análise descritiva quantitativa foram realizados utilizando a ficha elaborada com as escalas de intensidade para os termos definidos. Cada assessor realizou a avaliação de todas as seis amostras de pão sem glúten, sendo cada uma em quatro repetições.

Os assessores selecionados foram os que apresentaram poder de discriminação entre amostras, repetibilidade e concordância entre os assessores (DAMÁSIO e COSTELL, 1991). Foram verificados os níveis de significância (p) de dois fatores (amostra e repetição) em relação a cada atributo, para cada assessor. E para avaliar o consenso em equipe, foram feitos gráficos de médias de intensidade do atributo versus amostras, para cada assessor.

### **2.2.3.1.4. Seleção final da equipe de assessores**

Para compor a equipe descritiva final, foram selecionados os assessores que apresentaram bom poder discriminativo ( $pF_{amostra} < 0,30$ ) e boa reprodutibilidade nos julgamentos ( $pF_{repetições} > 0,05$ ), seguindo-se recomendações de Damásio e Costell (1991).

### **2.2.3.1.5. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®)**

A equipe selecionada e treinada foi composta por 15 assessores. Foram realizados os testes da análise descritiva quantitativa, sendo as amostras de pão de forma sem glúten apresentadas à equipe de forma monádica (Stone e Sidel, 2004), em quatro repetições para todas as amostras.

As amostras foram servidas em várias sessões, sendo que, em cada sessão, não mais que três amostras foram avaliadas.

### **2.2.3.2. Análise de aceitação**

As seis amostras de pão de forma sem glúten foram avaliadas por meio de teste afetivo realizado com consumidores (não celíacos) de pão de forma. Para o estudo empregando-se a técnica de regressão por Quadrados Mínimos Parciais (PLS), o teste de aceitação deve ser aplicado com, pelo menos, 100 consumidores, o que não foi possível com celíacos, devido à indisponibilidade no recrutamento dos mesmos.

#### **2.2.3.2.1. Recrutamento e seleção dos consumidores**

Os consumidores foram recrutados dentro da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, com a divulgação feita por convites em forma de cartazes e murais *online*, para toda a comunidade. O teste de aceitação foi realizado com 123 consumidores de pão de forma, entre alunos de graduação, pós-graduação, funcionários e professores da UNICAMP, não treinados e com idade superior a 18 anos.

#### **2.2.3.2.2. Teste afetivo**

O teste de aceitação foi realizado utilizando uma ficha de avaliação (Figura 2.4) por meio de escala não estruturada de 9 cm, para os atributos aparência, cor do miolo, aroma, sabor, maciez e impressão global. Para complementar os resultados de aceitação dos pães de forma sem glúten, foi questionada a intenção de compras em relação a cada amostra, por meio de procedimento descrito por Meilgaard et al. (1987).

As amostras foram apresentadas aos assessores de forma monádica e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos balanceados (MacFIE, 1989). Cada assessor realizou a avaliação de todas as seis amostras de pão sem glúten em uma única sessão, sendo as sessões realizadas em quatro repetições.

TESTE DE ACEITAÇÃO	
Provador: _____ Idade: _____ Data: _____	
Amostra: _____	
1. Por favor, observe a amostra e utilize a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou dos atributos abaixo:	
Aparência	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
Cor do miolo	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
Aroma	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
Sabor	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
Maciez	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
Impressão global	_____   Desgostei muitíssimo <span style="float: right;">Gostei muitíssimo</span>
2. Se esta amostra estivesse à venda, qual seria sua atitude?	
<input type="checkbox"/> Certamente não compraria <input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria <input type="checkbox"/> Tenho dúvida se compraria ou não <input type="checkbox"/> Provavelmente compraria <input type="checkbox"/> Certamente compraria	

**Figura 2.4** – Ficha de avaliação utilizada no teste de aceitação das amostras de pão de forma sem glúten.

#### 2.2.4. Análise estatística

Os atributos da análise descritiva quantitativa e do teste de aceitação foram avaliados por meio de análise estatística univariada (análise de variância – ANOVA) e teste de médias de *Tukey* (ao nível de 5% de significância).

Foi realizada análise estatística com os dados obtidos da ADQ e do teste de aceitação em relação à impressão global, por meio da Correlação dos Quadrados Mínimos Parciais (*Partial Least Squares* – PLS), para determinação dos atributos sensoriais mais valorizados positiva e negativamente pelos consumidores.

Todos os cálculos estatísticos foram realizados utilizando-se os programas *Statistical Analysis System* - SAS (2008) e XLSTAT (2007). Para a análise dos resultados obtidos a partir do teste de intenção de compra dos consumidores, foi realizado um histograma de frequência para cada amostra, por meio do *Windows Excel*.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®)

Os 23 assessores pré-selecionados por meio da análise seqüencial de Wald realizaram o levantamento de diversos atributos, estabelecendo, durante as reuniões, os 15 termos descritores, sendo eles: aparência (cor do miolo, cor da casca, porosidade e maciez), aroma (fermento, adocicado, pão de forma tradicional e azedo), sabor (doce, salgado e fermento) e textura (mastigabilidade, adesividade, firmeza e borracha). Pagliarini et al. (2010) levantaram 17 termos descritores em um estudo descritivo de pães de forma sem glúten, com um painel treinado com dez avaliadores celíacos.

O perfil dos 23 assessores pré-selecionados foi avaliado sob a forma de questionários e as seguintes informações foram coletadas: 100% dos assessores eram portadores da doença celíaca; 78,26% representavam o sexo feminino; 86,95% concluíram curso superior; faixa etária entre 20 e 60 anos, com 86,95% entre 40-60 anos. 95,65% dos assessores afirmaram consumir pão de forma sem glúten, e nenhum deles era fumante ou estava sob uso de medicamentos.

Com os termos descritores gerados e a ficha de avaliação elaborada, a equipe definiu cada termo gerado e sugeriu referências (Tabela 2.2).

**Tabela 2.2** – Definições e referências para os termos descritores levantados pela equipe sensorial descritiva na avaliação de pães de forma sem glúten.

	<b>DESCRITORES</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>
<b>APARÊNCIA</b>	Cor do miolo (ACM)	Cor característica do miolo após forneamento	Fraco: açúcar refinado União® Forte: leite em pó Ninho®
	Cor da casca (ACC)	Cor característica da casca após forneamento	Fraco: leite em pó Ninho® Forte: torrada Bauducco® levemente salgada
	Porosidade (APO)	Extensão da perfuração na superfície da fatia do pão, abrangendo os furos e trincas que permitem a permeação do ar	Pouco: pão de forma tradicional Pullman® Muito: pão sem glúten com salsa, cebola e alho Sabor de Saúde®
	Maciez (AMA)	Força necessária para comprimir a fatia de pão, sobre uma superfície plana, com um dedo para a obtenção de uma deformação de cerca de 50%	Pouco: torrada Bauducco® levemente salgada Muito: pão de forma tradicional Pullman®
<b>AROMA</b>	Fermento (AFE)	Aroma característico da fermentação de leveduras, percebido pelo olfato	Nenhum: água destilada Forte: levedo de cerveja Campo Verde® em pó
	Adocicado (AAD)	Aroma característico de caramelo percebido pelo olfato	Nenhum: água destilada Forte: leite condensado Moça Nestlé®
	Pão de forma tradicional (APA)	Aroma característico de pão de forma tradicional percebido pelo olfato	Nenhum: água destilada Forte: pão de forma tradicional Pullman®
	Azedo (AAZ)	Aroma característico de putrefação	Nenhum: água destilada Forte: polvilho azedo Hikari®

<b>SABOR</b>	Doce (SDO)	Gosto característico de solução de sacarose	Nenhum: água destilada Forte: açúcar refinado União® diluída em água (1g:100mL)
	Salgado (SSA)	Gosto característico de solução de cloreto de sódio	Nenhum: água destilada Forte: sal marinho diluído em água (1g:100mL)
	Fermento (SFE)	Sabor característico de levedo de cerveja	Nenhum: água destilada Forte: levedo de cerveja Campo Verde® diluído em água (2g:100mL)
<b>TEXTURA</b>	Mastigabilidade (TMA)	Número de mastigações necessárias antes da deglutição	Pouco: bolo sem glúten bombocado Sabor de Saúde® Muito: mini pãozinho de quinua Sabor de Saúde®
	Adesividade (TAD)	Força necessária para remover completamente a amostra do palato utilizando a língua	Pouco: cookie sem glúten Vitao® Muito: pão sem glúten com batata Sabor de Saúde®
	Firmeza (TFI)	Força necessária para compressão de uma amostra entre os dentes molares	Pouco: disco de pizza sem glúten Sabor de Saúde® Muito: cookie sem glúten Vitao®
	Borracha (TBO)	Densidade persistente percebida durante a mastigação: tempo necessário para desintegrar-se e engolir um pedaço de pão	Pouco: pão sem glúten com cenoura e linhaça Sabor de Saúde® Muito: biscoito salgado de gergelim e linhaça sem glúten Sabor de Saúde®

### 3.1.1. Seleção da equipe de assessores

Para selecionar a equipe definitiva dos assessores para a Análise Descritiva Quantitativa, foram utilizados os critérios de discriminação das amostras e repetibilidade pelos assessores. Os resultados de  $p$  de  $F_{amostra}$  e  $p$  de  $F_{repetição}$ , obtidos a partir da análise de variância, encontram-se representados na Tabela 2.3.

Os assessores 2, 8, 15, 19 e 21 apresentaram baixa repetibilidade entre as análises e os provadores 4, 12 e 23 demonstraram problemas de discriminação entre as amostras e também de repetibilidade, por isso não foi possível utilizá-los para compor a equipe definitiva. De acordo com os resultados, foram selecionados os provadores 1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 20 e 22.

Verificou-se o consenso entre a equipe selecionada, por meio das médias dadas pelos assessores para cada um dos atributos, em todas as amostras. Observou-se que os assessores seguiram uma mesma tendência e que utilizaram regiões similares da escala na avaliação das amostras.

**Tabela 2** – Níveis de significância (p) para assessores em função da discriminação das amostras ( $F_{amostra}$ ) e da repetibilidade ( $F_{repetição}$ ).

Assessores		1	2*	3	4*	5	6	7	8*	9	10	11	12*	13	14	15*	16	17	18	19*	20	21*	22	23*
ACM	amos	0,1721	0,0019	0,1877	0,3222	0,0015	0,2111	0,0007	0,1511	0,2122	0,0007	0,1734	0,2553	0,0076	0,0015	0,2719	0,0022	0,0003	0,0027	0,0141	0,0001	0,2113	0,0022	0,0076
	rep	0,2213	0,0007	0,0643	0,7132	0,1771	0,7239	0,1247	0,0001	0,5521	0,1233	0,0567	0,0596	0,3965	0,2785	0,0012	0,1824	0,7239	0,5162	0,0479	0,6987	0,0467	0,7196	0,0001
ACC	amos	0,0102	0,0011	0,0012	0,1243	0,0005	0,0008	0,0002	0,0176	0,0818	0,0115	0,0001	0,5234	0,0085	0,2459	0,0001	0,1955	0,0011	0,0818	0,0015	0,0008	0,0011	0,0818	0,5532
	rep	0,0053	0,9490	0,7214	0,8804	0,5622	0,7189	0,6350	0,0001	0,7814	0,8686	0,2276	0,0567	0,2416	0,7833	0,9467	0,2717	0,0520	0,7814	0,0001	0,4806	0,9490	0,7814	0,5467
APO	amos	0,0004	0,0026	0,0217	0,0017	0,0712	0,0001	0,0180	0,0004	0,0008	0,0047	0,0011	0,0051	0,0027	0,0021	0,0004	0,0051	0,0482	0,1243	0,0001	0,0098	0,0254	0,2459	0,0001
	rep	0,5795	0,4958	0,2800	0,0003	0,6582	0,5766	0,7043	0,2744	0,4806	0,6708	0,9490	0,4919	0,5162	0,7757	0,6708	0,4919	0,5732	0,8804	0,1747	0,2311	0,0005	0,7833	0,2276
AMA	amos	0,1245	0,0001	0,1433	0,0051	0,0001	0,0069	0,0008	0,0172	0,0001	0,0024	0,1955	0,0081	0,0001	0,0008	0,0013	0,0051	0,0029	0,0521	0,0002	0,0027	0,0076	0,0004	0,3256
	rep	0,0711	0,9467	0,2098	0,4919	0,4239	0,0323	0,4806	0,0006	0,4487	0,9375	0,2717	0,4531	0,2276	0,7189	0,6578	0,4919	0,9514	0,4998	0,9490	0,5162	0,0375	0,6708	0,1777
AFE	amos	0,0357	0,0004	0,0011	0,0001	0,1233	0,0299	0,0069	0,0002	0,0357	0,0007	0,0011	0,0815	0,0001	0,0016	0,0001	0,2459	0,0001	0,0021	0,0015	0,0021	0,0057	0,0067	0,0004
	rep	0,4080	0,6708	0,0520	0,2276	0,3428	0,2967	0,2275	0,9490	0,3859	0,1233	0,0520	0,1364	0,8719	0,7759	0,0762	0,7833	0,2276	0,7372	0,6347	0,8256	0,0012	0,9114	0,6708
AAD	amos	0,0008	0,0017	0,0622	0,0001	0,0027	0,0051	0,1170	0,0064	0,0012	0,0067	0,0482	0,1372	0,0031	0,0001	0,0092	0,0026	0,0011	0,0024	0,0081	0,0121	0,0001	0,0064	0,0001
	rep	0,7933	0,4322	0,4019	0,9467	0,5162	0,4919	0,4092	0,8745	0,9819	0,5391	0,5732	0,0001	0,8523	0,1747	0,0054	0,4958	0,9490	0,8762	0,6784	0,6900	0,9467	0,8456	0,1747
APA	amos	0,0716	0,0024	0,0818	0,0078	0,0007	0,0818	0,0323	0,0003	0,0158	0,0180	0,2459	0,4233	0,2406	0,0156	0,0003	0,0078	0,0002	0,0002	0,0003	0,0001	0,0002	0,0001	0,0015
	rep	0,2322	0,8196	0,6611	0,0001	0,1233	0,7814	0,9832	0,7649	0,3568	0,9832	0,7833	0,0475	0,3149	0,1911	0,8564	0,0915	0,9490	0,2652	0,8456	0,2091	0,9490	0,8462	0,9104
AAZ	amos	0,0015	0,0003	0,0069	0,0045	0,0027	0,0016	0,1506	0,0078	0,1277	0,0001	0,2822	0,0016	0,0284	0,0361	0,0022	0,0027	0,0003	0,0264	0,0017	0,0016	0,0054	0,0001	0,0027
	rep	0,0871	0,7056	0,7043	0,0013	0,2698	0,2178	0,7212	0,5484	0,4019	0,2880	0,3132	0,7759	0,1762	0,2919	0,5364	0,5162	0,2871	0,8767	0,0376	0,5781	0,0478	0,5464	0,4654
SDO	amos	0,0001	0,0027	0,0192	0,0031	0,0051	0,0001	0,0094	0,0001	0,0004	0,0024	0,0031	0,0001	0,0004	0,0003	0,0098	0,0003	0,0012	0,0001	0,0052	0,0818	0,0013	0,0003	0,0001
	rep	0,0933	0,5678	0,7150	0,8523	0,9819	0,2276	0,1436	0,7255	0,8565	0,3300	0,9375	0,5678	0,9467	0,4528	0,2311	0,1579	0,2578	0,9120	0,5466	0,7814	0,0679	0,3962	0,8764
SSA	amos	0,0012	0,0013	0,0922	0,0002	0,0217	0,0482	0,2406	0,0015	0,0051	0,0051	0,1231	0,0015	0,0002	0,0011	0,0003	0,0001	0,0001	0,0017	0,0029	0,0085	0,0003	0,0013	0,0013
	rep	0,7422	0,7659	0,5433	0,9490	0,6272	0,5732	0,4907	0,8174	0,7933	0,4919	0,4958	0,3964	0,4958	0,0520	0,8344	0,4998	0,8804	0,5613	0,0476	0,2416	0,5467	0,4156	0,6467
SFE	amos	0,0145	0,0001	0,0081	0,0003	0,0035	0,0098	0,0026	0,0002	0,0003	0,0017	0,0001	0,0076	0,0014	0,0011	0,1784	0,0017	0,0026	0,0011	0,0051	0,0027	0,0045	0,0001	0,1243
	rep	0,2743	0,2922	0,1561	0,0674	0,6330	0,2311	0,4958	0,7654	0,2276	0,5873	0,3722	0,7856	0,6708	0,9490	0,0007	0,2741	0,2800	0,7192	0,4919	0,5162	0,3294	0,2276	0,8804
TMA	amos	0,0217	0,0022	0,0001	0,0087	0,1418	0,1433	0,0011	0,0026	0,0011	0,1243	0,0357	0,0019	0,2459	0,0001	0,0081	0,0013	0,0217	0,0002	0,0374	0,0016	0,0017	0,0482	0,0051
	rep	0,2800	0,8276	0,7732	0,0456	0,2967	0,8523	0,9490	0,7487	0,2190	0,8804	0,0959	0,6175	0,7833	0,9092	0,0346	0,2964	0,4806	0,9490	0,0011	0,7759	0,8256	0,5732	0,4919
TAD	amos	0,0746	0,0027	0,0877	0,0001	0,1579	0,1877	0,0007	0,0021	0,0050	0,0015	0,0015	0,0003	0,0020	0,0027	0,0016	0,0001	0,0026	0,0031	0,0007	0,0008	0,0021	0,0007	0,0011
	rep	0,5469	0,5162	0,1721	0,1747	0,7043	0,2343	0,1233	0,0001	0,3437	0,5698	0,4528	0,8577	0,3132	0,2781	0,7759	0,4958	0,4958	0,8523	0,7833	0,7189	0,8366	0,1233	0,9490
TFI	amos	0,0008	0,0001	0,1529	0,0004	0,0085	0,0004	0,2459	0,0019	0,0431	0,0001	0,0004	0,0098	0,0003	0,0818	0,0023	0,0004	0,0004	0,0020	0,0001	0,1243	0,0026	0,1955	0,0008
	rep	0,7189	0,2276	0,5169	0,6708	0,2416	0,6350	0,7833	0,7185	0,4467	0,3872	0,6708	0,2311	0,2275	0,7814	0,8956	0,3367	0,6708	0,2095	0,9467	0,8804	0,4958	0,2717	0,4806
TBO	amos	0,0111	0,0007	0,0067	0,0002	0,0014	0,0145	0,0051	0,0031	0,0001	0,0026	0,0008	0,0018	0,0027	0,2343	0,0037	0,0001	0,0019	0,0003	0,0001	0,0001	0,0015	0,0011	0,0051
	rep	0,5647	0,0001	0,7122	0,9136	0,9832	0,9467	0,4919	0,8523	0,9467	0,7563	0,4806	0,9107	0,5162	0,3189	0,0001	0,1747	0,2098	0,6278	0,2276	0,9203	0,0001	0,0520	0,4919

\*Provadores não selecionados para a equipe sensorial da ADQ.

### 3.1.2. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®)

Os resultados médios obtidos na análise sensorial descritiva com os 15 assessores selecionados e treinados estão apresentados na Tabela 2.4.

**Tabela 2.4** – Médias dos atributos da Análise Descritiva Quantitativa para amostras de pão de forma sem glúten (A = açúcar demerara; B = sucralose; C = frutose; D = estévia; E = FOS; F = inulina).

ATRIBUTOS	AMOSTRAS					
	A	B	C	D	E	F
<b>APARÊNCIA</b>						
Cor do miolo (ACM)	6,99 <sup>d</sup>	7,94 <sup>a</sup>	7,13 <sup>c</sup>	7,59 <sup>b</sup>	6,88 <sup>e</sup>	6,91 <sup>d,e</sup>
Cor da casca (ACC)	6,62 <sup>a</sup>	5,74 <sup>b</sup>	4,98 <sup>c</sup>	4,78 <sup>d</sup>	6,61 <sup>a</sup>	4,81 <sup>d</sup>
Porosidade (APO)	3,10 <sup>f</sup>	3,67 <sup>d</sup>	5,38 <sup>c</sup>	5,60 <sup>b</sup>	7,64 <sup>a</sup>	3,49 <sup>e</sup>
Maciez (AMA)	3,91 <sup>a</sup>	3,61 <sup>b</sup>	3,90 <sup>a</sup>	3,60 <sup>b</sup>	3,06 <sup>d</sup>	3,29 <sup>c</sup>
<b>AROMA</b>						
Fermento (AFE)	6,87 <sup>e</sup>	7,61 <sup>c</sup>	7,82 <sup>b</sup>	8,05 <sup>a</sup>	7,08 <sup>d</sup>	7,89 <sup>b</sup>
Adocicado (AAD)	1,69 <sup>d</sup>	1,59 <sup>e</sup>	3,71 <sup>a</sup>	3,03 <sup>b</sup>	2,32 <sup>c</sup>	3,69 <sup>a</sup>
Pão de forma tradicional (APA)	2,11 <sup>e</sup>	1,51 <sup>f</sup>	4,92 <sup>a</sup>	2,46 <sup>c</sup>	3,17 <sup>b</sup>	2,35 <sup>d</sup>
Azedo (AAZ)	3,78 <sup>c</sup>	7,07 <sup>a</sup>	5,68 <sup>b</sup>	2,83 <sup>e</sup>	3,03 <sup>d</sup>	3,71 <sup>c</sup>
<b>SABOR</b>						
Doce (SDO)	5,43 <sup>a</sup>	3,19 <sup>e</sup>	3,97 <sup>c,d</sup>	3,90 <sup>d</sup>	4,86 <sup>b</sup>	4,02 <sup>c</sup>
Salgado (SSA)	1,57 <sup>c,d</sup>	1,49 <sup>d</sup>	1,99 <sup>a</sup>	1,93 <sup>a</sup>	1,83 <sup>b</sup>	1,59 <sup>c</sup>
Fermento (SFE)	7,54 <sup>c</sup>	7,75 <sup>b</sup>	7,77 <sup>b</sup>	8,03 <sup>a</sup>	7,36 <sup>d</sup>	7,62 <sup>c</sup>
<b>TEXTURA</b>						
Mastigabilidade (TMA)	7,12 <sup>c</sup>	7,06 <sup>c</sup>	7,65 <sup>b</sup>	8,07 <sup>a</sup>	7,55 <sup>b</sup>	8,08 <sup>a</sup>
Adesividade (TAD)	7,93 <sup>b</sup>	7,50 <sup>c</sup>	7,00 <sup>d</sup>	6,95 <sup>d</sup>	8,18 <sup>a</sup>	8,01 <sup>b</sup>
Firmeza (TFI)	6,95 <sup>d</sup>	7,52 <sup>b</sup>	7,18 <sup>c</sup>	7,86 <sup>a</sup>	7,44 <sup>b</sup>	7,43 <sup>b</sup>
Borracha (TBO)	6,92 <sup>e</sup>	7,97 <sup>a,b</sup>	8,08 <sup>a</sup>	7,91 <sup>b</sup>	7,46 <sup>d</sup>	7,64 <sup>c</sup>

Médias com letras em comum, numa mesma linha, não diferem entre si ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de Tukey.

Observa-se que a amostra A (com adição de açúcar demerara) apresentou maior intensidade de cor da casca, maciez, sabor doce e adesividade, e menor intensidade de

cor do miolo, porosidade, sabor de fermento, aroma doce e aroma azedo. Por ter promovido uma maior percepção de doçura, o açúcar pode ter influenciado na redução da percepção do sabor de fermento. De acordo com Nunes et al. (2009), por ser higroscópico, o açúcar retém umidade na massa de pão, aumentando assim, a maciez do miolo e melhorando suas características de conservação pelo retardamento do processo de endurecimento do pão.

Para o atributo maciez, pode-se constatar que, mesmo apresentando diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras, os assessores as avaliaram numa mesma região da escala, caracterizando-as por baixas médias em relação a este atributo. Esta caracterização pode ser devido ao fato de os pães serem produzidos de forma artesanal e com ingredientes naturais. Na fabricação de pães sem glúten, assim como de pães de forma com farinha de trigo, aditivos químicos são adicionados com o intuito de aumentar a maciez, leveza e melhorar a aparência, o que não ocorreu no presente estudo.

A amostra B (com adição de sucralose) apresentou maior intensidade nos atributos cor do miolo, aroma azedo e textura de borracha, e menor intensidade para aroma adocicado, aroma de pão de forma tradicional, sabor doce e mastigabilidade. Observa-se, assim como para a amostra E, que não houve uma relação entre cor do miolo e cor da casca. A amostra C (com adição de frutose) apresentou maior intensidade de maciez, aroma adocicado, aroma de pão de forma tradicional, sabor salgado e textura de borracha, e menor intensidade para sabor doce e adesividade.

Em relação à textura de borracha, esta deve estar relacionada ao teor de água presente no pão sem glúten. De acordo com Schoenlechner et al. (2010), o aumento na quantidade de água na produção de pães sem glúten contendo amaranto, resultou em um

pão mais suave e menos grudento. As amostras A, E e F foram as que apresentaram menores médias para este atributo, provavelmente devido ao fato de o açúcar e os prebióticos apresentarem maior capacidade de retenção de água, o que também pode estar relacionado à natureza do amido do pão de forma sem glúten.

A formação de uma rede de poros abertos pode ser influenciada pelos ingredientes, tais como a qualidade da farinha, conteúdo de água, adição de gordura, enzimas e emulsificante (SCHOENLECHNER et al., 2010). De acordo com Naito et al. (2005), o aumento no tamanho dos poros e a diminuição de sua quantidade, está relacionado com o grau de infiltração dos polímeros de amido (gelatinização), sendo que o grau de gelatinização pode ser atribuído, principalmente, às diferenças na quantidade de água na massa.

A amostra D (com adição de estévia) apresentou maior intensidade nos atributos aroma de fermento, sabor salgado, sabor de fermento, mastigabilidade e firmeza, e menor intensidade para cor da casca, aroma azedo e adesividade. A estévia, que é um glicosídeo terpênico, não apresentou propriedade de enconbrir o aroma e sabor de fermento como os outros agentes adoçantes e prebióticos e, portanto, a amostra com estévia apresenta intensidade de fermento significativamente ( $p < 0,05$ ) superior.

A amostra E (com adição de FOS) apresentou maior intensidade nos atributos cor da casca, porosidade e adesividade, e menor intensidade para cor do miolo, maciez, aroma azedo e sabor de fermento. Segundo Silva et al. (2006), os frutanos possuem grupos hidroxilas (OH) que são capazes de interagir com a água, por pontes de hidrogênio, dificultando sua evaporação durante o forneamento do pão, o que pode estar relacionado à sua maior adesividade e menor maciez.



A amostra F (com adição de inulina) apresentou maior intensidade de aroma adocicado e mastigabilidade, e menor intensidade de cor do miolo, cor da casca e porosidade. A coloração clara, tanto do miolo quanto da casca, pode estar relacionada a uma quantidade insuficiente de açúcar na massa, em relação às demais amostras. Carvalho (1999) afirma que temperaturas muito altas e elevados teores de açúcar proporcionam uma coloração escura aos pães de forma, enquanto que pães com coloração clara pode ser resultado de baixos níveis de açúcar residual devido à fermentação excessiva, ou até mesmo falta de amilases.

Pode-se observar que as amostras com adição de prebióticos (amostras E e F) apresentaram maior intensidade no atributo sensorial adesividade, considerado pouco desejado pelo consumidor. Isto se deve ao fato de que, provavelmente, o maior teor de frutanos resulte em uma elevada capacidade de reter água pelo produto. De acordo com Rolim et al. (2010), a interação frutano-água também reflete no atributo untuosidade, pois os pães sem glúten com farinha de yacón, estudados por estes autores, mostraram menor capacidade de deslizamento da manteiga sobre sua superfície.

Pagliari et al. (2010) avaliaram seis amostras comerciais de pão de forma sem glúten mais consumidos no mercado italiano. Os autores observaram que a maciez apresentou uma tendência oposta quando comparada com o atributo textura de borracha: as amostras que apresentaram maior maciez foram consideradas menos elásticas, e vice-versa. O mesmo comportamento foi observado neste estudo, visto que as amostras caracterizaram-se por médias relativamente baixas de maciez e altas médias para a textura de borracha.

De acordo com Marco e Rosell (2008), a porosidade do miolo pode estar associada a um alto teor de proteína, como também ser um indicativo de um bom

equilíbrio nos hidrocolóides utilizados como substitutos do glúten. No caso do presente estudo, os pães de forma sem glúten caracterizaram-se por uma porosidade relativamente alta, principalmente as amostras B, D e E. Provavelmente se deve ao fato de serem produzidos apenas com ingredientes naturais, sem utilização de antioxidantes, aromatizantes, corantes, estabilizantes e conservantes.

### 3.2. Análise de aceitação

Os resultados obtidos na análise de aceitação dos pães de forma sem glúten estão representados na Tabela 4.

**Tabela 2.5** – Médias obtidas para o teste de aceitação de pão de forma sem glúten (n=123) (A = açúcar demerara; B = sucralose; C = frutose; D = estévia; E = FOS; F = inulina).

AMOSTRA	ATRIBUTOS					
	Aparência	Aroma	Sabor	Maciez	Cor do miolo	Impressão global
A	3,87 <sup>a</sup>	2,24 <sup>b</sup>	6,13 <sup>a</sup>	2,93 <sup>b</sup>	7,16 <sup>a</sup>	4,17 <sup>a</sup>
B	3,49 <sup>b,c</sup>	1,61 <sup>d</sup>	5,58 <sup>b</sup>	2,93 <sup>b</sup>	6,76 <sup>b</sup>	3,52 <sup>b</sup>
C	3,49 <sup>b,c</sup>	1,83 <sup>c</sup>	5,55 <sup>b</sup>	2,90 <sup>b</sup>	6,65 <sup>c</sup>	3,56 <sup>b</sup>
D	3,54 <sup>b</sup>	2,15 <sup>b</sup>	5,64 <sup>b</sup>	3,39 <sup>a</sup>	6,47 <sup>d</sup>	3,50 <sup>b</sup>
E	3,42 <sup>c</sup>	2,42 <sup>a</sup>	5,64 <sup>b</sup>	3,32 <sup>a</sup>	6,75 <sup>b</sup>	4,10 <sup>a</sup>
F	3,48 <sup>b,c</sup>	2,20 <sup>b</sup>	6,05 <sup>a</sup>	2,92 <sup>b</sup>	6,63 <sup>c</sup>	3,54 <sup>b</sup>

Médias com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem entre si ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de *Tukey*.

Os resultados para aparência mostraram que a amostra com adição de açúcar demerara foi a mais aceita pelos assessores, diferindo significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais. Observa-se que todas as amostras foram alocadas na mesma região da escala utilizada.

Em relação ao aroma, os assessores avaliaram melhor a amostra com adição de FOS, diferindo-se significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais, e seguida das amostras A, F e

D, que foram alocadas na mesma região da escala utilizada, mais próximas da resposta “desgostei muitíssimo”.

As amostras com adição de açúcar demerara e inulina foram as mais aceitas pelos consumidores em relação ao sabor. Isto pode estar relacionado com as baixas intensidades percebidas de sabor de fermento e sabor salgado para estas duas amostras, apresentados na ADQ, atributos estes considerados negativos, quando em altas concentrações, pelos consumidores.

Os resultados para maciez indicaram as amostra D e E como as mais aceitas pelos consumidores. Os valores de aceitação para este atributo foram baixos, assim como verificado na ADQ, sendo que as amostras ficaram mais próximas da resposta “desgostei muitíssimo”. Alvarez-Jubete et al. (2010) mostraram que farinhas de pseudocereais podem ser introduzidas em uma formulação de pão sem glúten para melhorar a maciez do miolo sem afetar negativamente as demais propriedades sensoriais do pães.

Para a cor do miolo, os consumidores avaliaram melhor a amostra A, que diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais. Para este atributo todas as amostras ficaram alocadas na mesma região da escala utilizada, mais próximas da resposta “gostei muitíssimo”, o que pode ser explicado, visto que a coloração do miolo das amostras de pão sem glúten apresentou-se próxima a coloração percebida nos pães de forma tradicionais, fabricados com farinha de trigo, disponíveis no mercado.

A amostra A apresentou maior média para todos os atributos, com exceção de aroma e maciez, mostrando uma aceitação maior em relação às demais amostras. Em relação a impressão global, as amostras A e E foram as mais aceitas e diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais. Pode-se observar que a aceitação das amostras,

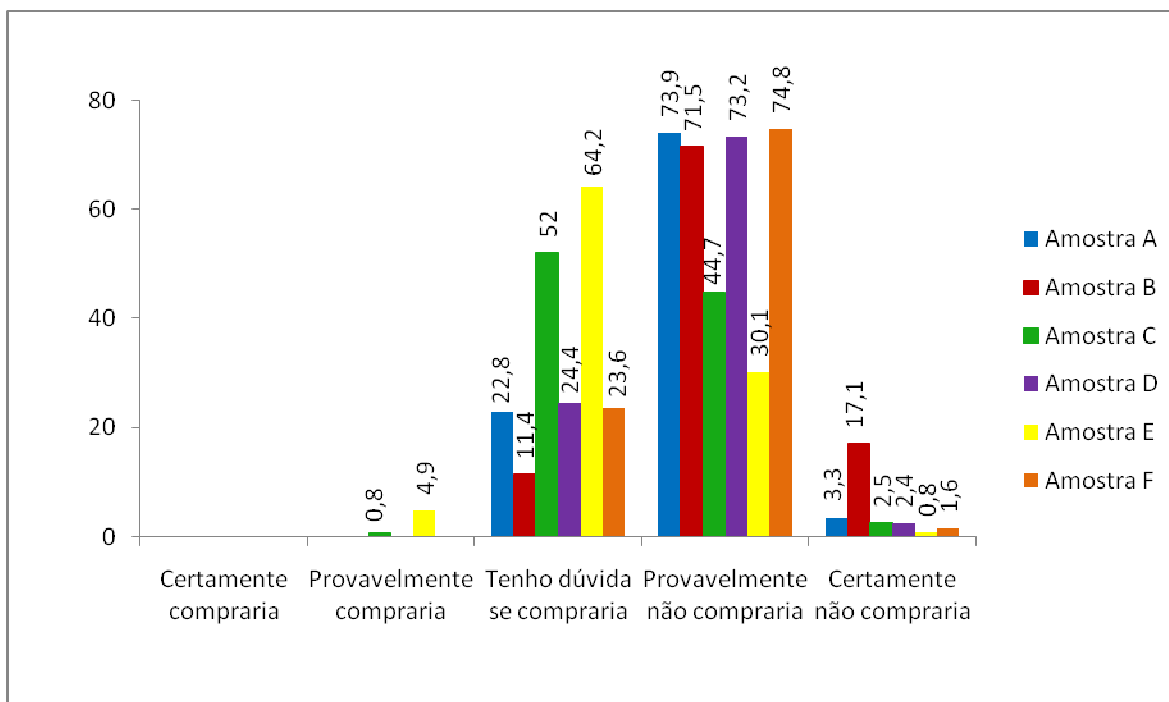
em relação a este atributo, foi baixa, pois as amostras se alocaram na região central da escala utilizada, aproximando-se mais da resposta “desgostei muitíssimo”.

Observa-se que, de uma maneira geral, a aceitação dos pães de forma sem glúten foi baixa. Este fato pode ser explicado, devido ao teste de aceitação ter sido realizado com consumidores não-celíacos. Os pães de forma sem glúten avaliados neste trabalho são produzidos de forma artesanal, natural, e é um produto diferente daqueles industrializados com os quais os consumidores estão acostumados.

Sabanis et al. (2009) avaliaram os efeitos da adição de fibras nas características sensoriais e aceitação global de pães sem glúten, e obtiveram formulações consideradas aceitáveis pelos consumidores. Os autores utilizaram goma guar e pectina nas formulações, levando a um aspecto e textura mais característicos e semelhantes em relação aos pães de forma comercializados, com adição de farinha de trigo.

### **3.2.1. Teste de intenção de compra**

A Figura 2.5 apresenta os resultados para a intenção de compra das amostras de pão de forma sem glúten, por meio de uma distribuição de frequência das notas correspondentes à escala utilizada para avaliação. Foi utilizada escala estruturada de cinco pontos, variando de “certamente não compraria” a “certamente compraria”.



**Figura 2.5** – Distribuição de frequência das notas para intenção de compra das amostras de pão de forma sem glúten (A = açúcar demerara; B = sucralose; C = frutose; D = estévia; E = FOS; F = inulina).

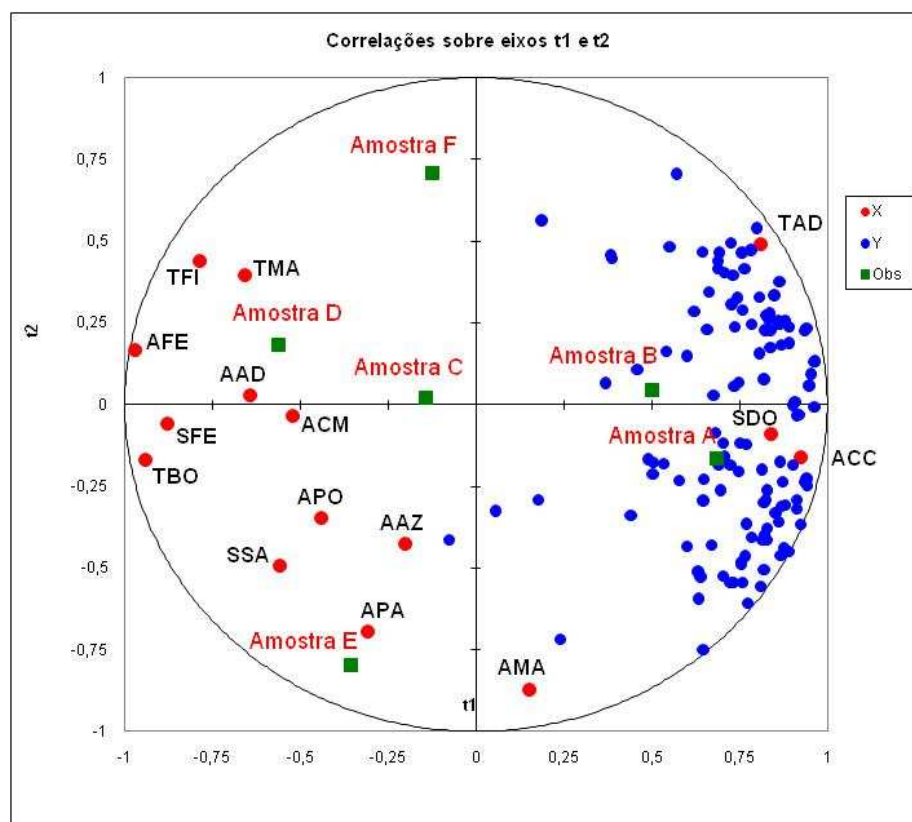
De acordo com a Figura 2.5, observou-se que os consumidores apresentaram baixa intenção de compra em relação às amostras de pão de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes. A maioria dos consumidores “provavelmente não compraria” as amostras avaliadas, seguida pela opção de “tenho dúvida se compraria”. A amostra B (com adição de sucralose) apresentou maior rejeição entre as amostras, sendo que 17,1% dos consumidores avaliaram esta amostra em “certamente não compraria”. A amostra C (com adição de frutose) apresentou maior intenção de compra pelos consumidores, visto que 4,9% dos consumidores “provavelmente compraria” a amostra.

A baixa intenção de compra apresentada pela amostra com adição de sucralose pode estar relacionada às altas médias dos atributos aroma azedo e textura de borracha, obtidas na ADQ. Já a amostra com adição de frutose foi caracterizada, na ADQ, por maior

maciez, aroma adocicado e aroma de pão de forma tradicional, o que deve ter contribuído para a sua maior intenção de compra pelos consumidores.

### 3.3. Determinação dos atributos mais valorizados pelos consumidores

A análise estatística de Correlação dos Quadrados Mínimos Parciais (*Partial Least Square – PLS*) foi realizada para determinar os atributos sensoriais (resultantes da ADQ®) e impressão global, mais valorizados positiva e negativamente pelos consumidores (Figura 2.6).



**Figura 2.6** – Correlação dos quadrados mínimos parciais entre amostras (A = açúcar demerara; B = FOS; C = sucralose; D = estévia; E = frutose; F = inulina) de pão de forma sem glúten em relação aos atributos da ADQ® e impressão global do teste de aceitação.

\* (ACM = cor do miolo; ACC = cor da casca; APO = porosidade; AMA = maciez; AFE = aroma de fermento; AAD = aroma adocicado; APA = aroma de pão de forma tradicional; AAZ = aroma azedo; SDO = doçura; SSA = sabor salgado; SFE = sabor de fermento; TMA = mastigabilidade; TAD = adesividade; TFI = firmeza; TBO = textura de borracha).

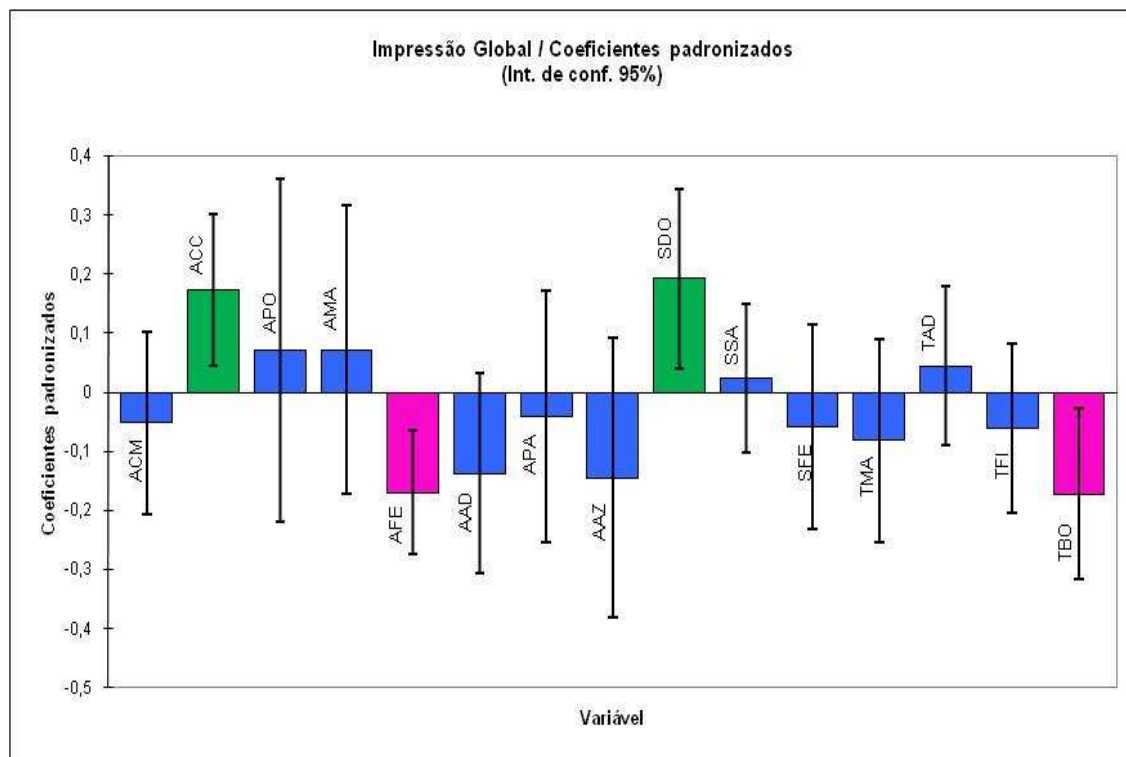
Pode ser observado, na Figura 2.6, que as amostras A e B apresentaram maior intensidade dos atributos TAD, SDO e ACC e, ainda, intensidade intermediária de AMA. Pode-se observar também que, em função da distribuição dos consumidores no gráfico (representados pelos pontos azuis), estas amostras foram as mais aceitas, tendo em vista a maior densidade de consumidores presentes próximos a elas.

Observa-se que a amostra A caracterizou-se principalmente pelos atributos de cor da casca e doçura, o que é comprovado pela ADQ, em que a amostra apresentou maior média para estes atributos. Já a amostra B apresentou-se alocada mais próxima ao atributo adesividade, caracterizando-se por uma textura adesiva, o que também é comprovado pela sua maior média obtida na ADQ.

Nota-se que as amostras C e D são semelhantes, sendo caracterizadas principalmente pelos atributos ACM, AAD, TFI e TMA. A amostra E caracterizou-se em maior intensidade pelo atributo APA, e pelos atributos AMA, AAZ, SSA e APO. Já a amostra F ficou distante dos atributos avaliados, não sendo caracterizada por nenhum destes.

Observa-se que os dados apresentados pela correlação corroboram aos resultados apresentados na ADQ.

A Figura 2.7 apresenta os coeficientes padronizados dos atributos obtidos pela correlação dos quadrados mínimos parciais entre as amostras de pão de forma sem glúten, em relação às médias obtidas pelos atributos determinados na Análise Descritiva Quantitativa e os dados da impressão global obtidos no teste de aceitação com 123 consumidores.



**Figura 2.7** – Coeficientes padronizados dos atributos obtidos pela correlação dos quadrados mínimos parciais entre amostras de pão de forma sem glúten em relação aos atributos da ADQ® e impressão global do teste de aceitação.

Observa-se que a Figura 2.7 apresenta as características significantes para a aceitação dos pães de forma sem glúten. Em relação à aparência, os consumidores consideraram relevante a cor da casca, de forma positiva, ou seja, a coloração da casca, na medida em que foi apresentada pelas amostras, foi positiva para a aceitação dos pães de forma sem glúten.

Para o aroma, o atributo aroma de fermento apresentou-se de forma negativa para a aceitação pelos consumidores, assim como em relação à textura, em que o atributo textura de borracha contribuiu negativamente para a aceitação dos pães de forma sem glúten.



No sabor, a doçura dos pães de forma sem glúten foi avaliada pelos consumidores de forma positiva, mostrando que este atributo contribui positivamente para a aceitação do produto.

Relacionando os resultados obtidos nas Figuras 2.6 e 2.7 pode-se observar que os atributos que contribuíram negativamente para a aceitação pelos consumidores (aroma de fermento e textura de borracha) apresentaram-se alocados na extremidade oposta aos atributos que contribuíram positivamente (cor da casca e doçura).

#### 4. CONCLUSÕES

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) evidenciou que as características sensoriais das amostras de pães de forma sem glúten foram dependentes da variação dos ingredientes (açúcar, edulcorantes e prebióticos) utilizados nas formulações.

As variáveis mais significativas para discriminação entre as amostras foram cor da casca, aroma de fermento, doçura e textura de borracha. Os atributos aroma de fermento e textura de borracha contribuíram negativamente para a aceitação pelos consumidores, já a cor da casca e doçura contribuíram positivamente.

Os pães de forma sem glúten mais aceitos pelos consumidores foram os adicionados de açúcar demerara e de frutooligossacarídeos (FOS). Os principais atributos que caracterizaram estes pães foram o sabor doce, cor da casca e, em menor intensidade, a adesividade. Porosidade, maciez e sabor salgado foram atributos que também contribuíram para uma maior aceitabilidade dos pães pelos consumidores.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, H. Partial Least Squares (PLS) Regression. In: LEWIS-BECK, M.; BRYMAN, A.; LIAO, T.F. (Eds.). **Encyclopedia of Social Sciences Research Methods**. Thousand Oaks (CA): Sage. v.3, 2004. 1528p.

ALVAREZ-JUBETE, L.; AUTY, M.; ARENDT, E.K. Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. **European Food Research and Technology**, v.230, p.437-445, 2010.

AMERINE, M.A., PANGBORN, R.M., ROESSLER, E.B. **Principles of sensory evaluation of food**. New York: Academic Press, 1965. 602p.

CARVALHO, D. **Controle de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas**. Granotec do Brasil, Curitiba, 1999. (Apostila).

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

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T.R.; ARENDT, E.K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends Food Science and Technology.**, v.15, n.3-4, p.143–152, 2004.

IDRIS, N.; EMBONG, M.S.; ABDULLAH, A.; HA, C.M.C.; HASSAN, H. Performance evaluation of shortenings based on palm oil and butterfat in yellow cake. **Fett/Lipid.**, v.98, n.4, p.144-148, 1996.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices**. Maryland: Aspen Publishers, 1999. 827p.

MacFIE, H.J.H.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L.V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v.4, n.2, p.129-148. 1989.

MADRONA, G.S.; ZOTARELLI, M.F.; BERGAMASCO, R.; BRANCO, I.G. Estudo do efeito da adição de soro de queijo na qualidade sensorial do doce de leite pastoso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.4, p.826-833, 2009.

MARCO, C.; ROSELL, C.M. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. **European Food Research and Technology**, v.227, p.1205-1213, 2008.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. Florida: CRC Press, 1987. v.2, 158p.

MODESTA, R. C. D. Avaliação sensorial de produtos extrusados. In: ASCHERI, J. L. R. **Curso de processos de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2006. p.60-73.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

MOSKOWITZ, H.R. **Product testing and sensory evaluation of foods: marketing and R&D approaches**. Westport, Food and Nutrition Press, 1983. 605 p.

NAITO, S. et al. The effect of gelatinized starch on baking bread. **Food Science and Technology Research**, v.11, p.194-201, 2005.

NUNES, M.H.B.; MOORE, M.M.; RYAN, L.A.M.; ARENDT, E.K. Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters. **European Food Research and Technology**, v.228, p.633-642, 2009.

PAGLIARINI, E.; LAUREATI, M.; LAVELLI, V. Sensory evaluation of gluten-free breads assessed by a trained panel of celiac assessors. **European Food Research and Technology**, v.231, p.37-46, 2010.

RODRIGUES FERREIRA, S.M.; LUPARELLI, P.C.; SCHIEFERDECKER, M.E.M.; VILELA, R.M. Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.59, n.4, p.433-440, 2009.

RODRIGUÉZ, M. B. S.; MEGÍAS, S. M.; BAENA, B. M. Alimentos Funcionales y Nutrición Óptima. ¿CERCA O LEJOS? **Revista Española de Salud Pública**, v. 77, n. 3, p. 317-331, 2003.

ROLIM, P.M.; SALGADO, S.M.; PADILHA, V.M.; LIVERA, A.V.S.; GUERRA, N.B.; ANDRADE, S.A.C. Análise de componentes principais de pães de forma formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p.12-17, jan.-fev. 2010.

SABANIS, D.; LEBESI, D.; TZIA, C. Effect of fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. **Food Science and Technology**, v.42, p.1380-1389, 2009.

SAS Institute. **SAS user's guide**: statistics version 9. Cary (NC): Sas Institute Inc, 2008.

SCHOENLECHNER, R.; MANDALA, I.; KISKINI, A.; KOSTAROPOULOS, A.; BERGHOFER, E. Effect of wáter, albumen and fat on the quality of gluten-free bread containing amaranth. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, p.661-669, 2010.

SILVA, G.O. et al. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializado no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.1, p.188-197, 2006.

STONE, H; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. 3.ed. London: Elsevier, 2004. 408p.

WRIGLEY, C.W. Developing better strategies to improve grain quality for wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.45, p.1-17, 1994.

XLSTAT. **XLStat Version 2007.7**. Addinsoft SARL. Paris, France. 2007.



Caracterização física, análise tempo-intensidade e aceitação de pães de forma sem glúten





## RESUMO

A formulação de pão sem glúten representa um desafio, devido à ausência da rede de glúten, que é a responsável pelas propriedades físicas e sensoriais características dos pães. A qualidade dos pães sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes foi analisada por meio dos parâmetros físicos (volume específico e cor), parâmetros de textura (firmeza, mastigabilidade e elasticidade) e sensorial (análise tempo-intensidade e aceitação, com assessores celíacos).

A análise tempo-intensidade mostrou que a amostra com adição de açúcar demerara apresentou maior média de intensidade de doçura, e a amostra com adição de estévia apresentou maior média de intensidade para o sabor de fermento. A amostra com adição de FOS apresentou maior intenção de compra pelos consumidores celíacos.

O volume específico dos pães de forma sem glúten variou de 2,24 a 3,85 cm<sup>3</sup>/g. As amostras dos pães se apresentaram nas regiões do verde e do amarelo e com valores do parâmetro L\* acima de 65, caracterizando-as como amostras claras. Os valores médios dos parâmetros de textura variaram de 2,09 a 2,82 N para a firmeza, de 4,42 a 5,72 N.m para mastigabilidade e de 0,0094 a 0,0107 m para elasticidade.

**Palavras-chave:** análise tempo-intensidade; pão sem glúten; consumidores celíacos.

**ABSTRACT**

Formulation of gluten-free bread presents a challenge because of the absence of gluten network that is the responsible for physical and sensory properties of bread. Gluten-free breads quality was analyzed throughout physical (specific volume and color), textural (firmness, elasticity and chewiness) parameters and sensory (time-intensity analysis and acceptance test with celiac subjects).

The time-intensity analysis showed that the sample added with raw sugar had a higher intensity average of sweetness, and the sample added with stevia had a higher intensity average of yeast taste. The sample added with FOS presented a higher purchase intent by celiac consumers.

The specific volume of gluten-free breads ranged from 2.24 to 3.85cm<sup>3</sup>/g. Bread samples were presented in the regions of green and yellow and with L\* values above 65, characterizing them as clear samples. Mean values of texture parameters ranged from 2.09 to 2.82N for firmness, 4.42 to 5.72 for chewiness and from 0.0094 to 0.0107m for elasticity.

**Key-words:** time-intensity analysis; gluten-free bread; celiac consumers.

## 1. INTRODUÇÃO

A massa da farinha de trigo é um sistema viscoelástico que apresenta um comportamento reológico intermediário entre um líquido viscoso e um sólido elástico. A rede viscoelástica de proteínas desempenha um papel predominante no processamento da massa, bem como nas características de textura do pão acabado (ROSELL et al., 2007). A capacidade das proteínas do trigo para desenvolver uma matriz viscoelástica é o que o torna o cereal mais apropriado para panificação. As frações protéicas envolvidas no desenvolvimento do glúten são as prolaminas e glutelinas, que compreendem 40 e 46% das proteínas totais, respectivamente (ORTH e BUSHUK, 1972). Esta matriz viscoelástica é capaz de reter o gás produzido durante o processo de fermentação, resultando em uma estrutura aerada do miolo do pão (GUJRAL et al., 2003; LOPEZ et al., 2004).

A doença celíaca (DC) é uma enteropatia imunomediada desencadeada pela ingestão de proteínas do glúten e afins em indivíduos geneticamente predispostos (CATASSI e FASANO, 2008). A dieta sem glúten mantém-se como sendo o único tratamento para a DC, beneficiando a recuperação das vilosidades do intestino delgado e a redução no risco de complicações (SERAPHIN e MOBARHAN, 2002).

Os edulcorantes são uma alternativa para aquelas pessoas que não podem ou não devem utilizar o açúcar tradicional em sua alimentação, como é o caso de pacientes diabéticos, obesos ou que desejam reduzir peso. O uso de edulcorantes não calóricos está muito presente em grupos com *Diabetes Mellitus* (DM), e isso faz com que esses pacientes tenham uma alimentação adequada à sua patologia sem ter de se privarem ao prazer do paladar (MENDONÇA et al., 2005).

A nutrição otimizada é um novo conceito que busca maximizar as funções fisiológicas de cada indivíduo, de maneira a assegurar tanto o bem-estar quanto a saúde, como também o risco mínimo de desenvolvimento de doenças ao longo da vida. Nesse contexto, os alimentos funcionais e especialmente os probióticos e prebióticos são conceitos novos e estimulantes (ROBERFROID, 2002). Os prebióticos, tais como inulina e frutooligosacarídeos pertencem a uma classe de carboidratos denominados frutanos e são considerados ingredientes funcionais, uma vez que exercem influência sobre processos fisiológicos e bioquímicos no organismo, resultando em melhoria da saúde e em redução no risco de aparecimento de diversas doenças (CARABIN e FLAMM, 1999; KAUR e GUPTA, 2002).

Embora a substituição da farinha de trigo por ingredientes funcionais possa melhorar os aspectos tecnológicos e nutricionais, é importante garantir que os pães sem glúten possuam características apropriadas de aparência, sabor, aroma e textura, que são determinantes para a aceitação sensorial pelos celíacos.

A percepção do aroma, do gosto, da textura e das sensações térmicas e picantes, em alimentos e bebidas, é um processo dinâmico que apresenta mudanças perceptíveis em intensidade, durante todo o tempo de contato com a mucosa oral (LEE e PANGBORN, 1986). A aplicação da análise tempo-intensidade, como forma de avaliação de um alimento (Monteiro, 2002), é de suma importância, tendo em vista que, por meio da associação da percepção humana, com recursos da informática, esta técnica permite obter informações sobre qualquer característica pré-estabelecida das amostras avaliadas, como por exemplo, velocidade, tempo de percepção, e intensidade de estímulo (FARIA e CARDELLO, 1999).

Outros testes de expressiva relevância e muito úteis no campo da análise sensorial são os testes afetivos, que geralmente complementam os testes descritivos. Os testes afetivos compreendem os testes que medem o grau de gostar ou desgostar de determinado produto, ou ainda a preferência que o consumidor assume sobre um produto com relação a outro (STONE e SIDEL, 2004).

O objetivo deste estudo foi realizar a análise da caracterização física, por meio de análises instrumentais de textura, volume específico e cor, de seis formulações de pães de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes, assim como avaliá-las sensorialmente por meio de análise tempo-intensidade (T-I) dos atributos doçura e sabor fermentado, e testes de aceitação, com consumidores celíacos.

---

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido na empresa “Sabor de Saúde”, no Laboratório Central (UNICAMP/FEA/DEPAN) e no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos (UNICAMP/FEA/DEPAN).

### 2.1. Material

Foram avaliadas seis amostras de pão de forma sem glúten, sendo uma na versão tradicional, com adição de açúcar demerara, três amostras com adição de diferentes edulcorantes (sucralose, frutose e estévia), e duas amostras adicionadas de prebióticos (frutooligossacarídeos (FOS) e inulina).

### 2.2. Métodos

Os pães foram produzidos, e as formulações desenvolvidas em empresa do ramo de alimentação funcional, especializada em fabricação de produtos sem glúten, sem leite e sem açúcar, situada na cidade de São Paulo – SP.

#### 2.2.1. Elaboração dos pães sem glúten

Os ingredientes com as respectivas proporções para fabricação dos pães de forma sem glúten estão demonstrados na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1.** Proporção dos ingredientes nas diferentes formulações dos pães sem glúten.

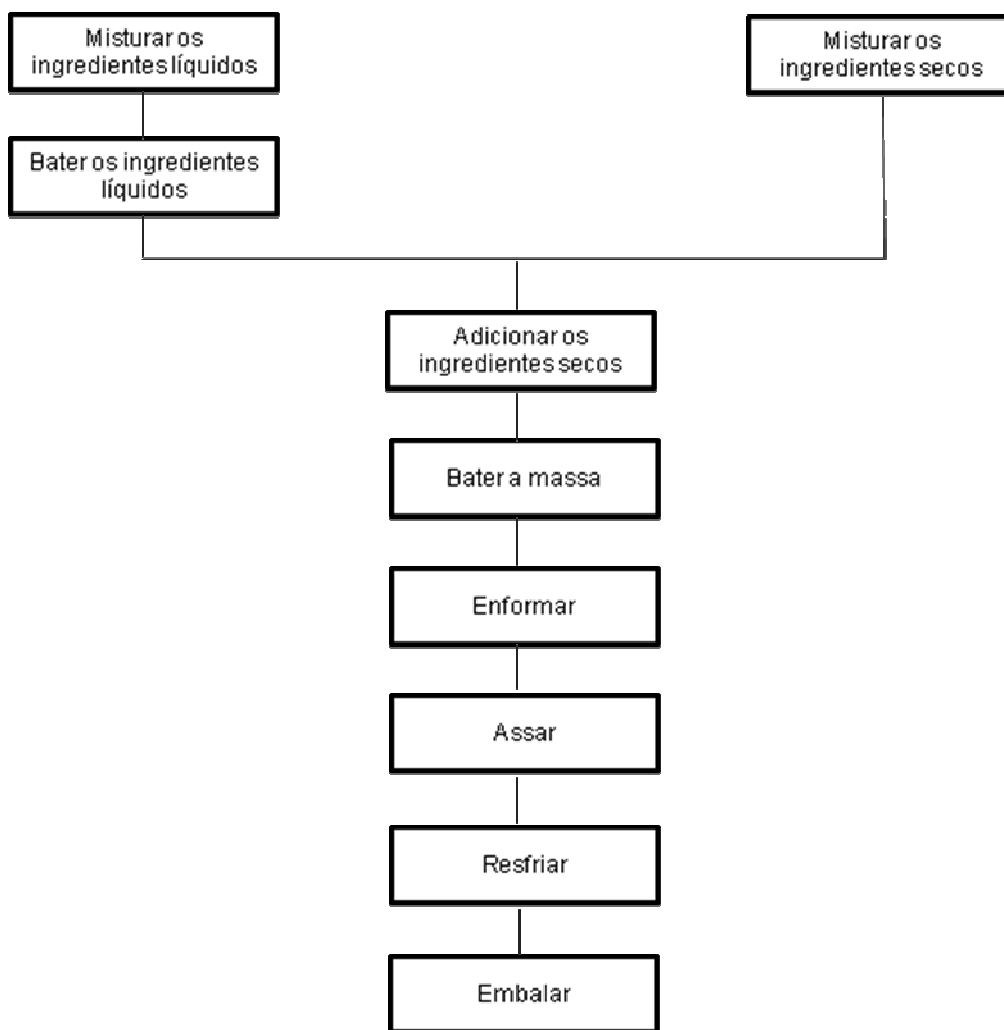
Ingredientes	Formulações					
	A	B	C	D	E	F
Farinha de arroz	180 g	180 g	180 g	180 g	180 g	180 g
Fécula de batata	40 g	40 g	40 g	40 g	40 g	40 g
Fécula de mandioca	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g
Polvilho azedo	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g
Ovo (unidade)	2	2	2	2	2	2
Óleo de palma orgânico	30 mL	30 mL	30 mL	30 mL	30 mL	30 mL
Água	240 mL	240 mL	240 mL	240 mL	240 mL	240 mL
Sal marinho	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g
Fermento biológico seco	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g	6 g
Açúcar demerara	8 g	0	0	0	0	0
Sucralose	0	1 g	0	0	0	0
Frutose	0	0	6 g	0	0	0
Estévia	0	0	0	2 g	0	0
Frutooligosacarídeos (FOS)	0	0	0	0	6 g	0
Inulina	0	0	0	0	0	6 g

As formulações foram produzidas de acordo com o fluxograma de produção da empresa, apresentado a seguir (Figura 2.1).

Em uma batedeira planetária, os ingredientes líquidos (ovo, óleo e água) foram misturados, utilizando água morna para ativar o fermento instantâneo. Em uma bacia foram misturados os ingredientes secos na seguinte sequência: primeiro a farinha de arroz, fécula de batata, fécula de mandioca e fermento; adicionou-se o prebiótico, açúcar ou edulcorante e, por fim, o sal e polvilho, misturando todos os ingredientes secos.

Em seguida, os ingredientes secos foram transferidos para a batedeira e misturados aos ingredientes líquidos. Todos os ingredientes foram batidos em velocidade média por 10 minutos. As massas foram boleadas e inseridas em formas de 25 cm x 10 cm x 10 cm e levadas ao forno pré-aquecido, a uma temperatura de 180°C e assados por

30 minutos. Após serem retirados do forno, os pães foram desenformados e esperou-se cerca de 2 horas para o resfriamento. Os pães foram embalados, em embalagens plásticas a vácuo e armazenados congelados em freezer.



**Figura 2.1.** Fluxograma de produção dos pães de forma sem glúten.

### 2.2.2. Preparo das amostras

As amostras congeladas de pães de forma sem glúten, utilizadas para os testes sensoriais com portadores da doença celíaca, foram preparadas na empresa “Sabor de Saúde”, situada na cidade de São Paulo – SP. Para as análises de caracterização física,



as amostras foram preparadas no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos (UNICAMP/FEA/DEPAN) de acordo com as recomendações da empresa.

As amostras de pão de forma sem glúten foram descongeladas e aquecidas em forno convencional, pré-aquecido, a uma temperatura de 180°C por 3 minutos, conforme recomendações contidas na embalagem dos produtos.

### **2.2.3. Análise sensorial**

As amostras foram servidas aos assessores em cabines individuais do Laboratório da Empresa Sabor de Saúde, situada na cidade de São Paulo, SP, avaliados sob luz branca e temperatura ambiente, permitindo desta forma, conforto e individualidade aos assessores. A apresentação das amostras foi feita em pratos plásticos brancos descartáveis, codificados aleatoriamente com algarismos de três dígitos, acompanhados de água a temperatura ambiente, sendo que cada assessor recebeu uma fatia de cada amostra. Para a avaliação do aroma a apresentação das amostras foi feita em copinhos plásticos brancos descartáveis, fechados com papel alumínio, contendo ¼ da fatia de cada amostra.

#### **2.2.3.1. Análise tempo-intensidade**

Foi realizada a análise tempo-intensidade do gosto doce e sabor de fermento das amostras de pão de forma sem glúten.

A coleta dos dados para a análise tempo-intensidade foi realizada em computador, em sala climatizada (21°C), utilizando-se do programa “Sistema de Coleta de Dados Tempo-Intensidade – SCDTI” (CARDELLO et al., 2003).

### 2.2.3.1.1. Pré seleção da equipe de assessores

Foram recrutados 15 assessores, portadores da doença celíaca, consumidores assíduos dos produtos fabricados pela empresa Sabor de Saúde, que se dispuseram a participar da avaliação descritiva, após esclarecimento detalhado sobre a metodologia e assinatura do “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”.

Uma pré-seleção foi realizada com os candidatos disponíveis para compor a equipe de assessores para realização da Análise Tempo-Intensidade. Para avaliar o poder discriminativo de cada voluntário foram realizados testes triangulares (Meilgaard et al., 1987) utilizando-se três diferentes amostras comerciais de pão de forma sem glúten, disponíveis no mercado. A apresentação das amostras foi feita em copinhos plásticos brancos descartáveis, contendo  $\frac{1}{4}$  da fatia de cada amostra, e codificados aleatoriamente com algarismos de três dígitos, acompanhados de água a temperatura ambiente. A avaliação foi realizada sob luz vermelha, com o intuito de mascarar a diferença de coloração entre os pães de forma sem glúten utilizados.

Nos testes triangulares, os assessores foram orientados a avaliar as amostras da esquerda para a direita e identificarem, na ficha de avaliação, qual das amostras diferia das demais. Cada assessor realizou o teste em nove repetições, e foram avaliados quanto ao poder de discriminação por meio da análise seqüencial de Wald (AMERINE et al., 1965).

Na análise seqüencial foram utilizados os valores para  $p_0=0,45$  (máxima inabilidade aceitável),  $p_1=0,70$  (mínima habilidade aceitável), e para os riscos  $\alpha=0,05$  (probabilidade de aceitar um candidato sem acuidade sensorial) e  $\beta=0,05$  (probabilidade de rejeitar um candidato com acuidade sensorial).

### 2.2.3.1.2. Treinamento da equipe sensorial

Para cada um dos dois atributos avaliados foi determinada uma referência de mínimo e máximo de intensidade, em consenso pelos assessores, para que os extremos da escala fossem estabelecidos entre todos os assessores (Tabela 2.2).

**Tabela 2.2** – Definições e referências do teste tempo-intensidade para os estímulos avaliados pelos assessores para pão de forma sem glúten.

Atributos	Definição	Referências
<b>Gosto doce</b>	Gosto característico de solução de sacarose	Nenhum: água / Forte: açúcar refinado União® diluída em água (1g:100mL)
<b>Sabor fermento</b>	Sabor característico de levedo de cerveja	Nenhum: água / Forte: levedo de cerveja Campo Verde® diluído em água (2g:100mL)

Para esta seleção, os assessores realizaram as avaliações dos atributos pré-determinados para as seis amostras de pão de forma sem glúten, por meio de apresentação monádica com quatro repetições, registrando a intensidade do atributo em função do tempo percorrido na escala do monitor através do "mouse", em escala de nove pontos (0 = nenhum, 4,5 = moderado, 9 = forte).

Ao primeiro aviso emitido pelo computador, o assessor colocava todo o volume de amostra na boca e, usando o "mouse", indicava na escala a intensidade do atributo sensorial determinado. Ao segundo aviso sonoro, o assessor engolia a amostra, e um terceiro aviso indicava o final do teste.

O programa analisou os dados coletados em cada sessão de avaliação sensorial e forneceu os seguintes parâmetros: **Imax** (intensidade máxima registrada pelo assessor); **Tima** (tempo em que a intensidade máxima foi registrada); **Área** (área sob a curva tempo x intensidade) e **Ttot** (tempo total de duração do estímulo).

#### **2.2.3.1.3. Seleção final da equipe de assessores**

Para a seleção dos assessores foi utilizado o atributo gosto doce, devido a sua fácil identificação nas amostras e conhecimento pelos assessores, sendo que os assessores selecionados foram os que apresentaram valores de  $F_{amostra}$  significativo ( $p < 0,30$ ) e  $F_{repetição}$  não significativo ( $p > 0,05$ ), em relação a cada parâmetro.

Foram selecionados 13 assessores, com habilidade para o teste interativo com o computador, e ainda com base no poder de discriminação, repetibilidade e concordância com a equipe (Damásio e Costell, 1991), verificada através de análise de variância de dois fatores (amostra e repetição) para cada assessor, em relação a cada parâmetro da curva tempo-intensidade obtida.

#### **2.2.3.1.4. Teste tempo-intensidade**

Os assessores realizaram avaliações dos atributos (gosto doce e sabor de fermento) das amostras de pão de forma sem glúten, através de apresentação monádica com quatro repetições, registrando a intensidade do atributo em função do tempo percorrido.

A avaliação do sabor de fermento foi devido ao fato de este atributo ter apresentado alta intensidade, na avaliação descritiva das amostras de pão de forma sem glúten. Já o gosto doce se deve ao fato do presente estudo avaliar edulcorantes e prebióticos, em relação ao açúcar.

### 2.2.3.2. Análise de aceitação por consumidores celíacos

As seis formulações de pão de forma sem glúten, adicionadas de prebióticos e edulcorantes, foram avaliadas sensorialmente por 32 assessores celíacos não treinados, com idade entre 20-60 anos, consumidores assíduos dos produtos fabricados pela empresa Sabor de Saúde, que se dispuseram a participar dos testes de aceitação, após esclarecimento detalhado sobre a metodologia.

Os testes de aceitação foram realizados utilizando uma ficha de avaliação por meio de escala não estruturada de 9 cm, para os atributos aparência, cor do miolo, aroma, sabor, maciez e impressão global.

Para complementar os resultados de aceitação do produto, foi questionada a intenção de compras em relação a cada amostra, utilizando-se de procedimento descrito por Meilgaard et al. (1987).

As amostras foram apresentadas aos assessores de forma monádica e o delineamento experimental foi de blocos completos balanceados (MacFIE, 1989).

### 2.2.3.3. Análise estatística

Os parâmetros obtidos das curvas tempo-intensidade e os resultados dos testes de aceitação foram avaliados por meio de análise estatística univariada (análise de variância - ANOVA) adequada para os experimentos em blocos casualizados, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de *Tukey* (no nível de 5% de significância).

Todos os cálculos estatísticos foram realizados utilizando-se o programa *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2008).

Para os resultados obtidos, a partir do teste de intenção de compra dos consumidores foi realizado um histograma de frequência de cada amostra. O programa estatístico utilizado foi *Windows Excel*.

#### **2.2.4. Caracterização física**

As análises de caracterização física foram realizadas no Laboratório Central do Departamento de Alimentos e Nutrição (UNICAMP/FEA), sendo que as amostras de pão de forma sem glúten foram avaliadas em quatro repetições.

##### **2.2.4.1. Volume específico**

O volume das amostras de pão de forma sem glúten foi determinado e obtido em  $\text{cm}^3$  pelo método de deslocamento de sementes de painço (EL-DASH et al., 1982) em proveta graduada de 2 litros. Para o cálculo de volume específico a massa foi pesada em balança semi-analítica, utilizando-se a relação volume/peso em  $\text{cm}^3/\text{g}$ .

##### **2.2.4.2. Textura**

O perfil de textura do miolo dos pães de forma sem glúten foi determinado por método instrumental, utilizando o texturômetro TA-XT2, da Stable Micro Systems, por meio de um software denominado "Texture Expert for Windows". Foram avaliados os parâmetros de firmeza, mastigabilidade e elasticidade. Os testes foram realizados sob as seguintes condições:

- Probe: cilíndrico, alumínio, 35 mm de diâmetro;
- Velocidade do pré-teste: 2,0 mm/s;
- Velocidade do teste: 1,0 mm/s;
- Velocidade do pós-teste: 5,0 mm/s;

- Compressão: 40% da espessura total.

#### **2.2.4.3. Cor**

A cor do miolo das amostras de pão de forma sem glúten foi determinada de acordo com o sistema CIELab. Foram avaliados os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  da cor, em espectrofotômetro, modelo Color Quest II, marca Hunter Lab, considerando os seguintes parâmetros de operação: ângulo  $10^\circ$ , iluminante D65 e modo de calibração RSIN (MINOLTA, 1994).

#### **2.2.4.4. Análise estatística**

O planejamento experimental foi elaborado segundo o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os resultados obtidos foram analisados por meio da análise estatística univariada (análise de variância – ANOVA), e, os valores médios foram comparados pelo teste de *Tukey* (ao nível de 5% de significância).

Os cálculos para foram realizados utilizando-se o *Software Sisvar 5.0* (FERREIRA, 2000).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise tempo-intensidade (T-I)

Para a análise de tempo-intensidade foram avaliados dois atributos relevantes para o pão de forma sem glúten: gosto doce e sabor de fermento. Os parâmetros utilizados para avaliação estão dispostos na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** – Parâmetros utilizados para cada estímulo avaliado pelos assessores para pães de forma sem glúten.

Parâmetros	Gosto doce	Sabor fermento
Tempo de espera inicial (s)	10	10
Tempo de permanência na boca (s)	15	15
Tempo após a ingestão (s)	50	50
Escala de intensidade	09	09

Os resultados do treinamento dos 15 assessores para a análise de tempo-intensidade estão expressos a seguir, na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2** – Níveis de significância (p) para assessores em função da discriminação das amostras e repetibilidade para o estímulo doce.

Provadores	1	2	3	4	5	6*	7	8	9	10	11	12*	13	14	15	
<b>T<sub>ima</sub></b>	amos	0,1821	0,2102	0,0056	0,1732	0,2456	0,2700	0,1759	0,2153	0,0731	0,1987	0,0568	0,1706	0,2782	0,2166	0,1549
	rep	0,7221	0,0876	0,1452	0,1221	0,0611	0,2737	0,2416	0,6230	0,5315	0,2930	0,3719	0,5241	0,4430	0,0981	0,3719
<b>Área</b>	amos	0,0023	0,0061	0,1832	0,0379	0,2241	0,3791	0,1446	0,2007	0,0298	0,0091	0,2569	0,8441	0,1927	0,0834	0,2163
	rep	0,3740	0,8147	0,1340	0,6441	0,1166	0,1881	0,1881	0,5733	0,8192	0,1968	0,7233	0,2416	0,2983	0,1190	0,4569
<b>T<sub>tot</sub></b>	amos	0,0019	0,2700	0,1383	0,2254	0,0386	0,4651	0,0521	0,2843	0,0006	0,1327	0,0732	0,3136	0,2165	0,0003	0,0812
	rep	0,4651	0,2749	0,7217	0,2737	0,1372	0,4062	0,0745	0,0569	0,3845	0,4019	0,1542	0,0247	0,7789	0,0610	0,1101
<b>Imax</b>	amos	0,0354	0,1561	0,2513	0,0521	0,0007	0,4935	0,1962	0,2491	0,0085	0,1955	0,2234	0,4535	0,0003	0,1954	0,2165

\*Provadores que apresentaram  $pF_{amostra} > 0,30$  ou  $pF_{repetição} < 0,05$  não foram selecionados

Os critérios para seleção dos assessores foram valores de  $F_{amostra}$  significativo ( $p < 0,30$ ) e  $F_{repetição}$  não significativo ( $p > 0,05$ ), em relação a cada parâmetro. Sendo assim,



de acordo com os resultados apresentados de  $pF_{amostra}$  e  $pF_{repetição}$  foram selecionados os provadores 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14 e 15.

### 3.1.1. Análise tempo-intensidade para o estímulo gosto doce de pão de forma sem glúten

A Tabela 3.3 mostra os resultados médios obtidos da avaliação pelos 13 assessores celíacos, para cada parâmetro da análise de tempo-intensidade, em relação ao atributo gosto doce presente nas amostras de pão de forma sem glúten.

**Tabela 3.3** – Médias dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o estímulo gosto doce das amostras de pão de forma sem glúten (A = inulina; B = FOS; C = açúcar demerara; D = frutose; E = sucralose; F = estévia).

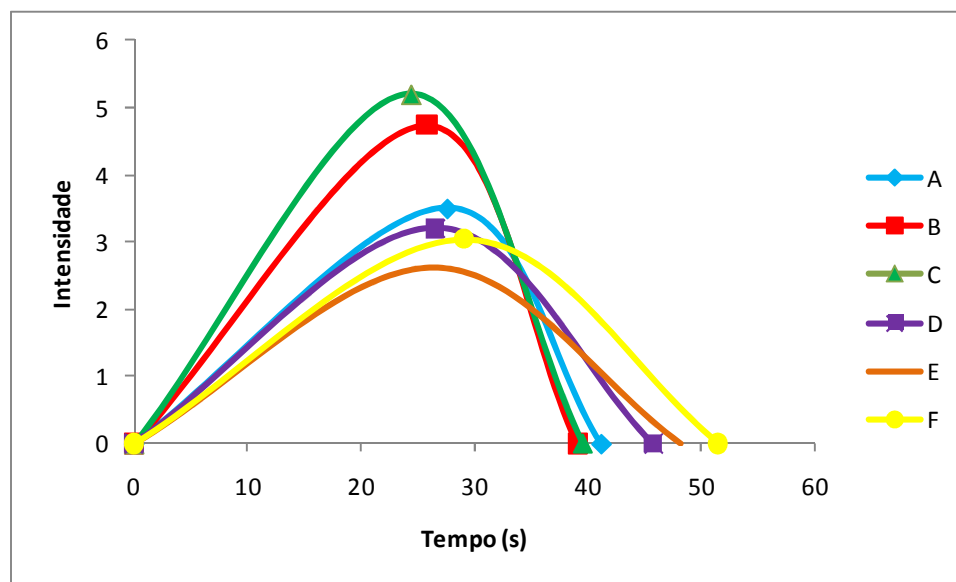
Amostra	Parâmetros			
	Imax	Timax	Ttot	Área
A	3,50 <sup>c</sup>	27,59 <sup>b</sup>	41,15 <sup>b,c</sup>	74,05 <sup>b</sup>
B	4,73 <sup>b</sup>	25,81 <sup>b,c</sup>	39,12 <sup>c</sup>	84,34 <sup>a</sup>
C	5,20 <sup>a</sup>	24,49 <sup>c</sup>	39,52 <sup>c</sup>	88,63 <sup>a</sup>
D	3,20 <sup>d</sup>	26,58 <sup>b</sup>	45,78 <sup>b</sup>	64,68 <sup>c</sup>
E	2,61 <sup>e</sup>	26,39 <sup>b</sup>	48,22 <sup>a,b</sup>	60,61 <sup>c</sup>
F	3,04 <sup>d</sup>	29,04 <sup>a</sup>	51,48 <sup>a</sup>	74,06 <sup>b</sup>

Médias com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem entre si ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de Tukey.

Observa-se que as amostras apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre si para o parâmetro Imax (intensidade máxima). A amostra com adição de açúcar demerara apresentou maior média de intensidade de doçura, seguida pela amostra com adição de FOS. A amostra com adição de sucralose caracterizou-se por uma menor intensidade.

As amostras com adição de frutose e sucralose foram consideradas estatisticamente ( $p < 0,05$ ) iguais, em relação aos parâmetros de Timax, Ttot e Área e, pode-se notar, pela Figura 3.1, que foram semelhantes quanto ao comportamento em relação ao tempo.

A Figura 3.1 representa a tendência do perfil para o estímulo gosto doce registrado pelos assessores. Para a construção das curvas foram utilizadas as médias dos parâmetros de cada amostra.



**Figura 3.1** – Curvas tempo-intensidade, características do estímulo gosto doce, para as amostras de pão de forma sem glúten (A = inulina; B = FOS; C = açúcar demerara; D = frutose; E = sucralose; F = estévia).

As amostras A, D, E e F apresentaram menor  $I_{máx}$  e maiores  $T_{máx}$  e  $T_{total}$ , mostrando que a inulina, frutose, sucralose e estévia não promoveram a mesma percepção de intensidade de doçura que o açúcar demerara e o FOS. A quantidade adicionada destes agentes adoçantes e inulina pode não ter sido suficiente para que o mesmo ocorresse. No entanto, observa-se que estes prolongam a percepção de doçura, em relação ao açúcar e FOS.

As amostras B e C diferiram-se significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação ao parâmetro  $I_{máx}$ , mas apresentaram-se significativamente ( $p < 0,05$ ) iguais em relação aos parâmetros  $T_{máx}$ ,  $T_{tot}$  e área, o que é observado pelas curvas tempo-intensidade, em que seus perfis são bem semelhantes, no comportamento da percepção de doçura.

Este comportamento semelhante entre o FOS e açúcar demerara pode ser explicado pelo fato de o FOS ser uma oligofrutose, composta de oligômeros de cadeias curtas, e possuir propriedades similares às do açúcar e de xaropes de glicose (KAUR e GUPTA, 2002).

### 3.1.2. Análise tempo-intensidade para o estímulo sabor de fermento de pão de forma sem glúten

A Tabela 3.4 mostra os resultados médios obtidos da avaliação pelos 13 assessores celíacos, para cada parâmetro da análise tempo-intensidade, em relação ao atributo sabor de fermento presente nas amostras de pão de forma sem glúten.

**Tabela 3.4** – Médias dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o estímulo sabor de fermento das amostras de pão de forma sem glúten (A = inulina; B = FOS; C = açúcar demerara; D = frutose; E = sucralose; F = estévia).

Amostra	Parâmetros			
	Imáx	Timáx	Área	Ttot
A	7,45 <sup>c</sup>	28,25 <sup>a</sup>	157,41 <sup>a</sup>	48,32 <sup>a</sup>
B	6,97 <sup>d</sup>	26,28 <sup>a</sup>	121,09 <sup>a,b</sup>	39,58 <sup>b</sup>
C	7,04 <sup>d</sup>	28,19 <sup>a</sup>	127,26 <sup>a,b</sup>	40,84 <sup>b</sup>
D	7,44 <sup>c</sup>	24,26 <sup>a</sup>	114,63 <sup>b</sup>	37,24 <sup>b</sup>
E	7,70 <sup>b</sup>	28,60 <sup>a</sup>	135,78 <sup>a,b</sup>	41,33 <sup>b</sup>
F	8,01 <sup>a</sup>	28,17 <sup>a</sup>	148,75 <sup>a,b</sup>	43,01 <sup>a,b</sup>

Médias com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem entre si ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de Tukey.

As amostras apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre si, em relação aos parâmetros Imáx (intensidade máxima registrada pelo assessor), Área (área sob a curva tempo x intensidade) e Ttot (tempo total de duração do estímulo).

Para o parâmetro Imáx observa-se que a amostra F (com adição de estévia) apresentou maior média de intensidade para o sabor de fermento, diferindo-se significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais amostras. As amostras B (com adição de FOS) e

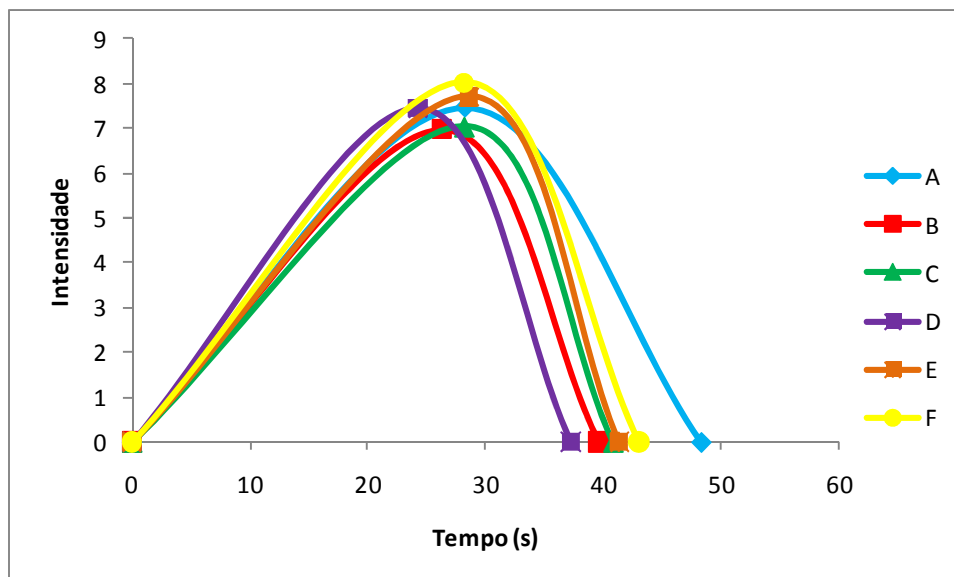
C (com adição de açúcar demerara) caracterizaram-se por uma menor média de intensidade para o sabor de fermento, não diferindo significativamente entre si.

Observa-se que as amostras que apresentaram menor intensidade para o sabor de fermento (amostras B e C) foram as que apresentaram maior intensidade de percepção da doçura, o que pode estar relacionado, visto que a doçura percebida pode encobrir a percepção do sabor de fermento.

A estévia, que é um glicosídeo terpênico, pode apresentar algum efeito sinérgico, realçando o sabor de fermento, ou não possuir a propriedade de encobrir este sabor, como os outros agentes adoçantes e prebióticos e, portanto, esta amostra apresenta intensidade de fermento significativamente ( $p < 0,05$ ) superior.

As amostras com adição de inulina e estévia caracterizaram-se por maior sabor residual de fermento, visto que o tempo total de percepção do sabor nestas amostras foi maior.

A Figura 3.2 representa a tendência do perfil para o estímulo sabor de fermento registrado pelos assessores na análise tempo-intensidade. Para a construção das curvas foram utilizadas as médias dos parâmetros de cada amostra.



**Figura 3.2** – Curvas tempo-intensidade, características do estímulo sabor de fermento, para as amostras de pão de forma sem glúten (A = inulina; B = FOS; C = açúcar demerara; D = frutose; E = sucralose; F = estévia).

As curvas tempo-intensidade mostram que as seis amostras de pão de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes apresentaram perfis semelhantes. Os picos para  $I_{máx}$  apresentam-se próximos, apesar de serem considerados diferentes significativamente, ao nível de 5%, pela ANOVA. Há uma maior variação para o tempo total de duração do estímulo, onde a amostra A se destacou em relação a este parâmetro.

Não foram encontrados estudos aplicando-se a técnica de análise tempo-intensidade em pães.

### 3.2. Análise de aceitação por consumidores celíacos

Os resultados médios obtidos na análise de aceitação dos pães de forma sem glúten, por 32 consumidores celíacos, estão representados na Tabela 3.5. Verificou-se que para todos os atributos avaliados houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras.

**Tabela 3.5** – Médias obtidas para o teste de aceitação de pão de forma sem glúten (n=32) (A=inulina; B=FOS; C=açúcar demerara; D=frutose; E=sucralose; F=estévia).

AMOSTRA	ATRIBUTOS					
	Aparência	Aroma	Sabor	Maciez	Cor do miolo	Impressão global
<b>A</b>	5,91 <sup>b</sup>	3,70 <sup>a</sup>	6,55 <sup>a</sup>	3,64 <sup>b</sup>	6,56 <sup>c</sup>	5,61 <sup>b</sup>
<b>B</b>	5,75 <sup>b</sup>	3,93 <sup>a</sup>	6,16 <sup>b</sup>	4,03 <sup>a</sup>	6,75 <sup>b</sup>	5,89 <sup>a</sup>
<b>C</b>	6,18 <sup>a</sup>	3,72 <sup>a</sup>	6,64 <sup>a</sup>	3,64 <sup>b</sup>	7,14 <sup>a</sup>	5,99 <sup>a</sup>
<b>D</b>	5,75 <sup>b</sup>	3,23 <sup>b</sup>	6,09 <sup>b</sup>	3,70 <sup>b</sup>	6,60 <sup>b,c</sup>	5,46 <sup>b</sup>
<b>E</b>	5,78 <sup>b</sup>	3,39 <sup>b</sup>	6,09 <sup>b</sup>	3,66 <sup>b</sup>	6,59 <sup>b,c</sup>	5,53 <sup>b</sup>
<b>F</b>	5,76 <sup>b</sup>	3,69 <sup>a</sup>	6,18 <sup>b</sup>	4,10 <sup>a</sup>	6,52 <sup>c</sup>	5,47 <sup>b</sup>

Médias com letras em comum, numa mesma coluna, não diferem entre si ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de *Tukey*.

Os resultados para aparência mostraram que a amostra com adição de açúcar demerara foi a mais aceita pelos consumidores celíacos em relação a este atributo, diferindo-se significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais amostras. A avaliação da aparência pode estar relacionada ao atributo cor do miolo, visto que esta amostra também apresentou maior média em relação a este atributo.

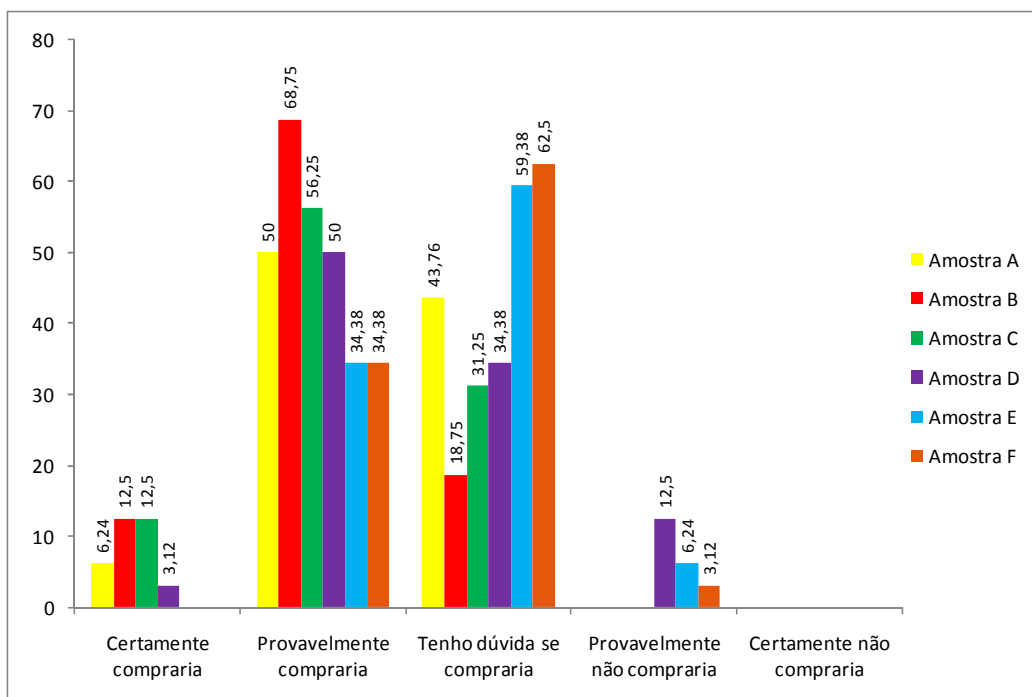
Observa-se que as médias para os atributos aroma e maciez são baixas. Em relação ao aroma, os consumidores perceberam um acentuado aroma azedo em todas as amostras, o que deve estar relacionado à adição de polvilho nas formulações. Para a maciez pode-se constatar que, mesmo apresentando diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras, os assessores as avaliaram numa mesma região da escala. Esta caracterização pode ser devido ao fato de os pães serem produzidos de forma artesanal e com ingredientes naturais. Na fabricação de pães sem glúten, assim como de pães de forma com farinha de trigo, aditivos químicos são adicionados com o intuito de aumentar a maciez, leveza e melhorar a aparência, o que não ocorreu no presente estudo.

As amostras com adição de açúcar demerara e inulina apresentaram maior aceitabilidade em relação ao sabor. A aceitabilidade da amostra com açúcar demerara pode estar relacionada à maior percepção de doçura por esta amostra na análise tempo-intensidade, sendo este um atributo considerado positivo. Já a amostra com adição de inulina apresentou comportamento intermediário na análise tempo-intensidade, tanto para doçura quanto para sabor de fermento, podendo ter levado a um equilíbrio no sabor desta amostra, visto que o sabor de fermento, quando em maiores concentrações, é considerado um atributo negativo e a doçura como positiva.

Em relação ao atributo impressão global das amostras, as mais aceitas pelos consumidores foram as amostras com adição de açúcar demerara e FOS. Esta maior aceitabilidade em relação à impressão global corrobora com o fato de estas amostras também apresentarem maiores médias para os atributos aparência, cor do miolo e aroma.

### **3.2.1. Teste de intenção de compra com consumidores celíacos**

A Figura 3.3 apresenta os resultados para a intenção de compra das amostras de pão de forma sem glúten, avaliadas por 32 consumidores celíacos, por meio de uma distribuição de frequência das notas correspondentes à escala utilizada para avaliação. Foi utilizada escala estruturada de cinco pontos, variando de “certamente não compraria” a “certamente compraria”.



**Figura 3.3** – Distribuição de frequência das notas para intenção de compra das amostras de pão de forma sem glúten, avaliadas por 32 consumidores celíacos (A=inulina; B=FOS; C=açúcar demerara; D=frutose; E=sucralose; F=estévia).

Observa-se, na Figura 3.3, que os consumidores celíacos apresentaram boa intenção de compra em relação às amostras de pão de forma sem glúten.

A amostra com adição de FOS apresentou maior intenção de compra, visto que 12,5% dos consumidores certamente comprariam, 68,75% provavelmente comprariam e 18,75% apresentaram dúvida em relação à compra, seguida da amostra com adição de açúcar demerara. Estes resultados corroboram os encontrados no teste de aceitação em relação a impressão global.

A amostra que apresentou menor intenção de compra entre os consumidores celíacos foi a com adição de estévia, em que 34,38% provavelmente comprariam, 62,5% apresentaram dúvida em relação à compra desta amostra, e 3,12% provavelmente não comprariam. Este resultado pode estar relacionado ao sabor residual de fermento apresentado por esta amostra na análise tempo-intensidade.



Observa-se que, para nenhuma das amostras de pão de forma sem glúten, os consumidores celíacos avaliaram no ponto extremo da escala, em “certamente não compraria”. Somente as amostras com adição de frutose, sucralose e estévia foram avaliadas em “provavelmente não compraria”.

### 3.3. Caracterização física

A Tabela 3.6 apresenta os valores médios das características físicas analisadas para os pães de forma sem glúten. Verificou-se que para todos os parâmetros avaliados as amostras apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre si.

**Tabela 3.6** – Médias de volume, textura e cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) para as amostras de pães de forma sem glúten (A=inulina; B=FOS; C=açúcar demerara; D=frutose; E=sucralose; F=estévia).

Amostra	Volume (cm <sup>3</sup> /g)	Textura			Cor		
		Firmeza (N)	Mastigabilidade (N.m)	Elasticidade (m)	L*	a*	b*
A	3,06 <sup>c</sup>	2,82 <sup>a</sup>	5,45 <sup>b</sup>	0,0102 <sup>b</sup>	77,41 <sup>b</sup>	-1,76 <sup>b,c</sup>	+18,91 <sup>f</sup>
B	3,85 <sup>a</sup>	2,27 <sup>d</sup>	4,90 <sup>c</sup>	0,0096 <sup>c</sup>	72,56 <sup>c</sup>	-1,76 <sup>b,c</sup>	+21,96 <sup>b</sup>
C	3,80 <sup>a</sup>	2,09 <sup>e</sup>	4,42 <sup>e</sup>	0,0097 <sup>c</sup>	79,28 <sup>a</sup>	-1,71 <sup>a,b</sup>	+22,62 <sup>a</sup>
D	3,36 <sup>b</sup>	2,38 <sup>c</sup>	4,72 <sup>d</sup>	0,0094 <sup>d</sup>	71,90 <sup>c</sup>	-1,78 <sup>c</sup>	+21,54 <sup>c</sup>
E	2,24 <sup>e</sup>	2,68 <sup>b</sup>	5,72 <sup>a</sup>	0,0105 <sup>a</sup>	68,19 <sup>d</sup>	-1,69 <sup>a</sup>	+20,95 <sup>d</sup>
F	2,83 <sup>d</sup>	2,79 <sup>a</sup>	5,57 <sup>a,b</sup>	0,0107 <sup>a</sup>	66,52 <sup>e</sup>	-1,67 <sup>a</sup>	+19,81 <sup>e</sup>

Médias seguidas por letras iguais em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

#### 3.3.1. Volume específico

A análise dos valores médios dos volumes específicos para os pães de forma sem glúten, observados na Tabela 3.6, mostra que estes valores apresentam-se baixos. Observa-se que as amostras com adição de FOS e açúcar demerara apresentaram maior média para este parâmetro, não diferindo significativamente ( $p > 0,05$ ) entre si. Este aumento no volume específico das amostras com FOS e açúcar demerara pode ter contribuído para a maior aceitabilidade destas amostras pelos consumidores. Estas

amostras são consideradas como as mais recomendadas em relação a este parâmetro, já que pães com maior volume específico são pães mais leves, e de maior preferência pelos consumidores.

Marco e Rosell (2008) observaram que a adição de proteína de soja misturada com farinha de arroz, em pães sem glúten, diminuiu significativamente ( $p < 0,05$ ) o volume específico do pão. Silva et al. (2009) avaliaram o volume específico de pães de forma com adição de farinha de “okara” e obtiveram valores mais próximos aos obtidos no presente trabalho. Os pães apresentaram valores médios de 5,41, 4,96, 4,76 e 2,97cm<sup>3</sup>/g de volume específico, com 0, 5, 10 e 15% de adição de farinha de “okara”, respectivamente.

Gewehr (2010) desenvolveu pão de forma com adição de quinoa e concluiu que quanto maior a substituição de farinha de trigo por flocos de quinoa, menor o volume específico do pão de forma resultante. De acordo com Gorinstein et al. (2008) há a diminuição do volume específico pois a quinoa não possui glúten.

### **3.3.2. Textura**

Em relação ao parâmetro de textura, as amostras foram avaliadas quanto à firmeza, mastigabilidade e elasticidade. As amostras com adição de inulina e estévia apresentaram maior média em relação a firmeza, não diferindo significativamente ( $p > 0,05$ ) entre si. Já a amostra com adição de açúcar demerara caracterizou-se por uma menor firmeza, diferindo significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais.

A dureza ou firmeza dos pães está relacionada com a força aplicada para ocasionar uma deformação ou rompimento da amostra, avaliada por texturômetros mecânicos (Esteller et al., 2004) e correlacionada com a mordida humana durante a ingestão dos alimentos. A força máxima avaliada para produtos panificados é dependente

da formulação (qualidade da farinha, quantidade de açúcares, gorduras, emulsificantes, enzimas e melhoradores de farinha), umidade da massa e conservação (tempo de fabricação do produto e embalagem).

Sabanis et al. (2009) observaram que o tipo de fibra, nível de adição e suas interações afetaram significativamente a firmeza do miolo de pães sem glúten. Eles concluíram que a adição de fibra contribuiu para uma textura mais macia, o que não foi observado no presente estudo.

De acordo com Bannwart (2001), a textura está diretamente relacionada aos ingredientes da formulação, assim como seu balanceamento. Marconi e Careca (2001) relatam que a ausência do glúten muitas vezes resulta em uma massa mais líquida e que pode resultar em um pão com textura esfarelenta, pouca coloração e outros defeitos de qualidade pós forneamento.

Em relação à mastigabilidade, as amostras com adição de sucralose e estévia apresentaram maior média para este parâmetro, não diferindo significativamente ( $p > 0,05$ ) entre si. A amostra com açúcar demerara apresentou menor média para este parâmetro, diferindo-se significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais.

As amostras com adição de sucralose e estévia caracterizaram-se por uma maior média para o parâmetro elasticidade, não diferindo significativamente ( $p > 0,05$ ) entre si. Já a amostra com adição de frutose apresentou menor média, diferindo-se significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais.

Muitos fatores contribuem para as alterações na textura dos pães sem glúten, como a quantidade de água na massa e diferenças na capacidade de retenção de umidade da farinha utilizada em substituição à farinha de trigo e, principalmente, a

redução no conteúdo de proteínas do trigo na formulação do pão (SILVA et al., 2009). Estes mesmos autores afirmam que há uma relação inversa entre volume específico e firmeza, o que foi comprovado neste estudo.

Segundo Witczak et al. (2010), as propriedades características de cada amido interferem na textura. Os pequenos grânulos de amido da farinha de arroz (2 a 10 $\mu$ m) apresentam-se na forma pentagonal, enquanto na farinha de trigo (30 $\mu$ m) a forma é oval (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010). Devido às diferenças existentes na estrutura dos amidos, a pasta de amido do arroz apresenta maior viscosidade em relação ao do trigo nas mesmas condições (Koziol, 1992), o que pode levar a uma textura mais firme nos pães sem glúten.

### 3.3.3. Cor

A cor dos pães de forma constitui um fator muito importante para a sua comercialização, sendo diretamente influenciada pelas matérias-primas que compõem sua formulação e pelas condições de forneamento (SILVA et al., 2009). No sistema CIELab, os valores para claro e escuro são representados pelo L, o vermelho é representado por +a, o verde por -a, o amarelo por +b e o azul por -b, em um plano cartesiano (GIESE, 2000).

De acordo com Esteller et al. (2004) valores de L\* mais altos indicam maior reflectância da luz, traduzindo-se em pães com coloração clara, pobres em açúcares ou presença de farinhas e amidos na crosta. Maiores valores de a\* indicam maior coloração escura na crosta, o que normalmente ocorre para o pão de forma. Valores altos para b\* são traduzidos para amostras com forte coloração amarelada ou dourada.

A análise dos valores médios dos parâmetros de coloração mostra que, em relação ao parâmetro  $L^*$  estes valores variaram de 66,52 a 79,28, caracterizando-se como amostras de cor clara do miolo. A amostra com adição de estévia apresentou menor média para este parâmetro, diferindo significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais. A amostra com açúcar demerara caracterizou-se como a mais clara entre as amostras, apresentando a maior média e diferindo-se significativamente das demais. Este resultado é esperado visto que os pães de forma sem glúten foram produzidos principalmente com farinha de arroz e amido. Pagliarini et al. (2010) também obtiveram altos valores de  $L^*$  para pães de forma sem glúten, variando de 76,7 a 99,4.

Para o parâmetro  $a^*$ , os valores médios variaram de -1,78 a -1,67. As amostras com adição de sucralose e estévia apresentaram maior média para este parâmetro, não diferindo significativamente ( $p > 0,05$ ) entre si. A amostra com adição de frutose apresentou menor média para este parâmetro, diferindo-se significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais. Como os valores encontrados para este parâmetro foram negativos, significa que não houve a presença de tonalidade vermelha para o miolo dos pães de forma sem glúten.

Sabanis et al. (2009) obtiveram valores médios para o parâmetro de coloração  $a^*$  variando de -2,85 a -1,87 para pães sem glúten formulados com adição de diferentes fibras dietéticas presentes em cereais. Os mesmos autores encontraram para a tonalidade amarelada (parâmetro  $b^*$ ) dos pães sem glúten, médias variando entre 4,40 e 12,94, que foram médias mais baixas que as obtidas no presente estudo.

A amostra com adição de açúcar demerara caracterizou-se por uma maior média para o parâmetro de coloração  $b^*$ , diferindo-se significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais, destacando-se, assim, para a sua coloração mais amarelada. Já a amostra com adição de

inulina apresentou menor média, também se diferenciando significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais.

#### 4. CONCLUSÕES

A análise tempo-intensidade para as seis amostras de pão de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes mostrou que os pães com adição de açúcar demerara apresentaram maior intensidade de doçura, seguida dos pães com adição de FOS. Estes apresentaram comportamento semelhante de percepção de doçura, ao longo do tempo. Os 6 tipos de pães apresentaram comportamento semelhante de percepção do sabor de fermento, no entanto, os pães com adição de açúcar demerara e FOS apresentaram menor intensidade máxima de percepção.

Os pães de forma sem glúten, com prebióticos e edulcorantes, apresentaram intenção de compra positiva. Os pães com adição de açúcar demerara e FOS foram os mais aceitos em relação a impressão global e obtiveram melhor intenção de compra pelos consumidores celíacos.

As formulações com adição de açúcar demerara e FOS apresentaram maior volume específico, e menor firmeza, elasticidade e mastigabilidade, o que pode ter contribuído para a maior aceitação pelos consumidores celíacos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ-JUBETE, L.; WIJNGAARD, H.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. **Food Chemistry**, London, v.119, n.2, p.770-778, 2010.

AMERINE, M.A., PANGBORN, R.M., ROESSLER, E.B. **Principles of sensory evaluation of food**. New York: Academic Press, 1965. 602p.

CARABIN, I.G.; FLAMM, W.G. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, New York, v.30, p.268-282, 1999.

CARDELLO, H.M.A.B.; da SILVA, M.A.A.P.; DAMÁSIO, M.H.; LOBÃO, F. Programa sistema de coleta de dados tempo-intensidade – SCDTI. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.37, suplemento, p.54-62, 2003.

CATASSI, C.; FASANO, A. Celiac disease. In: ARENDT, E.K.; DALBELLO, F.(Eds.), **Gluten-free cereal products and beverages** (pp. 1-22). Food science and technology: International series, USA: Academic Press. 2008. 445p.

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

EL-DASH, A.A. Standardized mixing and fermentation procedures for experiments baking test. **Cereal Chemistry**, v.55, n.336, p.436-446, 1978.

ESTELLER, M.S.; AMARAL, R.L.; LANNES, S.C.S. Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. **Journal of Texture Studies**, 35, p. 383-393, 2004.

FARIA, J. B.; CARDELLO, H.M.A.B. Análise tempo-intensidade de características sensoriais de aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.33, n.1, p. 27-34, 1999.

FERREIRA, D.F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA/DEX, 2000. 69p.



GEWEHR, M.F. **Desenvolvimento de pão de forma com adição de quinoa**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010. 102p.

GIESE, J. Color measurement in foods as a quality parameter. **Food Technology**, Chicago, v. 54, n. 2, p.62-63, 2000.

GORINSTEIN, S.; LOJEK, A.; CÍZ, M.; PAWELZIK, E.; DELGADO-LICON, E.; MEDINA, O.J.; MORENO, M.; SALAS, I.A.; GOSHEV, I. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.43, n.3, p.629-637, 2008.

GUJRAL, H.S.; GUARDIOLA, I.; CARBONELL, J.V.; ROSELL, C.M. Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.3814-3818, 2003.

KAUR, N.; GUPTA, A.K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. **Journal of Biosciences**, Bangalore, v.27, p.703-714, 2002.

KOZIOL, M.J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.5, n.1, p.35-68, 1992.

LEE, W.E.; PANGBORN, R.M. Time-intensity: the temporal aspects of sensory perception. **Food Technology**, v.40, n.1, p.71-82, 1986.

LOPEZ, A.C.B.; PEREIRA, A.J.G.; JUNQUEIRA, R.G. Flour mixtures of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, p.63-70, 2004.

MacFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effect in halls tests. **Journal of Sensory Studies**, v.4, n.2, p.129-148, 1989.

MARCO, C.; ROSELL, C.M. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. **European Food Research and Technology**, v.227, p.1205-1213, 2008.

MARCONI, E., CARECA, M. Pasta from nontraditional raw materials. **Cereal Foods World**, v.46, p.522–530, 2001.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton: CRC Press, 1987. 281p.

MENDONÇA, C.R.B. et al. Características sensoriais de compotas de pêssego light elaboradas com sucralose e acessulfame-k. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.401-407, 2005.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Osaka: MINOLTA Co. Ltd., 1994. 49 p.

MONTEIRO, M.A.M. **Caracterização da bebida de café (Coffea arábica L.): Análise Descritiva Quantitativa, Análise Tempo-Intensidade e Testes Afetivos**. 2002. 158 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

ORTH, R.A.; BUSHUK, W. A comparative study of the proteins of wheats of diverse baking qualities. **Cereal Chemistry**, v.49, p.268-275, 1972.

PAGLIARINI, E.; LAUREATI, M.; LAVELLI, V. Sensory evaluation of gluten-free breads assessed by a trained panel of celiac assessors. **European Food Research and Technology**, v.231, p.37-46, 2010.

ROBERFROID, M.B. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**, Rome, v.34, suppl.2, p.S105-S110, 2002.

ROSELL, M.C.; COLLAR, C.; HAROS, M. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. **Food Hydrocolloids**, v.21, p.452-462. 2007.

SABANIS, D.; LEBESI, D.; TZIA, C. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. **Food Science and Technology**, v.42, n.8, p.1380-1389, oct. 2009.

SAS Institute. **SAS user's guide: statistics version 9**. Cary (NC): Sas Institute Inc, 2008.

SERAPHIN, P., MOBARRHAN, S. Mortality in patients with celiac disease. **Revista de Nutrição**, v.60, p.116-118, 2002.

SILVA, L.H.; PAUCAR-MENACHO, L.M.; VICENTE, C.A.; SALLES, A.S.; STEEL, C.J. Desenvolvimento de pão de forma com a adição de farinha de “okara”. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.12, n.4, p.315-322, out./dez. 2009.

WITCZAK, M.; KORUS, J.; ZIOBRO, R.; JUSZCZAK, L. The effects of maltodextrins on gluten-free dough and quality of bread. **Journal of Food Engineering**, Elsevier, v.96, n.2, p.258-265, 2010.



## **CONCLUSÃO GERAL**

Os pães de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes mais aceitos, tanto pelos consumidores celíacos quanto não-celíacos, foram os adicionados de açúcar demerara e de frutooligossacarídeos (FOS), sendo que os principais atributos que caracterizaram estes pães foram o sabor doce e a cor da casca. Estes pães também apresentaram maior volume específico, e menor firmeza, elasticidade e mastigabilidade, o que pode ter contribuído para a maior aceitação pelos consumidores.

Para uma otimização na produção dos pães de forma sem glúten, o atributo maciez deve ser mais bem avaliado e estudado, visto que suas médias foram baixas, e devido a grande importância deste atributo na avaliação de pães de forma.



## SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Análises de umidade e de fibra podem ser realizadas com o intuito de obter maiores comparações na avaliação e estudo dos pães de forma sem glúten.

Uma análise da composição centesimal dos pães de forma sem glúten seria importante para determinar todos os componentes nutricionais presentes.

A determinação do potencial prebiótico dos pães de forma sem glúten com adição de prebióticos pode mostrar a quantidade de prebiótico disponível no produto final.

Para uma maior aceitação dos pães de forma sem glúten seria interessante o estudo do atributo maciez, visto que os pães apresentaram médias baixas para este atributo. Talvez a utilização de um emulsificante natural.

O estudo da vida de prateleira também seria de grande interesse, em função de os pães sem glúten apresentarem vida de prateleira curta.





## APÊNDICE

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### ESCLARECIMENTO SOBRE OS TESTES SENSORIAIS

Você está sendo convidado (a) a participar como voluntário em uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado (a) de forma alguma. Em caso de dúvida você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da UNICAMP pelo telefone (19) 3788-8936.

#### INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

**Título do Projeto:** Perfil sensorial e físico de pães de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes.

- Pesquisadora Responsável: Elisa Carvalho de Moraes

Telefone para contato: (19) 33259049/ (19) 35214084

Responsável pela apresentação do TCLE e obtenção do consentimento.

- Professora Coordenadora: Dra Helena Maria André Bolini

Telefone para contato: (19) 3521 4083

#### **Descrição da pesquisa:**

Você será solicitado a realizar testes sensoriais que descrevem amostras de pão de forma sem glúten quanto à sua aparência, aroma, sabor e textura. Esses testes não apresentam riscos de qualquer natureza ou desconforto.

#### **Justificativa:**

Tendo em vista o pouco conhecimento que se tem sobre análises sensoriais com pães de forma sem glúten e sua importância para os celíacos e para o organismo, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o perfil sensorial, a aceitabilidade, e os parâmetros

físicos dos pães de forma sem glúten. Espera-se obter resultados que descrevam as principais características de pães de forma sem glúten, podendo contribuir para a otimização de sua produção em relação à sua aceitabilidade pelos consumidores.

**Procedimento do teste que você participará:**

Para a realização dos testes de avaliação sensorial será necessário avaliar os parâmetros de aparência, aroma, sabor e textura que caracterizam os pães de forma sem glúten e informar seu grau de preferência entre as amostras.

**Benefícios decorrentes da participação na pesquisa:**

Sua participação, como voluntário, auxiliará um projeto de pesquisa que visa o desenvolvimento e levantamento de características importantes a serem consideradas durante o processamento de pães de forma. Não há riscos previsíveis na participação do projeto.

**Período de participação:**

O período de participação no projeto de pesquisa será de 6 meses. Nesse período você será solicitado a comparecer em torno de 10 vezes, ao laboratório da empresa Sabor de Saúde, onde em menos que 30 minutos, você realizará o teste sensorial anteriormente descrito. Todos os resultados obtidos serão mantidos em sigilo pelos pesquisadores desse projeto.

O termo de consentimento poderá ser retirado a qualquer momento sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção do seu acompanhamento/assistência/tratamento.

Nome e Assinatura do pesquisador: \_\_\_\_\_

## **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Eu, \_\_\_\_\_, RG/ CPF/ n.ºde prontuário/ n.ºde matrícula \_\_\_\_\_, abaixo assinado, após ler os esclarecimentos acima, concordo em participar do estudo “Perfil sensorial e físico de pães de forma sem glúten com adição de prebióticos e edulcorantes.”, como sujeito. Fui devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador \_\_\_\_\_ sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, deixando de participar da pesquisa, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento.

Local e data:

\_\_\_\_\_

Nome e Assinatura do sujeito ou responsável:

\_\_\_\_\_

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar:**

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_