

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTU SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

CRISTIANE SCHAMNE

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS PANIFICADOS
LIVRES DE GLÚTEN

PONTA GROSSA
2007

CRISTIANE SCHAMNE

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS PANIFICADOS
LIVRES DE GLÚTEN

Dissertação apresentada como um dos
requisitos para obtenção do título de mestre
na Universidade Estadual de Ponta Grossa,
área de Ciência e Tecnologia de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate
Co-orientadora: Dra. Silvia Deboni Dutcosky

PONTA GROSSA
2007

Ficha catalográfica elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

S299o Schamne, Cristiane
Obtenção e caracterização de produtos panificados livres de
glúten / Cristiane Schamne. Ponta Grossa, 2007.
140 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de
Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate

Co –Orientador: Profa. Dra. Silvia Deboni Dutcosky

1. Doença celíaca. 2. Produtos isentos de glúten . 3. Muffin.
4. Pão. I. Demiate, Ivo Mottin. II. Dutcosky, Silvia Deboni. III.
Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em Ciência e
Tecnologia de Alimentos . IV. T.

CDD: 641.815

CRISTIANE SCHAMNE

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS PANIFICADOS LIVRES DE GLÚTEN

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do título de mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Ponta Grossa, 25 de setembro de 2007.

Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate
Doutor em Agronomia
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof^a. Dra. Nelci Catarina Chiquetto Silva
Doutora em Processos Biotecnológicos
Universidade Federal do Paraná

Prof^a. Dra. Laura Beatriz Karam
Doutora em Ciência de Alimentos
Universidade Estadual de Londrina

“Dedico essa dissertação aos meus pais
Luis e Iole que sempre me incentivaram,
acreditaram e vibraram muito por todas as
minhas vitórias. A vocês dedico mais uma
etapa vencida na minha vida...”

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me iluminado nessa caminhada, me dando a força necessária para que eu não desistisse nos momentos difíceis, me dando clareza e discernimento de idéias.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela realização do mestrado e utilização de suas dependências para realização dos experimentos

Ao Professor Doutor Ivo Mottin Demiate pela orientação, ensinamentos e incentivos constantes.

A Professora Doutora Silvia Deboni Dutcosky por toda orientação nas análises estatística e sensorial e pelo apoio incondicional.

A Fundação Araucária pelo apoio financeiro.

Ao departamento de Engenharia de Alimentos, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná pela utilização dos laboratórios de análise sensorial e panificação.

A Granotec do Brasil pela utilização do laboratório para realização da análise instrumental do experimento.

As Indústrias Pinduca, Granotec e L.C.Bolonha pelo fornecimento de parte do material experimental.

A Importadora de Frutas La Violetera Ltda, pela utilização de suas dependências e funcionários para realização da análise sensorial do *muffin*.

A ACELPAR pelos inúmeros ensinamentos a respeito da doença e participação de seus membros na análise sensorial do pão e *muffin*.

A todos os meus colegas de mestrado, em especial à Leila Dierings, pelos momentos inesquecíveis de amizade.

Aos funcionários da Pontifícia Universidade Católica do Paraná Claudemir Policarpo de Azevedo, Rosane Utech, Maria Lúcia Cunha da Silva e Lucilene Moreira Kovalski, pela ajuda na realização dos experimentos e análises.

A estagiária Manoela Zortea pela ajuda na realização da análise instrumental na Granotec.

Aos meus pais, Luis e Iole, à minha irmã Silvia e ao meu cunhado Amarildo pela paciência, apoio e amor.

RESUMO

A doença celíaca está relacionada à ingestão de alimentos que contêm glúten, proteína presente em algumas matérias-primas vegetais, como trigo, centeio, cevada e aveia, danificando a superfície da mucosa do intestino, dificultando a absorção de nutrientes pelo organismo. A doença celíaca tem sido objeto freqüente de estudos clínicos e tecnológicos em busca de alternativas alimentares para indivíduos que sofrem da enfermidade. O objetivo desse trabalho foi desenvolver produtos panificados isentos de glúten, de boa aceitação sensorial, utilizando amido de mandioca e adicionados de derivados de soja. A partir do amido de mandioca, creme de arroz e amido de milho utilizados na formulação, foi realizado o delineamento experimental para misturas Simplex-Centróide, e posteriormente os dados foram lançados no *software Statística 7.0*, inserindo-se a restrição do limite máximo de 50 % de amido de mandioca, que resultou no delineamento para misturas originando sete amostras. A partir dessas sete amostras, foram realizadas análises sensorial e instrumentais de volume específico, elasticidade e firmeza. Para a análise sensorial, a formulação ótima de mistura encontrada foi 50% de creme de arroz e 50% de amido de mandioca, e para a análise instrumental, o ponto ótimo simultâneo das três análises realizadas foi 20% de creme de arroz, 30% de amido de mandioca e 50% de amido de milho. A partir dos dois pontos ótimos obtidos, foi realizada uma segunda análise sensorial, na qual a formulação ótima obtida a partir das análises instrumentais realizadas foi significativamente preferida (média escala hedônica=6,96±1,71, numa escala de 1 a 9) em relação à formulação ótima obtida na primeira análise sensorial (média escala hedônica 5,77±1,83, numa escala de 1 a 9). A partir dessa amostra, foram realizadas análises comparativas de volume específico, elasticidade e firmeza, e teste triangular entre o pão assado e o pão pré-assado e congelado. A amostra assada e a amostra pré-assada e congelada do pão diferiram apenas com relação à elasticidade do produto, não sendo percebida nenhuma diferença sensorial entre as amostras analisadas. Para o *muffin* foi realizada análise sensorial, a qual apresentou média de escala hedônica de 7,76±1,07, numa escala de 1 a 9. Foram realizadas análises sensorial e instrumentais de volume específico, elasticidade e firmeza comparativas entre a amostra assada e a amostra pré-assada e congelada, adotando o mesmo procedimento aplicado ao pão. O *muffin* assado e o *muffin* pré-assado e congelado diferiram com relação ao volume específico e elasticidade, porém não apresentaram diferença sensorial significativa aplicando-se o teste triangular. Para ambos os produtos foram realizadas análises físico-químicas, nutricionais e microbiológicas, as quais mostram estar de acordo com a legislação vigente. Foram realizadas levantamento de custo dos produtos desenvolvidos, os quais mostram estar economicamente de acordo com produtos similares encontrados no mercado.

Palavras-chave: pão, *muffin*, isento de glúten, doença celíaca, amido, delineamento de misturas, congelamento.

ABSTRACT

The celiac disease is associated to food ingestion containing gluten, a protein that is found in some vegetable raw materials, as wheat, rye, barley and oats, damaging the surface of the intestine mucosa, making difficult nutrients absorption by the organism. The celiac disease has been object of frequent technological and clinical research on food alternatives to persons having the disease. The objective of this study was to develop the gluten free baked products, having a good sensorial acceptance, using cassava starch with the addition of soybeans derived products. From the rice cream, the cassava starch and the maize starch used in the formulation, the experimental design for Simplex-Centróide mixtures was carried through, and after that the software called Statistica 7.0 was used, inserting the maximum limit restriction of 50% of cassava starch, resulting in the experimental design for mixtures, giving then seven samples. Using these seven samples, sensorial and instrumental analysis composed of specific volume, elasticity and firmness analysis was carried through. For the sensorial analysis, the optimized formulation of mixture was 50% of rice cream and 50% of cassava starch, and for the instrumental analysis, the optimal simultaneous point for the three conducted analyses was 20% of rice cream, 50% of maize starch and 30% of cassava starch. From these two optimal points, a second sensorial analysis was realized, and the optimal formulation obtained from instrumental analyses was significantly preferred (hedonic scale average=6,96±1,71, using scale of 1 to 9) comparing to the first sensorial analysis (hedonic scale average=5,77±1,83, using scale of 1 to 9). From these samples, it was realized the comparative analysis of specific volume, elasticity, firmness and triangular test between baked bread and pre-baked and freeze bread. The baked sample and the pre-baked and freeze sample showed differences only in product elasticity, having not showed sensorial difference between the samples analyzed. For the *muffin*, a sensorial analysis was conducted, that resulted on hedonic scale average 7,76±1,07, using scale of 1 to 9. It was realized instrumental analysis of specific volume, elasticity and firmness, and comparative analysis between baked *muffin* and pre-baked and freeze *muffin*, adopting the same procedure used for bread analysis. The baked *muffin* and pre-baked and freeze *muffin* differed on specific volume and elasticity, however they didn't have any sensorial difference when the triangular test was applied. For both, the bread and *muffin*, it was realized the physic-chemistry, nutritional and microbiological analysis, and both were according to the current law. It was realized cost analyses of the developed products, and the conclusion was that they are economically according with similar products.

Key-words: bread, muffin, gluten-free, celiac disease, starch, mixture design, freezing

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 -	Diagnóstico da doença celíaca por idade.....	19
Figura 02 -	Mucosa do intestino delgado com vilosidade normal (a) e com vilosidade atrofiada (b)	19
Figura 03 -	Dermatite herpetiforme (DH) com manifestação de lesões no pescoço e no joelho.....	20
Figura 04 -	Segmentação do mercado de amido de mandioca, no ano de 2006.....	30
Figura 05 -	Evolução da soja no Brasil em termos de área, produção e produtividade.....	35
Figura 06 -	Dados estatísticos sobre produtos que os celíacos gostariam de encontrar com facilidade.....	39
Figura 07 -	Fluxograma de processo do preparo do pão sem glúten assado	52
Figura 08 -	Fluxograma de processo do preparo do pão sem glúten pré-assado e congelado.....	53
Figura 09 -	Fluxograma de processo do preparo do <i>muffin</i> sem glúten assado.....	54
Figura 10 -	Fluxograma de processo do preparo do <i>muffin</i> sem glúten pré-assado e congelado.....	56
Figura 11 -	Modelo do formulário para teste de escala hedônica utilizado para análise sensorial dos pães e <i>muffin</i> sem glúten.....	60
Figura 12 -	Modelo do formulário para intenção de compra para as amostras de pão e <i>muffin</i> sem glúten.....	61
Figura 13 -	Modelo do formulário para teste triangular utilizado para análise sensorial comparativa entre as amostras assadas e amostras pré-assadas e congeladas de pão e <i>muffin</i> sem glúten.....	63
Figura 14 -	Gráfico referente às medições de firmeza e elasticidade.....	73
Figura 15 -	Aspecto visual dos sete ensaios resultantes do delineamento dos amidos.....	77
Figura 16 -	Porcentagem de provadores por nota atribuída em cada ensaio realizado na análise sensorial do pão resultante do delineamento dos amidos.....	79
Figura 17 -	Diagrama triangular da Escala Hedônica ($Y_{\text{preferência}}$) do pão para as misturas contendo creme de arroz, amido de milho e amido de mandioca, resultante do delineamento dos amidos.....	82
Figura 18 -	Diagrama triangular do volume específico (Y_{volume}) do pão para as misturas contendo creme de arroz, amido de milho e amido de mandioca, resultante do delineamento dos amidos.....	85
Figura 19 -	Diagrama triangular da elasticidade ($Y_{\text{elasticidade}}$) para as misturas contendo creme de arroz, amido de milho e amido de mandioca, resultante do delineamento dos amidos.....	87
Figura 20 -	Diagrama triangular da firmeza (Y_{firmeza}) do pão para as misturas contendo creme de arroz, amido de milho e amido de mandioca, resultante do delineamento dos amidos.....	89
Figura 21 -	Aspecto visual dos dois pontos ótimos, resultantes da análise sensorial do delineamento dos amidos e das análises instrumentais.....	92
Figura 22 -	Porcentagem de provadores por nota atribuída em cada ensaio realizado na análise sensorial do pão nos dois pontos ótimos....	93

Figura 23 -	Porcentagem de intenção de compra para o ensaio 1 (50%CAR+50%AMA) da análise sensorial nos dois pontos ótimos.....	94
Figura 24 -	Porcentagem de intenção de compra para o ensaio 2 (20%CAR+50%AMI+30%AMA) da análise sensorial nos dois pontos ótimos.....	95
Figura 25 -	Porcentagem de provadores por nota atribuída na análise sensorial do pão, pelos portadores da doença celíaca.....	96
Figura 26 -	Porcentagem de intenção de compra pelos portadores da doença celíaca para o pão.....	97
Figura 27 -	Aspecto visual do <i>muffin</i>	101
Figura 28 -	Porcentagem de provadores por nota atribuída na análise sensorial do <i>muffin</i> pelos provadores comuns.....	102
Figura 29 -	Porcentagem de intenção de compra para o <i>muffin</i> pelos provadores comuns.....	103
Figura 30 -	Porcentagem de provadores por nota atribuída na análise sensorial do <i>muffin</i> , pelos portadores da doença celíaca.....	104
Figura 31 -	Porcentagem de intenção de compra dos portadores da doença celíaca para o <i>muffin</i>	105
Figura 32 -	Composição centesimal do pão sem glúten.....	120
Figura 33 -	Composição centesimal do <i>muffin</i> sem glúten.....	122
Figura 34 -	Proposta de comercialização do pão sem glúten.....	124
Figura 35 -	Proposta de comercialização do <i>muffin</i> sem glúten.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 -	Composição química da raiz de mandioca	28
Tabela 02 -	Dados estatísticos do consumo de pão “per capita” no Brasil	37
Tabela 03 -	Dados estatísticos do consumo de pão “per capita” em diversos países.....	37
Tabela 04 -	Formulação inicial do pão sem glúten.....	57
Tabela 05 -	Formulação inicial do <i>muffin</i> sem glúten.....	57
Tabela 06 -	Seqüência de apresentação das amostras de pão e <i>muffin</i> no teste triangular.....	62
Tabela 07 -	Delineamento dos amidos para elaboração dos sete tipos de pães.....	74
Tabela 08 -	Resultados da Escala Hedônica das amostras de pão, resultante do delineamento dos amidos.....	78
Tabela 09 -	Quadro de análise de variância da aceitabilidade dos sete ensaios do pão, resultante do delineamento dos amidos.....	80
Tabela 10 -	Modelos e análise estatística obtidos dos parâmetros de preferência do pão, resultante do delineamento dos amidos.....	81
Tabela 11 -	Média e desvio padrão para volume específico ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) em cada ensaio realizado, resultante do delineamento dos amidos..	83
Tabela 12 -	Modelos e análise estatística obtidos dos parâmetros de volume específico ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) do pão, resultante do delineamento dos amidos.....	84
Tabela 13 -	Média e desvio padrão para elasticidade (%) em cada ensaio realizado, resultante do delineamento dos amidos.....	86
Tabela 14 -	Modelos e análise estatística obtidos dos parâmetros de elasticidade (%) do pão, resultante do delineamento dos amidos.....	86
Tabela 15 -	Média e desvio padrão para firmeza (g) em cada ensaio realizado, resultante do delineamento dos amidos.....	88
Tabela 16 -	Modelos e análise estatística obtidos dos parâmetros de firmeza (g) do pão, resultante do delineamento dos amidos.....	88
Tabela 17 -	Resultados da Escala Hedônica dos ensaios do pão, resultante da avaliação nos dois pontos ótimos.....	92
Tabela 18 -	Quadro de análise de variância da aceitabilidade dos ensaios do pão, resultante da avaliação nos dois pontos ótimos.....	94
Tabela 19 -	Média e desvio padrão para volume específico ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) do pão, resultante dos dois pontos ótimos.....	98
Tabela 20 -	Quadro de análise de variância do volume específico ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) do pão, resultante dos dois pontos ótimos.....	98
Tabela 21 -	Média e desvio padrão para elasticidade (%) do pão, resultante dos dois pontos ótimos.....	99
Tabela 22 -	Quadro de análise de variância da elasticidade (%) do pão, resultante dos dois pontos ótimos.....	99
Tabela 23 -	Média e desvio padrão para firmeza (g) do pão, resultante dos dois pontos ótimos.....	99
Tabela 24 -	Quadro de análise de variância da firmeza (g) do pão, resultante dos dois pontos ótimos.....	100

Tabela 25 -	Média e desvio padrão para volume específico ($\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$) da amostra de pão assada e amostra de pão pré-assada e congelada.....	108
Tabela 26 -	Quadro da análise de variância entre a amostra de pão assado e a amostra de pão pré-assada e congelada, com relação ao volume específico ($\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$).....	108
Tabela 27 -	Média e desvio padrão para elasticidade (%) da amostra de pão assada e amostra de pão pré-assada e congelada.....	109
Tabela 28 -	Quadro da análise de variância entre a amostra de pão assado e a amostra de pão pré-assado e congelado, com relação a elasticidade (%).....	109
Tabela 29 -	Média e desvio padrão para firmeza (g) da amostra de pão assada e amostra de pão pré-assada e congelada.....	110
Tabela 30 -	Quadro da análise de variância entre a amostra de pão assado e a amostra de pão pré-assado e congelado, com relação a firmeza (g).....	111
Tabela 31 -	Média e desvio padrão para volume específico ($\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$) da amostra de <i>muffin</i> assada e amostra de <i>muffin</i> pré-assada e congelada.....	112
Tabela 32 -	Quadro da análise de variância entre a amostra de <i>muffin</i> assada e a amostra de <i>muffin</i> pré-assada e congelada, com relação ao volume específico ($\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$).....	112
Tabela 33 -	Média e desvio padrão para elasticidade (%) da amostra de <i>muffin</i> assada e amostra de <i>muffin</i> pré-assada e congelada.....	113
Tabela 34 -	Quadro da análise de variância entre a amostra de <i>muffin</i> assada e a amostra de <i>muffin</i> pré-assada e congelada, com relação à elasticidade (%).....	114
Tabela 35 -	Média e desvio padrão para firmeza (g) da amostra de <i>muffin</i> assada e amostra de <i>muffin</i> pré-assada e congelada.....	115
Tabela 36 -	Quadro da análise de variância entre a amostra de <i>muffin</i> assada e a amostra de <i>muffin</i> pré-assada e congelada, com relação a firmeza (g).....	115
Tabela 37 -	Custo para produção de 1 tonelada do pão sem glúten.....	116
Tabela 38 -	Custo para produção de 1 tonelada do <i>muffin</i> sem glúten.....	117
Tabela 39 -	Resultados das análises físico-químicas e nutricionais do pão sem glúten e do pão de forma sem glúten (marca Marilis).....	119
Tabela 40 -	Resultados das análises microbiológicas do pão sem glúten.....	120
Tabela 41 -	Resultados das análises físico-químicas e nutricionais do <i>muffin</i> sem glúten e do bolo de chocolate (marca Marilis).....	121
Tabela 42 -	Resultados das análises microbiológicas do <i>muffin</i> sem glúten..	122

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 GERAL	16
2.2 ESPECÍFICOS	16
3 REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1 A DOENÇA CELÍACA E SEU TRATAMENTO	17
3.2 FUNÇÃO DOS INGREDIENTES EM PRODUTOS PANIFICADOS.....	22
3.3 O AMIDO	26
3.4 A MANDIOCA E SEUS DERIVADOS.....	28
3.5 O ARROZ E SEUS DERIVADOS.....	31
3.6 O MILHO E SEUS DERIVADOS.....	34
3.7 A SOJA E SEUS DERIVADOS	35
3.8 O PÃO E SEU CONSUMO.....	36
3.9 O BOLO.....	38
3.10 PRODUTOS PANIFICADOS ISENTOS DE GLÚTEN	38
3.11 PRODUTOS PANIFICADOS CONGELADOS	43
3.11.1 Congelamento.....	45
3.12 ANÁLISE SENSORIAL	46
3.12.1 Métodos sensoriais	47
3.12.1.1 Métodos subjetivos ou afetivos	47
3.12.1.2 Teste triangular	48
4 MATERIAL E MÉTODOS	50
4.1 MATERIAL.....	50
4.2 EQUIPAMENTOS.....	51
4.3 MÉTODOS.....	51
4.3.1 Preparo básico.....	51
4.3.1.1 Pão sem glúten assado.....	51
4.3.1.2 Pão sem glúten pré-assado e congelado.....	52
4.3.1.3 <i>Muffin</i> sem glúten assado.....	54
4.3.1.4 <i>Muffin</i> sem glúten pré-assado e congelado.....	55
4.3.2 Formulação inicial.....	56
4.3.2.1 Pão sem glúten.....	56
4.3.2.2 <i>Muffin</i> sem glúten.....	57
4.3.3 Avaliação Sensorial.....	58
4.3.3.1 Pão sem glúten.....	58
4.3.3.1.1 Avaliação sensorial resultante do delineamento dos amidos.....	59
4.3.3.1.2 Avaliação sensorial dos pontos ótimos.....	60
4.3.3.2 <i>Muffin</i>	61
4.3.3.2.1 Avaliação sensorial por escala hedônica.....	61
4.3.3.3 Teste triangular entre a amostra assada e a amostra pré-assada e congelada do pão e do <i>muffin</i>	62
4.3.3.4 Avaliação sensorial dos portadores da doença celíaca.....	63
4.3.4 Avaliação físico-química.....	64
4.3.4.1 Umidade.....	64
4.3.4.2 Proteína bruta.....	64
4.3.4.3 Lipídeos.....	65
4.3.4.4 Resíduo mineral fixo.....	66
4.3.4.5 Fibra alimentar.....	66

4.3.4.6 Carboidrato.....	66
4.3.4.7 Cálcio, ferro e sódio.....	67
4.3.5 Avaliação microbiológica.....	67
4.3.5.1 Coliformes.....	68
4.3.5.2 Bolores e leveduras.....	69
4.3.5.3 Salmonella.....	69
4.3.6 Avaliação instrumental.....	70
4.3.6.1 Volume.....	71
4.3.6.2 Peso.....	71
4.3.6.3 Volume específico.....	72
4.3.6.4 Firmeza.....	72
4.3.6.5 Elasticidade.....	73
4.3.7 Análises estatísticas.....	74
4.3.7.1 Delineamento experimental.....	74
4.3.7.2 Análise dos resultados.....	75
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PÃO ASSADO RESULTANTE DO DELINEAMENTO DOS AMIDOS.....	77
5.1.1 Aspecto visual dos sete ensaios.....	77
5.1.2 Avaliação sensorial.....	78
5.1.2.1 Teste de aceitação (escala hedônica)	78
5.1.3 Análises instrumentais do pão.....	83
5.1.3.1 Volume específico.....	83
5.1.3.2 Elasticidade.....	85
5.1.3.3 Firmeza.....	88
5.1.3.4 Ponto ótimo simultâneo.....	90
5.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PÃO OBTIDO ATRAVÉS DOS PONTOS ÓTIMOS.....	91
5.2.1 Teste de aceitação (escala hedônica).....	92
5.2.2 Avaliação sensorial para verificação de intenção de compra.....	94
5.2.3 Avaliação sensorial pelos portadores da doença celíaca.....	96
5.2.3.1 Teste de aceitação (escala hedônica).....	96
5.2.3.2 Avaliação sensorial para verificação de intenção de compra.....	97
5.2.4 Análises instrumentais do pão.....	98
5.2.4.1 Volume específico.....	98
5.2.4.2 Elasticidade.....	98
5.2.4.3 Firmeza.....	99
5.2.5 Análise comparativa dos resultados obtidos nas análises instrumentais do pão sem glúten.....	100
5.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO <i>MUFFIN</i>	101
5.3.1 Aspecto visual do <i>muffin</i>	101
5.3.2 Teste de aceitação (escala hedônica)	101
5.3.3 Avaliação sensorial para verificação de intenção de compra.....	102
5.3.4 Avaliação sensorial pelos portadores da doença celíaca.....	103
5.3.4.1 Teste de aceitação (escala hedônica).....	103
5.3.4.2 Avaliação sensorial para verificação de intenção de compra.....	104
5.3.5 Análises instrumental do <i>muffin</i>	105
5.3.5.1 Volume específico.....	105
5.3.5.2 Elasticidade.....	106
5.3.5.3 Firmeza.....	106

5.3.6 Análise comparativa dos resultados obtidos nas análises instrumentais do <i>muffin</i> sem glúten.....	106
5.4 COMPARAÇÃO ENTRE PRODUTOS ASSADOS E PRODUTOS PRÉ-ASSADOS E CONGELADOS.....	107
5.4.1 Comparação entre pão assado e pão pré-assado e congelado.....	108
5.4.1.1 Volume específico.....	108
5.4.1.2 Elasticidade.....	109
5.4.1.3 Firmeza.....	110
5.4.1.4 Teste triangular.....	111
5.4.2 Comparação entre <i>muffin</i> assado e <i>muffin</i> pré-assado e congelado.....	112
5.4.2.1 Volume específico.....	112
5.4.2.2 Elasticidade.....	113
5.4.2.3 Firmeza.....	114
5.4.2.4 Teste triangular.....	116
5.5 LEVANTAMENTO DE CUSTOS E ANÁLISE ENERGÉTICA DO PÃO E <i>MUFFIN</i> SEM GLÚTEN.....	116
5.6 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, NUTRICIONAL E MICROBIOLÓGICA.....	118
5.6.1 Pão sem glúten.....	118
5.6.2 <i>Muffin</i> sem glúten.....	121
6 PROPOSTA DE COMERCIALIZAÇÃO.....	123
6.1 PÃO SEM GLÚTEN.....	123
6.2 <i>MUFFIN</i> SEM GLÚTEN.....	124
7 CONCLUSÕES.....	126
REFERÊNCIAS.....	127

1 INTRODUÇÃO

A doença celíaca está relacionada à ingestão de alimentos que contenham glúten, e ocasiona danos à superfície da mucosa do intestino, o que leva a uma incapacidade no aproveitamento de nutrientes, tais como proteínas, lipídeos, carboidratos, vitaminas e sais minerais necessários para a manutenção da saúde (ESCOUTO; CEREDA, 2004).

De acordo com Marques (2002), a Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA) ainda não tem dados oficiais sobre o número de indivíduos que sofrem da doença no país. Segundo Castellón (2001), um estudo da Universidade de Brasília calcula que existam cerca de 300 mil brasileiros portadores da doença. Nos Estados Unidos, estima-se que exista um celíaco em cada grupo de 150 a 250 habitantes.

Segundo Tesch (2006), a intolerância ao trigo, centeio, cevada, aveia e malte em indivíduos celíacos é um fator agravante, visto que os produtos de panificação são produzidos, em sua grande maioria, utilizando o trigo como base na formulação. O tratamento é baseado em uma dieta isenta de glúten, que fará com que a mucosa intestinal recupere suas características e funções, restaurando as condições fisiológicas do paciente. A dieta deve ser mantida pelo resto da vida uma vez que o uso insistente do glúten pelos celíacos pode levar a linfomas e outros tipos de câncer.

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) é uma cultura agrícola pouco exigente, da qual são obtidos vários produtos. Das raízes são produzidos diversos tipos de farinhas para o consumo humano e também amido, de grande interesse comercial. Dos resíduos do processamento das raízes, bem como da parte aérea da planta (ramos e folhas) faz-se adubo e ração para alimentação animal. Este

tubérculo exerce um papel importante como fonte energética, pois sua matéria seca é constituída por elevada quantidade de amido, sendo praticamente desprovida de proteínas. Do ponto de vista nutricional, portanto, é enquadrada como um alimento pobre, sendo uma fonte calórica a ser consumida em associação com alimentos protéicos (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

No intuito de aumentar o valor nutricional de produtos alimentícios nos quais a mandioca é usada como substituto do trigo, podem ser usadas algumas fontes de proteínas como, por exemplo, derivados da soja e/ou farinha de feijão, com elevados teores protéicos.

Além da mandioca, as matérias-primas utilizadas para o desenvolvimento do pão e do muffin neste projeto, tais como creme de arroz e amido de milho, também possuem baixos teores de proteínas. O presente projeto propõe desenvolver produtos panificados isentos de glúten, de boa aceitação sensorial, utilizando amido de mandioca e adicionados de derivados de soja.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Desenvolver produtos panificados isentos de glúten, de boa aceitação sensorial, utilizando amido de mandioca e adicionados de derivados de soja.

2.2 ESPECÍFICOS

- Desenvolver formulação de produtos panificados isentos de glúten, utilizando o amido de mandioca como base na formulação;
- Utilizar matérias-primas ricas em proteínas, como derivados de soja;
- Verificar a aceitação dos produtos panificados obtidos, através de análise sensorial;
- Verificar a intenção de compra para as amostras analisadas sensorialmente;
- Realizar análises físico-químicas, nutricionais, microbiológicas e sensoriais das melhores formulações obtidas para os produtos panificados;
- Verificar se existe diferença significativa entre a melhor formulação obtida de pão e do bolo tipo “*muffin*” sob diferentes tratamentos: pré-assado e congelado e assado imediatamente após seu preparo.
- Verificar o levantamento de custo dos ingredientes utilizados para desenvolver os produtos

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A DOENÇA CELÍACA E SEU TRATAMENTO

De acordo com Sdepanian; Morais e Fagundes Neto (1999), a clássica descrição da doença celíaca foi feita por Samuel Gee, em 1888, sob a denominação de “afecção celíaca”, relatando as seguintes características: “indigestão crônica” encontrada em pessoas de todas as idades, especialmente em crianças entre um e cinco anos.

A ligação existente entre a ingestão de pão e a doença celíaca só foi estabelecida durante a segunda guerra mundial, em 1944, quando o médico pediatra alemão W.K Dicke observou uma expressiva redução de casos na Holanda e associou ao elevado preço do pão naquele país. Dicke e seus colaboradores provaram que o fator tóxico existente na farinha de trigo estava no glúten, o qual consiste num conjunto de proteínas não solúveis em água encontradas em alguns cereais, particularmente trigo, aveia, cevada, e centeio (CÁCERES; QUADRELLI; SALINAS, 1993).

De acordo com Morais; Sdepanian e Fagundes Neto (2001), em função da presença de glúten, os cereais trigo, centeio, cevada e aveia devem ser substituídos pelo milho, arroz, batata e mandioca. São considerados alimentos permitidos diversos grãos, gorduras, óleos e azeites, legumes, hortaliças, frutas, ovos, carnes e leite, sendo que a dieta deverá atender às necessidades nutricionais, de acordo com a idade do indivíduo.

De acordo com Sdepanian; Morais e Fagundes Neto (1999), para que ocorra a manifestação da doença celíaca, além do uso do glúten na dieta, é também necessária a interação com outros fatores, genéticos, imunológicos e ambientais.

A prevalência da doença celíaca é maior quanto mais próximos os familiares: 70% em gêmeos monozigóticos, 10% em parentes de primeiro grau e 2,5% em de segundo grau, enquanto na população geral é de cerca de 1% (PEREIRA; PEREIRA FILHO, 2006).

Segundo Protesi e Gandolfi (2005), é mais freqüente em mulheres, numa proporção de 2:1, e a anemia é um dos seus sintomas mais freqüentes. É uma doença auto-imune que pode potencialmente afetar qualquer órgão, e não somente o trato gastroentérico, como previamente se supunha. A sua eclosão e o aparecimento dos primeiros sintomas podem ocorrer em qualquer idade. A forma clássica da doença, com sintomatologia diretamente atribuível à má-absorção, é presentemente observada numa minoria de pacientes. A ampla gama de possíveis sintomas varia consideravelmente entre indivíduos, inclusive no mesmo indivíduo em diferentes fases da doença, o que dificulta o diagnóstico. Se não tratada manifesta-se freqüentemente de forma monossintomática, através de anemia, dermatite herpetiforme, que pode ser considerada a expressão dermatológica da doença, menarca tardia e menopausa precoce, infertilidade, abortos de repetição, hipertransaminasemia, depressão, sintomatologia neurológica progressiva, principalmente ataxia e epilepsia associadas a calcificações cerebrais, osteoporose e hipoplasia do esmalte dentário. Expressiva parcela de pacientes, principalmente os identificados em estudos de rastreamento, relata, antes do diagnóstico, um indefinível mal-estar geral, que aceitam como seu estado normal, apresentando nítida melhora após a instituição da dieta isenta de glúten.

A manifestação da doença geralmente surge no primeiro ano de vida, época em que o bebê começa a consumir produtos com glúten, como pães e biscoitos, mas também pode aparecer na adolescência e na fase adulta. Não se sabe por que

a manifestação é tardia em alguns casos, o que se conhece é que a pessoa que tem predisposição à enfermidade produz anticorpos ao glúten assim que toma contato com o ingrediente. Os anticorpos agem no intestino delgado, atrofiando-o, e o órgão perde a capacidade de absorver nutrientes, o que conduz aos problemas decorrentes da doença (CASTELLÓN, 2001).

A Figura 01 mostra o diagnóstico da doença por idade, de acordo com os dados da ACELBRA.

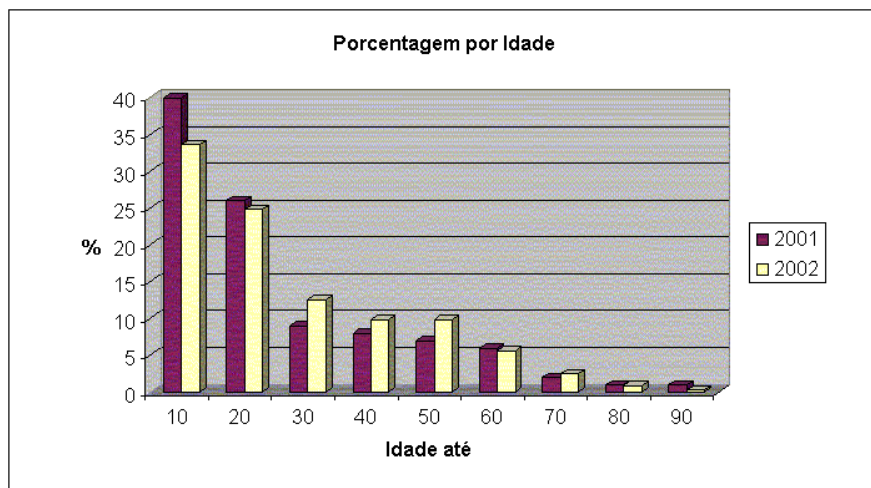


Figura 01. Diagnóstico da doença celíaca por idade
Fonte: ACELBRA, 2006

A Figura 02 mostra a mucosa do intestino delgado com vilosidades normais (a) e atrofiadas (b).

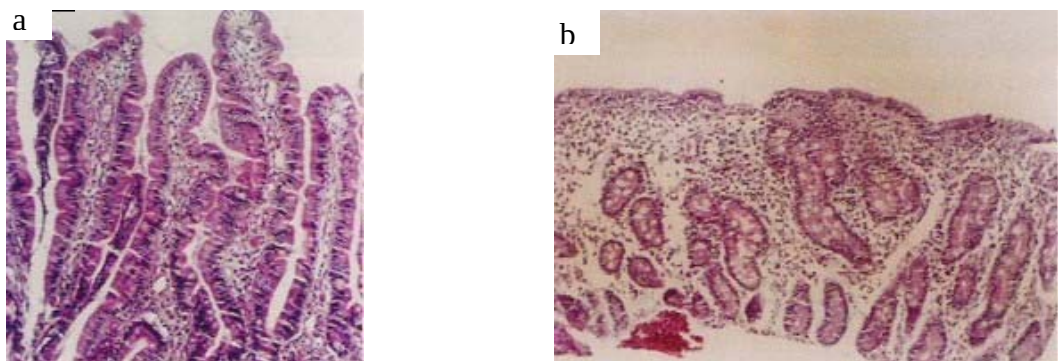


Figura 02 - Mucosa do intestino delgado com vilosidade normal (a) e com vilosidade atrofiada (b).
Fonte: ACELBRA/RS (2006)

De acordo com Bianchessi (2006), a dermatite herpetiforme, também chamada de Doença de Duhring-Brocq, consiste em uma doença rara de caráter crônico, associada à enteropatia sensível ao glúten. As lesões se caracterizam por serem pruriginosas papulovesiculosas (lesões avermelhadas, com algum relevo, com formação de pequenas bolhas) – com tendência a agrupar-se, tomando o aspecto herpetiforme. Na Figura 03 são mostradas fotos de lesões no pescoço (a) e no joelho (b).

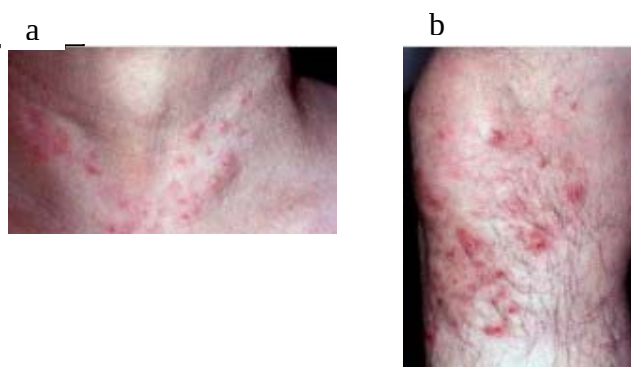


Figura 03: Dermatite herpetiforme com manifestações de lesões no pescoço (a) e no joelho (b)
Fonte: BIANCHESSI, 2006

Vários estudos demonstram a diminuição da massa óssea nos indivíduos com doença celíaca não tratada, os quais podem apresentar osteoporose como um sinal isolado, isto é, como a única manifestação clínica da doença, ou podem apresentar a osteoporose associada a outros sintomas. A perda óssea está relacionada com a má absorção de cálcio que ocorre devido a atrofia da mucosa do intestino (SDEPANIAN; MORAIS; FAGUNDES NETO, 1999).

Segundo Sdepanian; Moraes e Fagundes Neto (1999), os fragmentos polipeptídicos do glúten, que constituem a fração do glúten solúvel em álcool são denominados prolaminas. Estas, em geral, representam 50% da quantidade total do glúten e diferem de acordo com o tipo de cereal: gliadina no trigo, secalina no centeio, hordeína na cevada e avelina na aveia.

Os mecanismos pelos quais a fração gliadina, das proteínas do trigo, dá origem a essa doença ainda são desconhecidos. As hipóteses formuladas a respeito são várias, porém não há verificação experimental concludente. Uma delas é a de que poderia haver uma insuficiência ou falta de certas enzimas intestinais, contudo, comparando-se pessoas sadias e enfermas, as diferenças enzimáticas não foram suficientemente expressivas para que a explicação pudesse ser aceita. Evidências experimentais levaram a concluir que o glúten não agride diretamente o epitélio da mucosa, mas que existe uma participação ativa do sistema imunológico no desenvolvimento da doença celíaca (CÁCERES; QUADRELLI; SALINAS, 1993).

O único tratamento eficaz para a doença celíaca consiste na supressão total e permanente das prolaminas presentes no trigo, centeio, cevada e aveia, visto que mesmo quantidades muito pequenas dessas proteínas podem desencadear o quadro clínico da doença. (CÁCERES; QUADRELLI; SALINAS, 1993).

De acordo com Rigatto (2002), quando o paciente não segue a dieta, mesmo que os sintomas não apareçam (dando a falsa sensação de ter adquirido alguma tolerância ao glúten), as vilosidades intestinais estarão sofrendo uma forte agressão.

Após a retirada do glúten da dieta a resposta clínica é rápida, havendo desaparecimento dos sintomas gastrintestinais dentro de dias ou semanas, observando-se notável aumento da velocidade de crescimento do celíaco depois de pouco tempo de dieta. Embora seguir uma dieta estritamente isenta de glúten a princípio possa parecer simples, na prática evidenciam-se uma série de dificuldades na manutenção desta dieta, não somente por parte do paciente, como também de seus familiares, pois consiste em uma mudança radical do hábito alimentar. (SDEPANIAN; MORAIS; FAGUNDES NETO, 1999).

Com o objetivo de minimizar as dificuldades para seguir uma dieta isenta de glúten, foram criadas as Associações de Celíacos. Em São Paulo, em 1985, a Disciplina de Gastroenterologia Pediátrica da Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina (UNIFESP-EPM) fundou o Clube dos Celíacos, organizando reuniões com grupos de mães destes pacientes para troca de informações. Em fevereiro de 1994, estimulados pelo sucesso inicial do empreendimento e contando com a consultoria técnico-científica da UNIFESP-EPM, os pais dos celíacos fundaram a ACELBRA (Associação dos Celíacos do Brasil – Seção São Paulo). Esta associação objetiva, principalmente, a orientação dos pacientes quanto à doença e quanto à dieta sem glúten, por meio de palestras e envio de manuais de orientação alimentar, além da divulgação da doença entre a população em geral (SDEPANIAN; MORAIS; FAGUNDES NETO, 1999).

No Brasil, em virtude das dificuldades para garantir a prática da dieta isenta de glúten, foi promulgada, em 1992, a Lei Federal número 8.543, que determina a impressão da advertência *contém glúten* nos rótulos e embalagens de alimentos industrializados que apresentem em sua composição derivados do trigo, centeio, cevada e aveia. Assim, os portadores da doença celíaca podem identificar os alimentos que não devem consumir (BRASIL, 1992).

3.2 FUNÇÃO DOS INGREDIENTES EM PRODUTOS PANIFICADOS

O sal, além de conferir e acentuar o sabor desejável de outros componentes apresenta também função estrutural, contribui para a fixação da água no glúten. Para os biscoitos doces, reduz-se sensivelmente o teor de sal das formulações, não somente em função do sabor, mas especialmente pela ação aglutinante deste sobre

as proteínas formadoras do glúten, o que em excesso é indesejável (GRANOTEC DO BRASIL, 1996).

De acordo com Queiroz e Tadini (2001), devido a sua propriedade higroscópica, o sal influencia na conservação do pão: em ambiente seco reduz o seu ressecamento e em ambiente úmido, favorece o amolecimento da crosta.

De acordo com Singh et al. (2002), a gordura aumenta a maciez do pão, atuando como plastificante, melhorando também o volume. Um estudo feito por Singh et al. (2002) mostrou que a adição de gordura acima de 2% causou uma significativa diminuição na firmeza do pão. Na fabricação de biscoitos, o tipo e a quantidade de gordura utilizada têm uma forte influência na qualidade do produto final, tendo diferentes funções de acordo com o produto empregado (DUAS RODAS, 1996).

O açúcar exerce diversas funções no produto final, tais como cor, textura, aparência e sabor além de contribuir para o valor nutricional (DUAS RODAS, 1996).

De acordo com Fennema (2000), a levedura *Saccharomyces cerevisiae* utilizada como fermento em panificação metaboliza açúcares como glicose, frutose, sacarose e maltose, sob condições anaeróbias, produzindo gás carbônico (CO₂) necessário para o crescimento da massa e para a obtenção de compostos aromáticos característicos de produtos de panificação fermentados. A reação de fermentação é dada por:



Segundo Griswold (1972), o uso de quantidade correta de líquido é importante no preparo de pão, porém é difícil especificar sua quantidade por causa das variações na sua absorção pela farinha.

De acordo com Queiroz e Tadini (2001), as principais funções da água são a de dissolver os ingredientes sólidos, possibilitar a gelatinização do amido e formação da rede de glúten, provocar a formação do meio úmido favorável ao desenvolvimento da atividade enzimática e da fermentação do pão, determinar a consistência final da massa contribuindo para a maciez e textura do pão, fornecer a umidade necessária para um tempo maior de conservação da massa.

De acordo com Granotec do Brasil (1996), a farinha de trigo é a primeira e mais importante matéria-prima utilizada em produtos panificados. A gliadina e glutenina, sinônimos de extensibilidade e elasticidade, respectivamente, interagem e formam o complexo protéico com propriedades viscoelásticas denominado glúten. Estas propriedades, juntamente com o teor de amido danificado e atividade enzimática propicia uma avaliação do nível de adaptação da farinha à produção de determinados produtos panificados.

A farinha de trigo pode ser classificada como tipo 1, tipo 2 e integral. A farinha de trigo tipo 1 deve apresentar teor máximo de cinzas de 0,8% e mínimo de proteína de 7,5%. A farinha de trigo tipo 2 deve apresentar teor máximo de cinzas de 1,4% e mínimo de proteína de 8,0%. Tanto para farinha de trigo tipo 1 como para a tipo 2, 95% do produto deve passar pela peneira com abertura de malha 250 µm. A farinha de trigo integral deve apresentar teor máximo de cinzas de 2,5% e mínimo de proteína de 8,0% (BRASIL, 2005c).

A legislação brasileira permite a utilização de alguns componentes auxiliares, conhecidos pelo nome de aditivos, que podem ser incorporados à farinha no moinho, ou à massa (QUEIROZ; TADINI, 2001).

A estrutura molecular dos emulsificantes, composta por uma extremidade hidrofílica e outra hidrofóbica, proporciona a formação de micelas, composto que

possui características polares e apolares simultaneamente, pelo envolvimento de gotículas do elemento lipofílico da mistura por moléculas do emulsificante e este envolvido pela substância hidrofílica, e assim sucessivamente, dispersando as substâncias por toda a mistura (GRANOTEC DO BRASIL, 1996).

Os emulsificantes utilizados em panificação tem a finalidade de retardar o envelhecimento dos pães, melhorar o manuseio e a força da massa, aumentar a tolerância ao tempo de descanso e de fermentação, entre outras características. Os emulsificantes têm a capacidade de reduzir a tensão interfacial entre as fases que normalmente não se misturam (MATUDA; TADINI, 2004). Nos biscoitos, os emulsificantes destinam-se à estabilização das massas, dando tolerância à fermentação nos processos do tipo *cream cracker*, além conferir melhor textura a todos os tipos de biscoitos. Dentre os emulsificantes utilizados em produtos de panificação destacam-se a lecitina de soja, mono e diglicerídeos de ácidos graxos, éster de ácido tartárico diacetilado com mono e diglicerídeos e lactatos (GRANOTEC DO BRASIL, 1996).

De acordo com Duas Rodas (1996), as enzimas mais utilizadas são amilases e proteases. A enzima alfa-amilase atua sobre as moléculas de amilose e amilopectina quebrando-as em cadeias menores denominadas dextrinas. A beta-amilase atua somente nas extremidades das cadeias de amilose e amilopectina, formando moléculas de maltose (MATUDA; TADINI, 2004).

As proteases são enzimas que quebram ligações peptídicas entre os aminoácidos das proteínas. Têm sido utilizadas em biscoitos para melhorar a flexibilidade das massas, tornando-as mais fáceis de laminar. Em geral, elas melhoram as características físicas das massas e do produto acabado.

Léon; Durán e Barber (2002) estudaram a influência de misturas de enzimas contendo alfa-amilase e lipase em formulações de pães ao longo do tempo e verificaram um efeito benéfico na manutenção das propriedades sensoriais e na firmeza do pão. A retrogradação do complexo amilopectina foi inibida pelo uso das enzimas.

3.3 O AMIDO

O amido, fonte de reserva mais importante dos vegetais, pode ser encontrado em raízes, sementes e tubérculos. Existem diversas fontes de amido, dentre eles, milho, arroz, batata, mandioca, feijão e trigo, sendo um ingrediente barato e abundante (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

Trata-se de um homopolissacarídeo neutro formado por duas frações: amilose e amilopectina. A amilose, composta por unidades de glucose unidas por ligações glicosídicas α -1,4, forma unidades de maltose. Já a amilopectina, formada por unidades de glucose unidas em α -1,4, com cadeias de glucose ligadas em α -1,6 formando unidades de maltose, e em menor proporção, isomaltose nos pontos de ramificação (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

No grânulo, moléculas lineares (amilose) e ramificadas (amilopectina) estão associadas em paralelo, existindo associações entre as cadeias lineares e entre as cadeias ramificadas, mantidas juntas por pontes de hidrogênio, resultando em regiões cristalinas ou micelas. Sob luz polarizada, os grânulos são birrefringentes, indicativo de um arranjo cristalino (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

Quando o amido começa a ser aquecido na presença de água, suas macromoléculas começam a vibrar mais intensamente, quebram-se as pontes de

hidrogênio intermoleculares, permitindo assim que a água penetre nas micelas. O aquecimento contínuo na presença de uma quantidade abundante de água resulta em perda total das zonas cristalinas, a birrefringência desaparece e o amido se torna transparente. A temperatura na qual a birrefringência desaparece é denominada ponto de gelatinização ou temperatura de gelatinização. Quando a temperatura é então reduzida durante o resfriamento da pasta, pontes de hidrogênio intermoleculares e zonas cristalinas são formadas, processo conhecido como retrogradação do amido, além de ocorrer expulsão da água existente entre as moléculas (sinérese). A retrogradação resulta em redução de volume, aumento de firmeza da pasta e sinérese. Em função da estrutura linear, as moléculas de amilose se aproximam mais facilmente e são as principais responsáveis pela ocorrência do fenômeno, enquanto na amilopectina a retrogradação parece ocorrer somente na periferia da molécula (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

O processo de envelhecimento do pão é causado pela transferência de umidade do miolo para a casca e a recristalização do amido durante o armazenamento, a qual pode ser retardado pelo uso de enzima alfa-amilase, que hidrolisa parcialmente o amido em dextrinas menores, de emulsificantes, de açúcares, e de outros solutos que aumentam a temperatura de transição vítrea (MATUDA; TADINI, 2004).

Segundo Camargo et al. (1988), biscoitos de polvilho apresentam, no seu interior, uma matriz de amido gelatinizado, que é responsável por sua expansão e textura. Análises microscópicas têm permitido comprovar que os grânulos apresentam-se com diferentes graus de integridade, de acordo com a sua posição no biscoito: os grânulos da superfície apresentam-se íntegros e sem inchamento.

Durante o forneamento, os grânulos da superfície são desidratados e aqueles do interior são gelatinizados, provocando a expansão do biscoito.

De acordo com Silva; Façanha e Silva (1998), o poder de expansão da massa de biscoito de polvilho durante o assamento parece ser altamente dependente da gelatinização do amido fermentado, sendo favorecida pelo aumento do teor de água presente na formulação do biscoito.

3.4 A MANDIOCA E SEUS DERIVADOS

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) é uma planta nativa do Brasil, cultivada em praticamente todo seu território (GOMES; PENÃ, 1997).

De acordo com El-Dash; Mazzari e Germani (1994), a mandioca é uma cultura pouco exigente e cujo processamento é bastante conhecido, sendo realizado em condições desde as mais rudimentares até linhas industriais automatizadas. A composição química da raiz pode variar bastante, segundo a cultivar, as condições de cultivo e o estágio de desenvolvimento. Na Tabela 01 são mostrados dados médios de composição encontrados por alguns pesquisadores.

Tabela 01 - Composição química da raiz de mandioca.

Composição química (%) da raiz da mandioca	A	B	C
Umidade	70,25	60-65	60-75
Amido	21,45	21-33	18-23
Açúcares	5,13	-	-
Proteína	1,12	1,0-1,5	2,0-5,0
Gordura	0,41	0,18-0,24	0,1-0,5
Fibra	1,11	0,70-1,06	1,5-2,5
Cinzas	0,54	0,60-0,90	0,5-1,9

A: Grace (1977) B: Câmara et al. (1982) C: Lima (1982)

Fonte: EL-DASH; MAZZARI e GERMANI (1994).

De acordo com El-Dash; Mazzari e Germani (1994), apesar da importância da mandioca, um dos fatores que limitam seu cultivo é a dificuldade de conservar as raízes após a colheita. A raiz *in natura* é um produto altamente perecível, que deve ser consumido em um curto prazo (um a três dias). A durabilidade é função da

variedade e das condições ambientais durante a estocagem. É preciso saber escolher adequadamente as condições de temperatura, umidade, aeração, para retardar ao máximo a deterioração.

Além do uso *in natura*, a mandioca pode ser usada como matéria-prima para uma série de produtos de consumo humano, dentre os quais os principais são: farinha de mandioca, polvilho doce e azedo, e a farinha de raspas. A maior produção nacional de fécula de mandioca, entre os anos de 1990 a 2006 foi em 2002 com 667 mil toneladas, ocorrendo um decréscimo de 36% na produção em 2003, com 428 mil toneladas e de 41% na produção em 2004, com 395 mil toneladas, ocorrendo aumento nos anos de 2005 e 2006, com produção de 546,5 e 616,4 toneladas, respectivamente. O Paraná é o maior produtor nacional de fécula, representando 65% do total da produção, com 372,9 mil toneladas no ano de 2006. Entretanto, na visão da Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca (ABAM, 2007), o setor ainda tem muito a crescer, basta ter mais organização e planejamento; com este intuito a ABAM elaborou um planejamento estratégico visando atingir, em 2011, dois milhões de toneladas de fécula com um faturamento global de aproximadamente um bilhão de dólares americanos.

A Figura 04 mostra a segmentação do mercado de mandioca, no ano de 2006. A indústria de massas, biscoitos e panificação corresponde a 14,5% da segmentação do mercado.

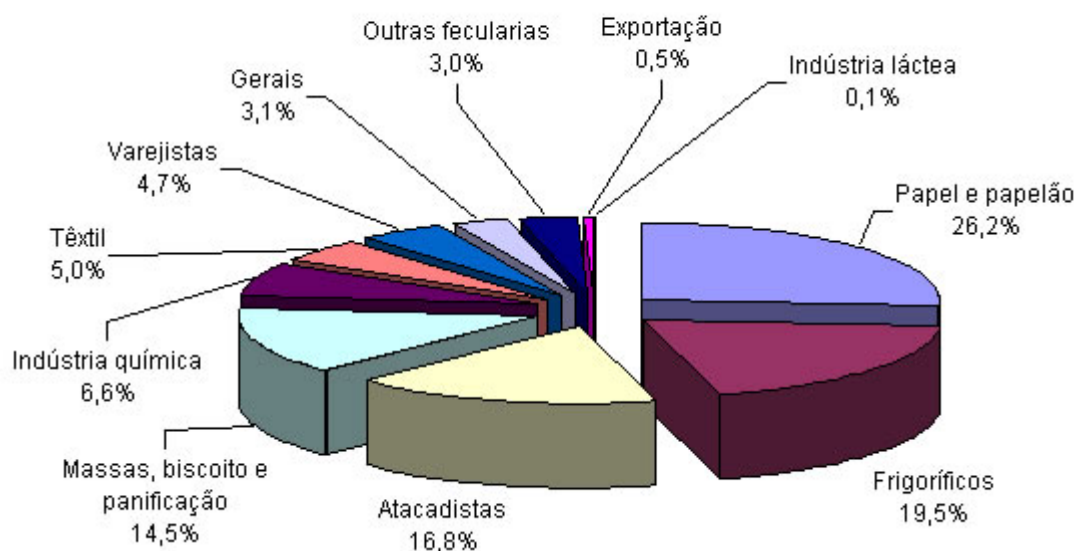


Figura 04: Segmentação do mercado de amido de mandioca, no ano de 2006
Fonte: ABAM, 2007

De acordo com Neto et al. (2004), a farinha de mandioca se constitui no segundo produto mais importante obtido a partir dessa raiz. No estado da Paraíba e na maioria dos estados do Nordeste, a farinha de mandioca é produzida de forma artesanal em pequenas unidades fabris denominadas casas-de-farinha, grande parte das vezes localizadas no próprio local de produção da matéria-prima. Na maioria dessas instalações, pouca atenção é dada aos critérios de higiene e sanidade indispensáveis aos produtos alimentares.

O polvilho, fécula ou amido de mandioca é o produto extraído da mandioca (BRASIL, 2005a). Por meio de normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas, o polvilho é classificado em doce e azedo, tendo por base apenas o teor de acidez.

De acordo com El-Dash; Mazzari e Germani (1994) costuma-se denominar “fécula” ao amido proveniente de raízes e tubérculos, sendo que, no caso da mandioca, é ainda mais comum o emprego do termo “polvilho”, seja ele do tipo doce ou azedo.

De acordo com Carvalho et al. (1996), na América Latina, a extração de fécula de mandioca é uma atividade predominantemente artesanal e às vezes caseira, variando consideravelmente quanto à tecnologia de processamento.

O amido é uma substância de reserva encontrada principalmente nos grãos, raízes e tubérculos, sob diferentes formas e características, dependendo do vegetal em questão. Devido aos baixos teores de outros componentes como proteínas, fibras e gorduras, a extração do amido de raízes e tubérculos é mais fácil que a dos grãos. Nas raízes existem 20-30% de amido, o que equivale a aproximadamente 90% da matéria seca (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

O processo de obtenção do amido consiste, basicamente, em triturar as raízes de modo a liberar os grânulos de amido de dentro das células e extraí-los com água, pela separação de fibras e do material solúvel (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

Muito importante para as fecularias é a disponibilidade e a qualidade da água a ser utilizada. Ela deve ser potável e isenta de sais minerais, principalmente sais de ferro, para que o amido produzido seja claro e livre de contaminações (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

3.5 O ARROZ E SEUS DERIVADOS

De acordo com Dutcosky (1995), o arroz é uma ótima opção para fabricação de produtos isentos de glúten, pois além de ser um alimento protéico livre de inibidores enzimáticos que prejudicam a absorção na dieta, apresenta uma alta proporção de carboidratos facilmente digeríveis. Apesar da concentração de proteínas no arroz ser baixa (6 a 10%). A razão entre o ganho de peso em ratos e

proteína consumida numa dieta de 10% de proteína (PER) para o arroz é 2,18, quase equivalente ao da carne bovina, a qual apresenta valor de 2,30, caracterizando assim uma proteína de boa qualidade.

O arroz é um cereal de suma importância na dieta alimentar da população brasileira, fornecendo calorias e proteínas de grande valor nutritivo (ALMEIDA, BACCHI, 2003).

Segundo a FAO (2006) e a Companhia Nacional do Abastecimento – CONAB (2006), o Brasil é o décimo maior produtor mundial de arroz e o maior produtor fora do continente asiático. A região Sul é a principal produtora de arroz no Brasil, respondendo por mais de 60% da produção nacional. Destacam-se o Rio Grande do Sul com a maior produção, e Santa Catarina com a maior produtividade.

O arroz é o segundo cereal mais produzido mundialmente, perdendo apenas para o milho, e é o terceiro cereal mais consumido em todo o mundo, sendo precedido pelo milho e pelo trigo (ESTADOS UNIDOS, 2007).

De acordo com Sivaramakrishnan; Senge e Chattopadhyay (2004), nos países onde a produção do arroz é mais apropriada que a do trigo ou a do milho devido às circunstâncias climáticas é altamente desejável substituir parcialmente a farinha de trigo pela farinha de arroz em produtos panificados. Porém a manufatura do pão de arroz sem glúten apresenta dificuldades tecnológicas consideráveis porque o glúten é responsável pela estrutura/forma do pão.

A possibilidade do uso da farinha de arroz na produção de pães aumenta o valor agregado desta matéria-prima, considerada subproduto do beneficiamento, uma vez que os grãos quebrados têm pouca utilização industrial (TEDRUS et al., 2001).

Kohlwey; Kendall e Mohindra (1995) citam que, tradicionalmente, o macarrão de arroz é produzido com variedades de grão longo que apresentam teores de amilose variando de intermediário a alto (acima de 22%). Bhattacharya; Zee e Corke (1999) utilizaram onze variedades de arroz com diferentes teores de amilose e características físicas do amido para a produção de macarrão. Verificaram que o teor de amilose foi o fator que apresentou maior influência nas características de textura do macarrão resultante.

Segundo Nabeshima e El-Dash (2004), o arroz apresenta propriedades especiais e a modificação química pode ampliar suas possibilidades de uso na indústria de alimentos. A modificação química da farinha de arroz tem sido pouco explorada, apresentando potencial como alternativa viável para agregar valor aos subprodutos do beneficiamento do cereal. Lui; Ramsden e Corke (1999) estudaram as propriedades do amido de arroz inter cruzado com reagente trimetafosfato de sódio. Verificaram que a modificação do amido de arroz pode ser útil no aumento da viscosidade de pasta (à quente ou a frio), no aumento na força do gel e na estabilidade ao congelamento e descongelamento. Em outro estudo feito por Lui; Ramsden e Corke (1999) foram pesquisadas as propriedades físicas do amido de arroz normal e ceroso acetilados. A acetilação foi realizada mediante processo comercial, em pH entre 9 e 10, reagente vinil acetato e ao final da reação o pH foi neutralizado para 7,0. O grau de substituição obtido foi de 0,0157 para o amido ceroso e de 0,0183 para o amido normal. A acetilação aumentou a viscosidade, a dureza dos géis e a solubilidade dos amidos de arroz ceroso e normal, enquanto reduziu a adesividade dos géis.

3.6 O MILHO E SEUS DERIVADOS

A cultura do milho ocupou, em 2006, uma área em torno de 12,9 milhões de hectares, responsável por uma produção de cerca de 41,3 milhões de toneladas de grãos, apresentando um rendimento médio de 3.198 kg por hectare. Os maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos, China e Brasil, que, em 2005, produziram: 280,2; 131,1; e 35,9 milhões de toneladas, respectivamente (EMBRAPA, 2007).

O mercado mundial de milho é abastecido basicamente por três países, os Estados Unidos (46 milhões de toneladas de exportações em 2005), a Argentina (14,0 milhões de toneladas em 2005) e a África do Sul (2,3 milhões de toneladas em 2005). A principal vantagem destes países é uma logística favorável, que pode ser decorrente da excelente estrutura de transporte, como é o caso dos estados Unidos, proximidade dos portos, no caso da Argentina ou dos compradores, no caso da África do Sul. O Brasil eventualmente participa deste mercado, porém, a instabilidade cambial e a deficiência da estrutura de transporte até aos portos têm prejudicado o país na busca de uma presença mais constante no comércio internacional de milho (EMBRAPA, 2007).

A produção de milho no Brasil, juntamente com a soja, contribui com cerca de 80% da produção de grãos no Brasil. A diferença entre as duas culturas está no fato que soja tem liquidez imediata, dada as suas característica de "commodity" no mercado internacional, enquanto que milho tem sua produção voltada para abastecimento interno. Apesar disto, o milho tem evoluído como cultura comercial apresentando, nos últimos vinte e oito anos, taxas de crescimento da produção de 3,0% ao ano e da área cultivada de 0,4% ao ano (EMBRAPA, 2007).

3.7 A SOJA E SEUS DERIVADOS

A Figura 05 mostra a evolução da soja no Brasil, em termos de área, produção e produtividade. Observa-se grande recuperação da produtividade (19%), resultado de melhores condições climáticas. Na safra 2004/05, a prolongada estiagem em vários Estados da Federação, com maior intensidade na Região Sul, foi o fator determinante para a queda da produtividade nacional.

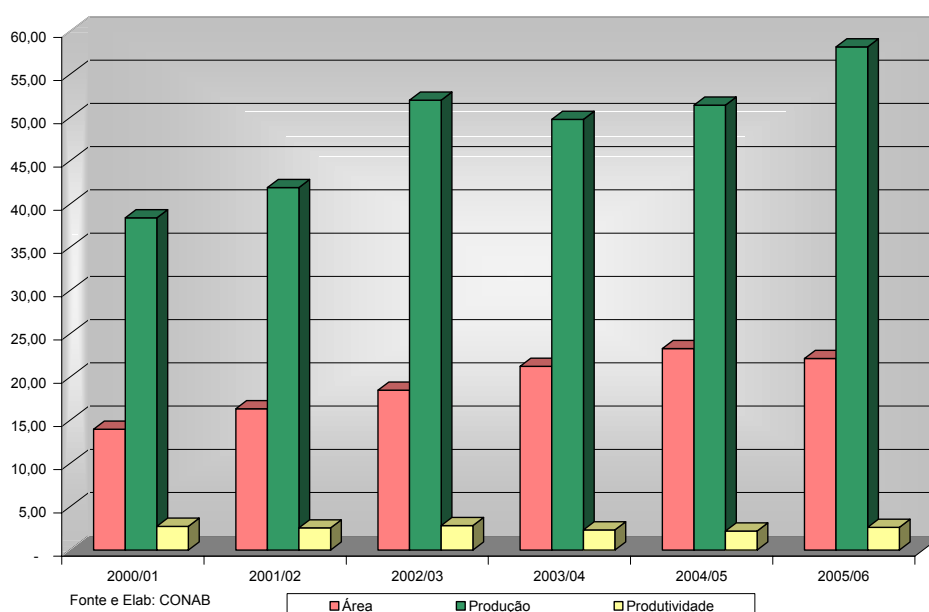


Figura 05. Evolução da soja no Brasil em termos de área, produção e produtividade.
Fonte: REDPA, 2006

Segundo Potter et al. (1993), o consumo de proteína e fibra de soja, utilizadas em pães, bolo tipo “muffin”, biscoitos e bolos, associado a outros produtos de baixas calorias foi efetivo na redução do colesterol total e da “*low density lipoprotein*” (LDL), conhecida como “mau colesterol”, enquanto que o nível de “*high-density lipoprotein*” (HDL) foi mantido no sangue.

Apesar de ser consumida em grão, a soja é mais utilizada na produção de derivados caseiros ou industrializados (PHILIPPI, 2003). Bowles (2005) afirmou que a soja dá origem a diversos produtos e subprodutos como o tofu (“queijo de soja”),

farinhas e farelos de soja, extrato aquoso de soja (“leite de soja”) e o subproduto do extrato aquoso da soja, denominado *okara*.

O extrato de soja é o produto obtido a partir da emulsão aquosa resultante da hidratação dos grãos de soja, convenientemente limpos, seguido de processamento tecnológico adequado, adicionado ou não de ingredientes opcionais permitidos, podendo ser submetido à desidratação, total ou parcial. O extrato de soja em pó na forma de emulsão aquosa constitui fonte de proteínas e pode ser usado como alimento ou como ingrediente para a elaboração de alimentos (BRASIL, 2005b). É um dos derivados de soja com grande potencial de mercado, pois é um produto pronto para consumo, de alto valor nutritivo, de custo relativamente baixo e de fácil obtenção. A ausência de lactose faz do extrato uma bebida alternativa para as pessoas intolerantes a esse carboidrato (KINSELLA, 1984)

3.8 O PÃO E SEU CONSUMO

O pão é o produto obtido da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionado de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (BRASIL, 2005a)

O pão é o produto obtido pela cocção, em condições técnicas adequadas, de massa preparada com farinha de trigo, fermento biológico, água e sal, podendo conter outras substâncias alimentícias aprovadas (CNNPA, 1978).

De acordo com Sindipan (2006), em 2004 o consumo médio de pão no Brasil foi de 28 kg “per capita”. Esta quantidade representa a metade da porção recomendada por organismos de alimentação mundiais como a OMS – Organização

Mundial da Saúde, da ONU (60 kg/ano) e da FAO – *Food and Agricultural Organization* (50 kg/ano).

As Tabelas 02 e 03 mostram o consumo de pão, em kg “per capita”, no Brasil, entre os anos de 1984 a 2004, e o consumo “per capita” de pão em diversos países, respectivamente.

Tabela 02. Dados estatísticos do consumo de pão “per capita” no Brasil

Ano	Consumo de pão (kg “per capita”)
1984	19
1988	21
1992	23
1993	24
1995	28
1996 a 1998	27
1999	28
2000	27
2001	27
2002	27
2003	28
2004	28

Fonte: Sindipan (2006)

Tabela 03. Dados estatísticos do consumo de pão “per capita” em diversos países

País	Consumo de pão (kg “per capita”)
Alemanha	80
Bulgária	110
França	56
Bélgica	71
Noruega	45
Dinamarca	70
Espanha	58
Portugal	70
Itália	55
Irlanda	65
Chile	98
Argentina	73
México	40
Uruguai	51
Turquia	154
Iugoslávia	50
Japão	17

Fonte: Sindipan (2006)

Pode-se verificar que o consumo de pão no Brasil é inferior ao consumo nos países apresentados na Tabela 03. De acordo com Sindipan (2006), diversos fatores influenciam o baixo consumo de pão no Brasil, tais como hábito cultural,

concorrência com outros produtos (milho, mandioca), poder aquisitivo, qualidade e variedade dos produtos.

Existem grandes diferenças regionais no consumo de pão, pois algumas regiões como o Sul e o Leste consomem cerca de 35 kg “per capita” enquanto outras como o Nordeste esse consumo só atinge 10 kg “per capita” (SINDIPAN, 2006).

3.9 O BOLO

O mercado de bolos prontos tem apresentado tendências de crescimento. Nos últimos anos, muitas empresas que já trabalhavam com pães, biscoitos e torradas ingressaram no mercado de bolos, a fim de diversificar sua linha de produtos. Observa-se também que o mercado brasileiro de bolos vem apresentando sinais de sofisticação, com a oferta de produtos mais elaborados, contendo, por exemplo, recheios, frutas cristalizadas ou gotas de chocolate e produtos que apresentam vida de prateleira prolongada. Outra forte tendência no mercado de bolos industrializados é a linha de “merendas”, ou seja, pequenos bolos em embalagens individuais, para consumo como lanche ou *snack*, destinados principalmente ao público infantil (PAVANELLI; CICHELO; PALMA, 2000).

3.10 PRODUTOS PANIFICADOS ISENTOS DE GLÚTEN

O produto mais difícil de ser substituído para a população celíaca é o pão, alimento básico do dia a dia, razão pela qual muitos pesquisadores têm buscado mundialmente uma solução (SUNADA et al., 2003).

De acordo com dados estatísticos apresentados pela Acelbra (2006) na Figura 06, o pão se encontra na preferência de produtos que os celíacos gostariam de encontrar disponíveis no mercado, seguido por biscoitos, macarrão e pizzas.

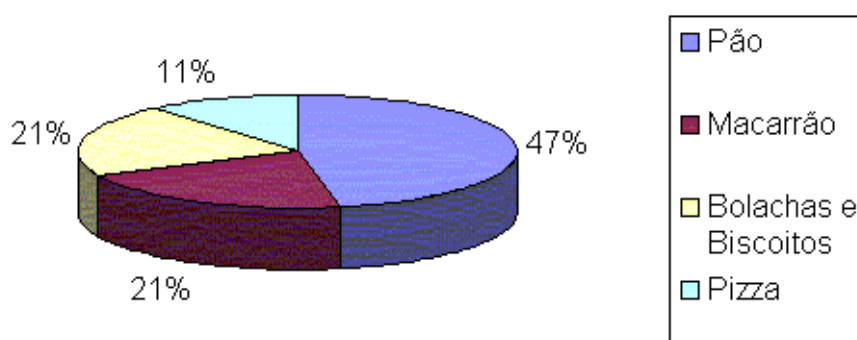


Figura 06 - Dados estatísticos sobre produtos que os celíacos gostariam de encontrar com facilidade.

Fonte: ACELBRA, 2006

A formulação de produtos panificados livres de glúten apresenta um desafio aos tecnologistas e padeiros. A literatura tem indicado um número limitado de documentos sobre este assunto. Isso reflete na dificuldade do desafio tecnológico e na falta de informação às pessoas que necessitam desses produtos. Nos últimos anos, foram realizadas várias pesquisas e desenvolvimentos mais significativos em produtos livres de glúten, utilizando amidos, produtos de laticínio, gomas e hidrocolóides, probióticos e outras combinações como alternativas ao glúten, a fim de melhorar a estrutura, paladar, aceitabilidade e vida de prateleira dos produtos (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2003).

O papel da fibra dietética em contribuir para um intestino saudável tem sido constantemente estudado. Dietas que contêm quantidades moderadas de grãos de cereais, frutas e vegetais são aptas a promover fibras suficientes. Devido ao fato de produtos livres de glúten não serem geralmente enriquecidos/fortificados, e freqüentemente feitos de farinha refinada ou amido, eles não contêm os mesmos

níveis de nutrientes que os que possuem glúten (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2003).

Em estudos com adolescentes celíacos, Mariani et al. (1998), concluíram que a adesão a uma dieta totalmente isenta de glúten agravou a situação de desbalanceamento nutricional aos adolescentes.

O enriquecimento de produtos assados livres de glúten com fibras dietéticas tem sido, entretanto, tópico de pesquisa para vários grupos de pesquisadores (CODEX LIMENTARIUM COMMISSION ..., 2000).

As proporções de amido de milho, amido de mandioca e farinha de arroz foram estudadas por Sanchez; Osella, e De la Torre (2002), a fim de produzir um pão isento de glúten, com 0 e 0,5% de farinha de soja. O objetivo foi obter valores máximos nas avaliações de volume específico, características do miolo do pão e avaliação sensorial. O delineamento no ponto central envolvendo a relação entre amido de milho/amido de mandioca e farinha de arroz/amido de mandioca foi utilizado. A resposta máxima da superfície de resposta para as características do miolo e avaliação sensorial indicam que a melhor formulação obtida, levando em consideração os pontos estudados, apresenta proporções de 74,2% de amido de milho, 17,2% de farinha de arroz e 8,6% de amido de mandioca. A adição de 0,5 de farinha de soja melhorou a textura do pão.

López; Pereira e Junqueira (2004) desenvolveram um sucedâneo para o pão de forma, isento de glúten. Foram testadas as influências dos amidos de milho, de mandioca e da farinha de arroz, bem como das etapas de mistura, fermentação e assamento na qualidade do mesmo. Foram desenvolvidas três formulações, utilizando como base para cada uma das formulações 100% de amido de milho, 100% de amido de mandioca e 100% de farinha de arroz. Os parâmetros de

fabricação foram determinados por meio de análises sensoriais durante a produção. As características sensoriais dos pães foram comparadas por meio de parâmetros físicos (aparência do miolo, volume específico e umidade) e com uma equipe de julgadores (sabor, aparência, textura do miolo, cor da casca e satisfação). Para os parâmetros de sabor e umidade não houve diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Os pães produzidos com os três ingredientes diferiram significativamente quanto ao volume específico, à textura do miolo, à cor da casca, ao grau de satisfação e à aparência externa. Os pães de farinha de arroz apresentaram os melhores parâmetros, sendo preferidos pela equipe de provadores, seguidos pelos de amido de milho e por último de amido de mandioca. Os pães elaborados com farinha de arroz resultaram em produto de maior maciez, melhor consistência com pequenos alvéolos homogeneamente distribuídos. Quanto ao aspecto da textura do miolo, os pães fabricados com amido de milho apresentaram alvéolos maiores. O amido de mandioca resultou em pães com miolo extensível, gomoso e de granulação fechada sem alvéolos, com características sensoriais indesejáveis. A partir dos resultados obtidos, levando em consideração os parâmetros nele estudados, verificou-se que, para este estudo, a melhor formulação obtida é composta por 45% de farinha de arroz, 35% de amido de milho e 20% de amido de mandioca, originando pães com miolo composto por células de tamanho uniformes bem distribuídas e sabor e aparência agradáveis.

Silva; Façanha e Silva (1998) estudaram a influência do teor de água, o efeito da pré-gelatinização do amido fermentado e a adição de amilose e de amilopectina no crescimento de biscoitos. De acordo com o estudo, o tempo de formação do biscoito, demonstrou ser altamente dependente do teor de água presente na sua formulação. A gelatinização total do amido modificado por

fermentação parece destruir completamente suas propriedades de expansão, pois não foi observado crescimento do biscoito com uma formulação padrão contendo apenas amido totalmente gelatinizado. Biscoitos formulados com amilose ou amilopectina em substituição ao amido fermentado apresentaram baixo grau de expansão quando comparados ao padrão.

Kobyłański; Pérez e Pilosof (2004) estudaram o comportamento térmico de massas de pães formulados com amidos de milho e mandioca e com hidroxipropilmetilcelulose, analisando os efeitos de diferentes níveis dos componentes (água, hidroxipropilmetilcelulose e clara de ovo). Os níveis de adição de água, hidroxipropilmetilcelulose e clara de ovo influenciaram grandemente nas temperaturas de transição. A interação hidroxipropilmetilcelulose-água controlou principalmente a temperatura inicial de gelatinização do amido. Por outro lado, as temperaturas de pico e final foram determinadas pelo aditivo e efeitos opostos de água e ovo. Os resultados mostraram que uma ótima combinação de hidroxipropilmetilcelulose, água e clara de ovo podem resultar em massas com comportamento térmico desejável. Por exemplo, as massas começaram a gelatinizar a menores temperaturas, em níveis intermediários de hidroxipropilmetilcelulose (1%) e clara de ovo (5%), devendo ser usada em combinação com níveis de água de aproximadamente 100%. Ao contrário, baixa quantidade de água (80%) e hidroxipropilmetilcelulose (<0,5%) em combinação com altos teores ovo (10%) provocam o aumento das temperaturas de gelatinização iniciais, de pico e finais. Além do mais, pode ser desejável que as massas comecem a gelatinizar precocemente, mas que os grânulos resistam à total gelatinização durante o assamento. Esse comportamento térmico foi encontrado pela seleção de baixos níveis de água (80-90%) em combinação com altos níveis de

hidroxipropilmetilcelulose (1,5-2%) e clara de ovo (5-10%). Nessa formulação de massa, a diferença entre temperaturas de gelatinização inicial e de pico foi de aproximadamente 27°C. De qualquer forma, medidas sensoriais e objetivas da qualidade do pão poderiam ser realizadas para determinar a melhor formulação possível.

Marcílio, Amaya-Farfan e Silva (2005) avaliaram a farinha de amaranto na fabricação de biscoito sem glúten do tipo *cookie*. Os resultados do trabalho mostraram que biscoitos elaborados com 100% de farinha de amaranto tinham consistência suficiente para a elaboração de biscoitos, apresentando aceitação positiva de consumidores não familiarizados com esse tipo de pseudo-cereal, como é o caso do consumidor brasileiro. Neste trabalho foi concluído que, apesar das novas tendências sobre alimentação saudável, a preferência dos provadores inclinou-se pelo produto elaborado com o maior teor possível de farinha refinada de amaranto. As formulações que mostraram melhor aceitação pelos consumidores foram aquelas com o teor máximo de gordura (22,3%) da formulação original.

3.11 PRODUTOS PANIFICADOS CONGELADOS

As primeiras tentativas de produção de pão a partir de massa congelada ocorreram na década de 50, nos Estados Unidos. Nesta época, devido à inexistência de equipamentos apropriados, eram utilizados misturadores de cimento e congeladores de sorvete (JACKEL, 1991). Em 1926, na Áustria, já haviam sido realizados experimentos utilizando baixas temperaturas para o retardamento da etapa de fermentação da massa, numa tentativa de reduzir o trabalho noturno nas padarias (SLUIMER, 1981).

Nas décadas de 50 e 60, o mercado de massa congelada para produção de pão não obteve êxito, por diversas razões, entre as quais a curta vida de prateleira e o procedimento de preparo do produto, pelo consumidor, muitas vezes inadequado. Entretanto, a partir da década de 70, nos Estados Unidos, o uso de massa congelada começou a ganhar popularidade com a abertura de novo canal de mercado, ou seja, as padarias das grandes redes de supermercados (VETTER, 1979). Ainda nesta mesma década, algumas padarias de pequeno porte consideravam conveniente e econômico o congelamento de porções-reserva de massa, que podiam ser mantidas por alguns dias ou semanas no congelador, para serem então descongeladas, fermentadas e assadas nos horários de maior demanda (MARSTON, 1978).

O uso de massa congelada veio ao encontro da exigência dos consumidores por pães sempre “frescos”, isto é, recém-assados, independentemente do horário da compra, permitindo, ao mesmo tempo, maior flexibilidade na produção, e diminuindo consideravelmente o trabalho noturno nas padarias (SLUIMER, 1981).

De acordo com os estudos de Meric et al. (1995) a pré-fermentação da massa por uma ou duas horas não afeta a resistência das leveduras aos ciclos de congelamento/descongelamento, não ocorrendo o mesmo em relação à estabilidade das mesmas durante armazenamento prolongado da massa. Rasanen; Härkönen e Autio (1995), ao estudarem a pré-fermentação da massa antes do congelamento, observaram que a perda de volume dos pães dependia da duração da pré-fermentação, sendo praticamente independente da qualidade da farinha.

3.11.1 Congelamento

Depois da levedura, a velocidade de congelamento constitui-se no parâmetro mais estudado em massas congeladas (GÉLINAS; DEAUDELIN; GRENIER, 1995). A velocidade de congelamento e descongelamento dependerá do tipo de congelador utilizado (mecânico ou criogênico), do tipo, do tamanho e do formato do pão e da formulação empregada. Além da temperatura e velocidade de congelamento, há também diferentes recomendações quanto a temperatura de armazenamento da massa congelada. Desta forma, torna-se difícil chegar ao consenso sobre as melhores condições de processamento que devem ser empregadas durante a produção de pão a partir de massa congelada (WATANAB; BENASSI, 2000).

Segundo Watanab e Benassi (2000), massas congeladas produzidas com levedura e processo adequado de preparo e congelamento das massas são estáveis por no mínimo três meses. Dependendo do congelador e das condições de congelamento utilizados, este prazo pode alcançar de seis a nove meses.

As vantagens do pão de massa congelada em relação aos processos tradicionais devem-se aos seguintes fatores: padronização do produto, redução de espaço, mão de obra não especializada, agilidade e flexibilidade para a produção. A diferença encontrada entre o pão de massa congelada e o pão pré-assado congelado está no tempo de preparo no ponto de venda. O pão pré-assado de massa congelada é mais rápido no tempo de preparo do que o pão de massa congelada, porém com o pão de massa congelada, tem-se um custo menor com transporte e armazenamento, já que o volume da massa é menor do que o do pão pré-assado (KLIMAQUIP, 2007).

Havet; Mankai e Le Bail (2000), em estudo sobre o efeito do congelamento na qualidade de pão francês, afirmam que o volume é influenciado prioritariamente

pela viabilidade das leveduras e a qualidade da rede de glúten. A estabilidade da massa congelada depende também da qualidade da levedura, dos compostos sulfidríla (SH) liberados, da fermentação antes do congelamento e dos ciclos de gelo-degelo (EL-HADY *et al.*, 1996). Na produção de massas congeladas de pão usa-se método rápido, visando minimizar a fermentação pelas leveduras durante a preparação da massa (INOUE; BUSHUK, 1991).

3.12 ANÁLISE SENSORIAL

Segundo o IFT (*Institute of Food Technology*) a análise sensorial pode ser definida como sendo “uma disciplina científica, usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidos pelos sentidos: olfato, gosto, tato e audição”(FOOD TECHNOLOGY, 1981; ABNT, 1993a)

Os instrumentos da análise sensorial são os sentidos do homem, a palavra *sensus* provém do latim e significa “sentido”. A análise sensorial é uma técnica de medição tão importante quanto os métodos físicos, químicos e microbiológicos. Fundamental na estatística, filosofia, psicologia e outros ramos da ciência, tem rigor científico associado à experimentação. Sendo assim, ela desempenha um papel importante em todos os aspectos da Ciência e Tecnologia de Alimentos (WASZCZYNSKY, 1997).

Simpson; Piggott e Williams (1995) citaram que dentre as aplicações mais freqüentes da análise sensorial tem-se: melhoramento e desenvolvimento de produtos, avaliação de processos, controle de qualidade, avaliação da estabilidade

no armazenamento, estudos de aceitabilidade ou preferência do consumidor e correlação com medidas instrumentais.

Todos os testes devem ser realizados em locais tranquilos, onde o provador fique livre de distúrbios e seja capaz de se concentrar. O provador precisa saber o que é percebido com o mínimo de interpretação subjetiva, de modo que os resultados possam ser relacionados significativamente com as medições mecânicas e instrumentais, e com as pesquisas de mercado. Necessita, portanto, de condições especiais para fazer com que o degustador não julgue o produto com interpretações pessoais, mas o avalie o mais subjetivamente possível (DUTCOSKY, 1996).

A ABNT-NBR 12994, de julho de 1993 (ABNT, 1993b), apresenta a seguinte classificação dos métodos sensoriais:

- Métodos discriminativos: métodos que estabelecem diferenciação qualitativa e/ou quantitativa entre as amostras;
- Métodos descritivos: métodos que descrevem qualitativa e quantitativamente as amostras;
- Métodos subjetivos ou afetivos: métodos que expressam opinião pessoal do julgador.

3.12.1 Métodos sensoriais

3.12.1.1 Métodos subjetivos ou afetivos

O método afetivo é utilizado quando se deseja saber o comportamento do consumidor frente a determinado produto e suas variedades, avaliando a resposta sensorial de cada indivíduo pela preferência ou aceitação dos consumidores. Tais

métodos podem ser classificados de duas formas: teste de preferência ou teste de aceitação (GATCHALIAN, 1981; FISHER; SCOTT, 2000).

Os métodos afetivos não requerem treinamento dos julgadores e são importantes por expressar a opinião por parte do consumidor. Para uma maior validade dos resultados se faz necessário um número grande de provadores, capazes de representar a população dos consumidores atuais ou potenciais do produto (STONE; SIDEL, 1985).

Se o objetivo da prova é a escolha de um produto frente ao outro, então esta prova é denominada preferência. Dutcosky (1996) define o teste de preferência como sendo a expressão do grau de gostar, escolha de uma amostra em relação à outra, e/ou contínuo psicológico do afetivo (percepção do agradável até o desagradável) através dos quais se baseiam as escolhas. Este teste pode ser considerado uma das mais importantes etapas da análise sensorial, pois representa o somatório de todas as percepções sensoriais e expressa o julgamento, por parte do consumidor, sobre a qualidade do produto. Mede a preferência para prever a aceitabilidade, pois este último é o critério finalizador na ciência e tecnologia de alimentos. Os testes empregados para a determinação da preferência podem ser o teste pareado, teste de ordenação e a escala hedônica.

3.12.1.2 Teste triangular

É o método mais comumente utilizado em testes discriminativos. Neste teste, são apresentadas aos julgadores três amostras, sendo duas idênticas e uma diferente. Este teste é considerado um teste de escolha forçada e cabe ao julgador identificar qual das amostras é diferente. Os dois estímulos ou tratamentos são

apresentados e analisados em seis diferentes arranjos, e a possibilidade de seleccionar a amostra diferente ao acaso é de $1/3$ em cada teste. O número de respostas corretas indica que o julgador identificou a amostra diferente. Em um determinado número de julgamentos independentes segue a distribuição binomial com $p=1/3$. Desta forma, em uma série de julgamentos independentes, a probabilidade de ocorrer um determinado número de respostas corretas ao acaso pode ser calculada (CHAVES; SPROESSER, 1996).

Por meio do teste triangular é possível verificar se existe diferença significativa entre duas amostras que sofreram tratamentos diferentes. É possível detectar pequenas diferenças entre as amostras analisadas, e por este motivo é utilizado antes de outros testes, pois não avalia o grau, nem caracteriza os atributos responsáveis pela diferença, somente se existe ou não diferença significativa (DUTCOSKY, 1996).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental da pesquisa foi realizada nos laboratórios de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e nos laboratórios da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). As análises sensoriais foram realizadas nos laboratórios de análise sensorial da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), da Importadora de Frutas La Violetera Ltda e na Associação dos Celíacos do Paraná (ACELPAR). As análises instrumentais foram realizadas nas dependências da Granotec do Brasil.

O bolo tipo “*muffin*” desenvolvido neste projeto foi referenciado apenas como *muffin*, a fim de simplificar sua citação.

4.1 MATERIAL

Os materiais utilizados para a elaboração do pão foram amido de milho Maizena[®], creme de arroz Yoki[®], amido de mandioca Pinduca[®], emulsificante para sorvetes e bolos Nutral[®], açúcar refinado especial União[®], extrato de soja Vitao[®], super liga neutra para sorvetes Selecta[®] (Duas Rodas), sal moído iodado MaisVita[®], fermento biológico seco Fleishmann[®], margarina sem sal Doriana[®], ovos.

Os materiais utilizados para a elaboração do *muffin* foram creme de arroz Yoki[®], amido de mandioca Pinduca[®], fermento químico em pó Royal[®], açúcar mascavo Guimarães[®], margarina sem sal Doriana[®], ovos, sal moído e iodado MaisVida[®], chocolate em pedaços Garoto[®] e canela em pó Yoki[®].

4.2 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos e materiais utilizados incluíram balança, bacia plástica, forno industrial da Perfecta[®] modelo Vipão[®], medidor volumétrico para pães Vondel[®] modelo VDMV-03, *Texture Analyser*[®] SMS (*Stable Micro Systems*[®]) e freezer Metalfrio 2800[®].

4.3 MÉTODOS

4.3.1 Preparo básico

4.3.1.1 Pão sem glúten assado

O amido de milho, o creme de arroz e o amido de mandioca foram misturados juntamente com o açúcar, sal, fermento, liga neutra e extrato de soja. A margarina e o emulsificante foram derretidos em banho-maria, e adicionados à mistura, seguidos dos ovos. Foi adicionada água até a massa atingir a consistência adequada. As fôrmas foram untadas e polvilhadas com amido de milho. A massa foi moldada nas fôrmas, colocada em estufa à 40°C, e permaneceu descansando por uma hora. Posteriormente a massa foi pincelada com gema de ovo, levada ao forno e assada a 180°C por 30 minutos. Após esse período, o pão assado foi retirado do forno e imediatamente desenformado. Após o resfriamento, o pão foi acondicionado em embalagem plástica apropriada.

O preparo básico do pão sem glúten assado seguiu o fluxograma de processo da Figura 07:

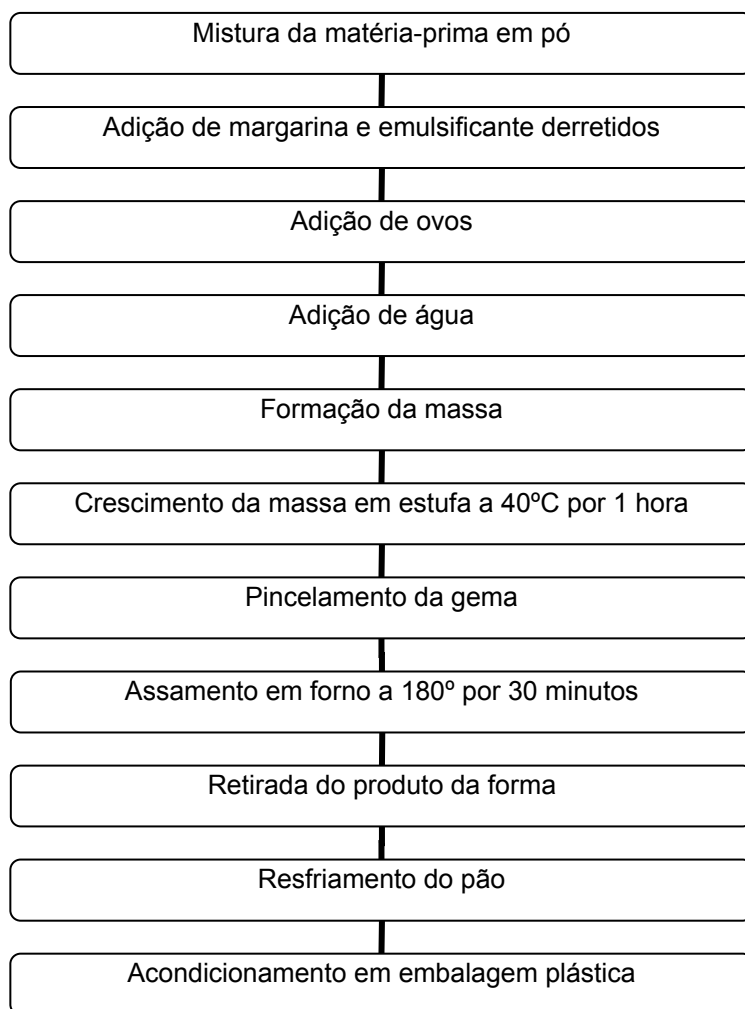


Figura 07: Fluxograma de processo do preparo do pão sem glúten assado

4.3.1.2 Pão sem glúten pré-assado e congelado

O amido de milho, o creme de arroz e o amido de mandioca foram misturados juntamente com o açúcar, sal, fermento, liga neutra e extrato de soja. A margarina e o emulsificante foram derretidos em banho-maria, e adicionados à mistura, seguidos dos ovos. Foi adicionada água até a massa atingir a consistência adequada. As fôrmas foram untadas e polvilhadas com amido de milho. A massa foi moldada nas fôrmas que foram colocadas em estufa a 40 °C em descanso por uma hora. Posteriormente a massa foi pincelada com gema de ovo, levada ao forno e pré-assada a 180 °C por quinze minutos. Após esse período os pães foram retirados

do forno, imediatamente desenhados e aguardou-se o resfriamento. Posteriormente o pão foi acondicionado em embalagem plástica apropriada e congelado a aproximadamente -18°C . Após 30 dias, a massa foi retirada do congelador, acondicionada novamente na forma, e imediatamente assada em forno a 180°C por 20 minutos. Em seguida o pão foi retirado do forno, aguardado seu resfriamento, e acondicionado em embalagem plástica apropriada.

O preparo básico do pão sem glúten pré-assado e congelado seguiu o fluxograma de processo da Figura 08:

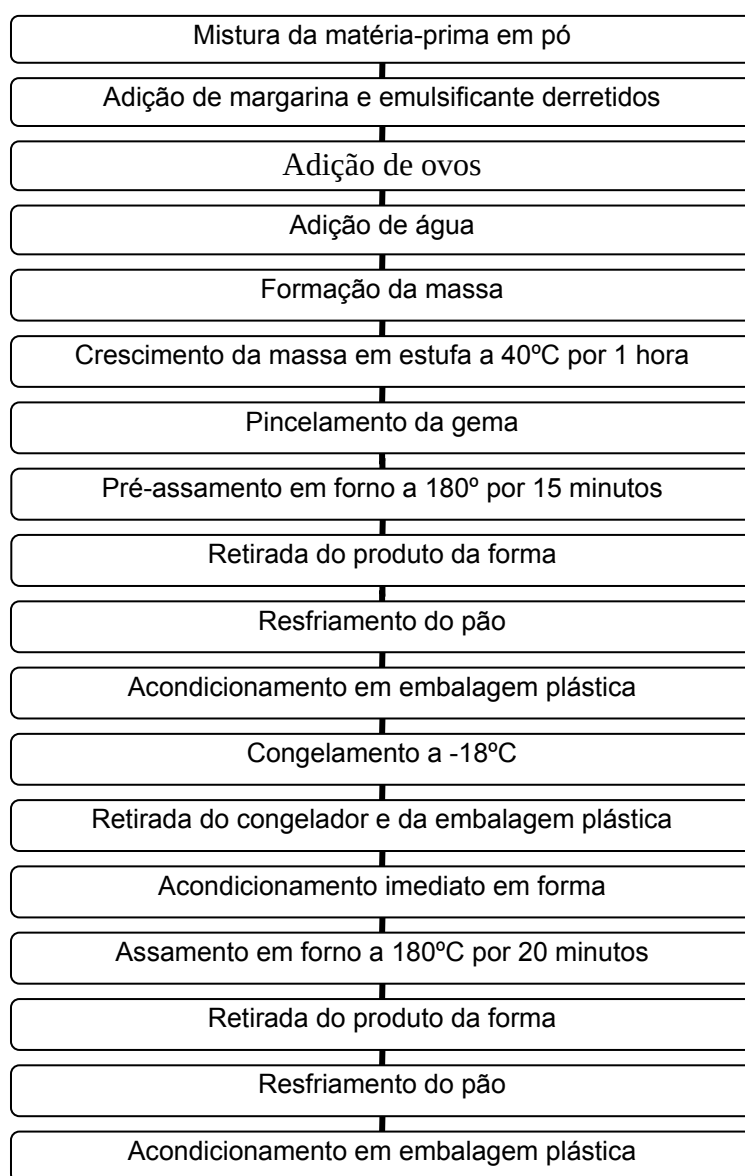


Figura 08: Fluxograma de processo do preparo do pão sem glúten pré-assado e congelado

4.3.1.3 *Muffin* sem glúten assado

Foram misturados a margarina e o açúcar mascavo até obter uma massa completamente homogênea. Posteriormente foram adicionados amido de mandioca, creme de arroz, fermento, ovos, canela em pó e chocolate em pedaços. A massa foi colocada nas fôrmas de papel apropriadas para o assamento, e em seguida levada ao forno a 180°C por aproximadamente 30 minutos. Posteriormente a massa foi retirada do forno e aguardou-se seu resfriamento. A mesma foi acondicionada em uma embalagem secundária de plástico.

O preparo básico do *muffin* sem glúten assado seguiu o fluxograma de processo da Figura 09:

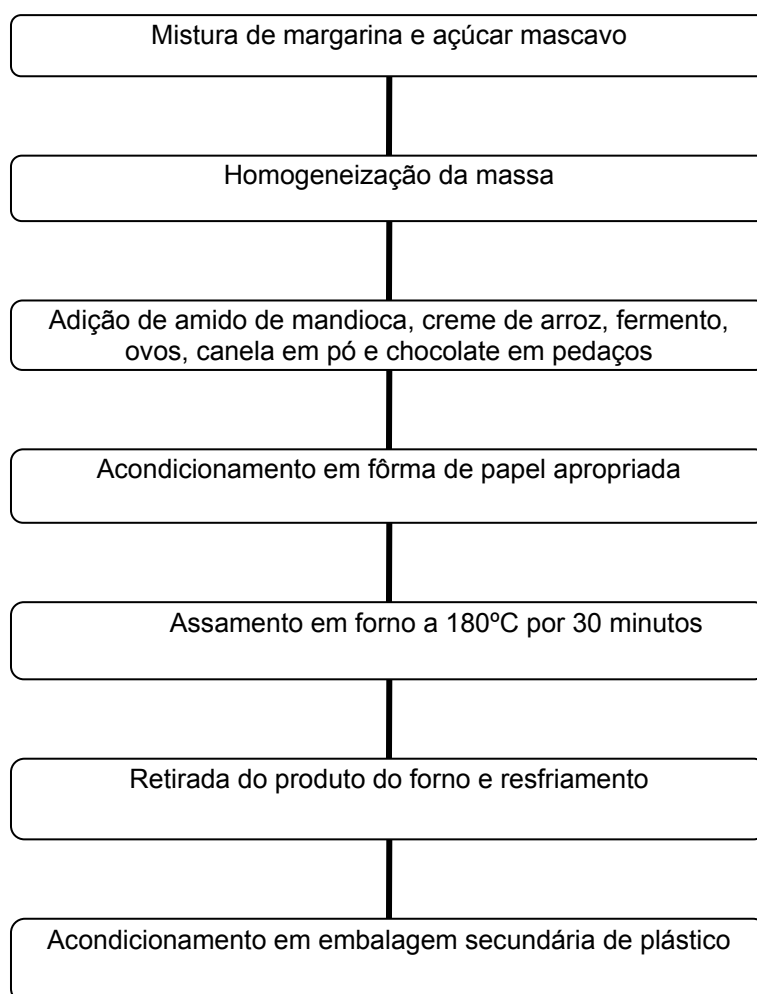


Figura 09: Fluxograma de processo do preparo do *muffin* sem glúten assado

4.3.1.4 *Muffin* sem glúten pré-assado e congelado

Foram misturados a margarina e o açúcar mascavo até obter uma massa completamente homogênea. Posteriormente foram adicionados amido de mandioca, creme de arroz, fermento, ovos, canela em pó e chocolate em pedaços. A massa foi colocada nas fôrmas de papel apropriadas para o assamento, e em seguida levada ao forno a 180°C por 15 minutos. Posteriormente a massa foi retirada do forno e aguardou-se seu resfriamento. A mesma foi acondicionada em uma embalagem plástica secundária, e em seguida congelada a -18°C. Após 30 dias, a massa foi retirada do congelador, e imediatamente assada em forno a 180 °C por 20 minutos. Posteriormente o *muffin* foi retirado do forno, aguardado seu resfriamento, e acondicionado em embalagem plástica secundária.

O preparo básico do *muffin* sem glúten pré-assado e congelado seguiu o fluxograma de processo da Figura 10:

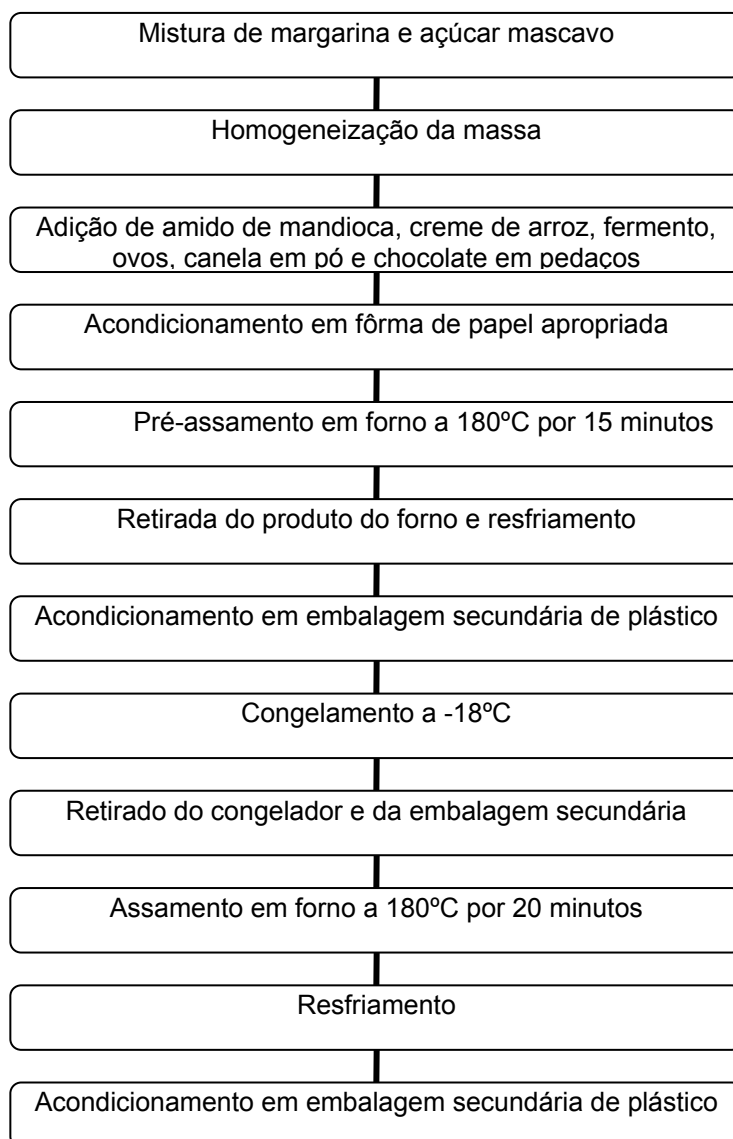


Figura 10: Fluxograma de processo do preparo do *muffin* sem glúten pré-assado e congelado

4.3.2 Formulação inicial

4.3.2.1 Pão sem glúten

A Tabela 04 mostra a formulação inicial utilizada para o preparo dos pães.

Tabela 04: Formulação inicial do pão sem glúten

Ingredientes	% em relação aos amidos e creme	% em relação a todos os ingredientes
Creme de arroz	59,56	42,23
Amido de mandioca	33,78	23,95
Amido de milho	6,66	4,73
Açúcar	5,35	3,80
Sal	1,24	0,88
Fermento biológico em pó	2,19	1,56
*Liga neutra	0,93	0,66
Ovos	18,80	13,33
Margarina	4,72	3,35
Extrato de soja em pó	5,80	4,11
*Emulsificante	2,00	1,42

* Liga neutra: goma guar e carboximetilcelulose / Emulsificante: monoglicerídeos de ácidos graxos destilados, monoestearato de sorbitana e polisorbato 60

Dos ingredientes, três foram considerados mais influentes sobre a qualidade do pão: creme de arroz, amido de mandioca e amido de milho. Foi realizado um delineamento experimental com base nestes três ingredientes.

4.3.2.2 Muffin sem glúten

A Tabela 05 mostra a formulação inicial utilizada para o preparo do *muffin*.

Tabela 05: Formulação inicial do *muffin* sem glúten

Ingredientes	% em relação aos amidos e creme	% em relação a todos os ingredientes
Creme de arroz	83,33	20,79
Amido de mandioca	16,67	4,15
Fermento químico em pó	8,97	2,24
Açúcar mascavo	25,13	6,28
Margarina	41,03	10,24
Ovos	115,38	28,80
Sal	2,05	0,51
Extrato de soja em pó	21,79	5,44
Canela em pó	2,5	0,63
Chocolate em pedaços	83,85	20,92

4.3.3 Avaliação Sensorial

Para a realização da análise sensorial, foi obtida a aprovação do projeto por parte do Comitê de Ética da Universidade Estadual de Ponta Grossa (Anexo 1), e a cada provador, juntamente com o formulário de análise sensorial, foi apresentado o Termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 2).

A degustação foi feita em uma única sessão, com produtos preparados no mesmo dia e referentes ao mesmo lote de produção. Os pães e *muffins* foram mantidos a temperatura ambiente de 24 °C, e foi oferecido um copo de água mineral para cada julgador utilizar como branco entre as amostras.

A privacidade e confidencialidade dos provadores foram preservadas, não sendo necessária a identificação do avaliador na ficha de análise sensorial, solicitando-se somente dados como a idade e sexo.

A análise dos dados seguiu os padrões determinados na NBR 14141 (ABNT, 1998) para avaliação sensorial de alimentos e bebidas com utilização de escala hedônica, pela ABNT – NBR 12995 (ABNT, 1993c) para teste triangular em análise sensorial de alimentos e bebidas, e pela NBR 12086 (ABNT, 1993a) para análise sensorial de alimentos e bebidas.

4.3.3.1 Pão sem glúten

Foram realizadas quatro análises sensoriais a fim de obter a melhor formulação possível a partir dos testes realizados.

A primeira delas foi avaliada a partir das sete amostras de pães resultantes do delineamento dos amidos.

A segunda análise foi avaliada a partir do ponto ótimo obtidos a partir da primeira análise sensorial e do ponto ótimo simultâneo resultante das análises instrumentais de volume específico, elasticidade e firmeza.

Posteriormente, a fim de verificar se existia diferença significativa entre a amostra de pão assada e amostra pré-assada e congelada foi realizado o teste triangular.

A última análise sensorial foi realizada a fim de verificar a aceitabilidade dos portadores da doença celíaca ao produto preferido sensorialmente pelos provadores comuns.

4.3.3.1.1 Avaliação sensorial resultante do delineamento dos amidos

Na primeira análise sensorial, as características sensoriais foram avaliadas para as sete amostras de pães resultantes do delineamento dos amidos, duas horas após o forneamento. Para avaliação sensorial do pão, o mesmo foi submetido ao teste de escala hedônica, com a escala variando de 1 a 9 (1: desgostei muitíssimo; 9: gostei muitíssimo), onde participaram 90 provadores não portadores da doença celíaca, não treinados, sendo 26,44% do sexo masculino e 73,56% do sexo feminino.

Foi servida uma fatia de cada amostra resultante de cada um dos sete ensaios experimentais e cada julgador recebeu uma bandeja contendo as amostras codificadas com três dígitos ao acaso e aleatorizados. O formulário utilizado para a realização do teste sensorial está ilustrado na Figura 11.

Nome (opcional): _____ Data: ____ / ____ / ____

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

Escala hedônica

Amostras	Valor

1- Desgostei muitíssimo
 2- Desgostei muito
 3- Desgostei regularmente
 4- Desgostei ligeiramente
 5- Indiferente
 6- Gostei ligeiramente
 7- Gostei regularmente
 8- Gostei muito
 9- Gostei muitíssimo

Figura 11: Modelo do formulário para teste de escala hedônica utilizado para análise sensorial dos pães e *muffin* sem glúten

4.3.3.1.2 Avaliação sensorial dos pontos ótimos

Para a segunda análise sensorial foram realizados dois ensaios, obtidos a partir do ponto ótimo da primeira análise sensorial, e do ponto ótimo simultâneo entre as análises de volume específico, elasticidade e firmeza, duas horas após o forneamento. Para avaliação sensorial do pão, o mesmo foi submetido ao teste de escala hedônica, com a escala variando de 1 a 9 (1: desgostei muitíssimo; 9: gostei muitíssimo), onde participaram 93 provadores não portadores da doença celíaca, não treinados, sendo 34,07% do sexo masculino e 65,93% do sexo feminino.

Foi servida uma fatia de cada pão resultante de cada formulação ótima, e cada julgador recebeu uma bandeja contendo as amostras codificadas com três dígitos ao acaso e aleatorizados. O formulário utilizado para a realização do teste sensorial está ilustrado na Figura 11.

Foi avaliada também a intenção de compra dos provadores com relação aos ensaios realizados. O formulário utilizado para o teste está ilustrado na Figura 12.

Nome: _____	Data: ____ / ____ / ____
Idade: _____	Sexo: ()F ()M
Avalie as amostras e indique o parecer (de 1 a 5) que melhor define sua intenção de compra com relação ao produto: 5 - Certamente compraria 4 - Provavelmente compraria 3 - Talvez comprasse, talvez não comprasse 2 - Provavelmente não compraria 1 - Certamente não compraria	
Amostra _____: Amostra _____:	

Figura 12: Modelo do formulário para intenção de compra para as amostras de pão e *muffin* sem glúten.

4.3.3.2 *Muffin*

Para a realização da análise sensorial do *muffin*, foi utilizada apenas uma formulação, descrita no item 4.3.2.2.

4.3.3.2.1 Avaliação sensorial por escala hedônica

As características sensoriais do *muffin* foram avaliadas duas horas após o forneamento. Para avaliação sensorial do *muffin*, o mesmo foi submetido ao teste de escala hedônica, com atributos que variaram de 1 a 9 (1: desgostei muitíssimo; 9: gostei muitíssimo), conforme Figura 11. A análise sensorial foi realizada contando com a participação de 122 provadores não portadores da doença celíaca, não treinados, sendo 44,17% do sexo masculino e 55,83% do sexo feminino.

Foi servida uma unidade de *muffin* para cada julgador, devidamente codificada com três dígitos ao acaso e aleatorizados.

Foi avaliada também a intenção de compra dos provadores com relação aos ensaios realizados. O formulário utilizado para o teste está ilustrado na Figura 12.

4.3.3.3 Teste triangular entre as amostras assadas e amostras pré-assadas e congeladas

A fim de verificar se existe diferença sensorial significativa entre as amostras de pão e *muffin* assadas, e amostras de pão e *muffin* pré-assadas e congeladas, foi aplicado o teste triangular, partindo da formulação melhor avaliada sensorialmente.

Para a realização dos testes, foram utilizados 12 provadores previamente selecionados, os quais já eram participantes de teste triangular. Os provadores foram previamente orientados sobre os fundamentos da análise sensorial, e orientação do princípio e objetivo do teste empregado.

Foram distribuídas três amostras de pão e três amostras de *muffin*, sendo duas idênticas e uma diferente. As amostras foram devidamente codificadas, e servidas aos julgadores aleatoriamente.

As amostras foram apresentadas seguindo todas as combinações possíveis. Para o pão, foram utilizados os códigos 562 e 471 para amostra assada, e 397 e 146 para amostra pré-assada e congelada. Para o *muffin* foram utilizados os códigos 639 e 248 para amostra assada, e 385 e 872 para amostra pré-assada e congelada. A sequência de apresentação das fichas está ilustrada na Tabela 06.

Tabela 06: Sequência de apresentação das amostras de pão e *muffin* no teste triangular

Nº ficha	Pão	Muffin
01	397 - 562 - 146	639 - 385 - 248
02	562 - 397 - 471	385 - 639 - 872
03	397 - 146 - 471	639 - 248 - 872
04	562 - 471 - 146	385 - 872 - 248
05	471 - 146 - 397	872 - 248 - 639
06	146 - 562 - 471	248 - 385 - 872

Foram apresentadas três amostras codificadas, e informado que duas delas eram iguais, e uma diferente. Em seguida, o provador foi solicitado a provar a amostra da esquerda para a direita, e identificar a amostra diferente.

O formulário utilizado para a realização do teste triangular está ilustrado na Figura 13.

Nome (opcional): _____		Data: ____ / ____ / ____	
Idade: ____ anos		Sexo: ()F ()M	
Teste triangular			
Em cada grupo de amostras apresentadas, duas são iguais e uma é diferente.			
Deguste cuidadosamente cada uma das amostras, na ordem em que estão sendo apresentadas, e faça um círculo em volta da amostra diferente.			
Grupo	Código da amostra		
I			
II			
Comentários: _____			

Figura 13: Modelo do formulário para teste triangular utilizado para análise sensorial comparativa entre as amostras assadas e amostras pré-assadas e congeladas de pão e *muffin* sem glúten.

4.3.3.4 Avaliação sensorial feita pelos portadores da doença celíaca

Este teste contou com a participação de 17 provadores portadores da doença celíaca, sendo 24% do sexo masculino e 76% do sexo feminino. O objetivo da realização deste teste sensorial foi verificar a aceitação dos produtos por pessoas habituadas a consumir alimentos isentos de glúten.

Foi avaliado o pão preferido sensorialmente entre os provadores comuns (não portadores da doença) e o *muffin*. Para avaliação sensorial os portadores desse tipo de doença foram submetidos ao teste de escala hedônica, com a escala variando de 1 a 9 (1: desgostei muitíssimo; 9: gostei muitíssimo), conforme Figura 11.

Foi avaliada também a intenção de compra dos provadores com relação ao ensaio realizado. O formulário utilizado para o teste está ilustrado na Figura 12.

4.3.4 Avaliação físico-química

Foram realizadas análises físico-químicas de umidade, proteína bruta, lipídeos, fibra alimentar, carboidrato, gordura trans e saturada, resíduo mineral fixo, sódio, cálcio e ferro. Todas as análises foram realizadas em duplicata.

A análise de fibra alimentar foi realizada de acordo com o método da AOAC (1997). As análises de cálcio, ferro e sódio foram realizadas segundo o método AOAC (2000). As demais análises foram realizadas de acordo com os métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO, 1985).

4.3.4.1 Umidade

A fração aquosa foi determinada através da diferença do peso da amostra, antes e após a secagem de uma quantidade padronizada desta amostra em estufa com circulação de ar a 105°C, até atingir peso constante (INSTITUTO, 1985).

4.3.4.2 Proteína bruta

Para determinação do conteúdo protéico das amostras foi utilizado o método de Kjeldahl, que se fundamenta na determinação do nitrogênio orgânico total. Este método tem por base a digestão da amostra onde o nitrogênio é transformado em

um sal de amônia. A seguir ocorre a etapa de destilação e recepção do íon liberado, e posteriormente a solução obtida é titulada em presença de indicador adequado. Para este método foram utilizados CuSO_4 / K_2SO_4 como catalisadores. O conteúdo de nitrogênio obtido é convertido em proteína por meio de um fator de conversão médio 6,25, baseado em 16% de nitrogênio nas proteínas alimentares (INSTITUTO, 1985).

4.3.4.3 Lipídeos

Para determinação da fração lipídica das amostras foi utilizado o método de Soxhlet, que tem como princípio básico a extração da fração lipídica da amostra analisada com hexano e posterior remoção do solvente por destilação. A fração lipídica foi determinada por gravimetria (INSTITUTO, 1985).

A determinação de gordura trans e gordura saturada foram feitas por cromatografia gasosa, a qual emprega colunas capilares com fase estacionária de elevada polaridade, que possibilitam a separação dos isômeros *cis* e *trans*. Para as determinações foi utilizado um cromatógrafo gasoso marca Shimadzu modelo GC-14B, equipado com detector por ionização em chama, injetor do tipo split, coluna capilar de sílica fundida (50m de comprimento x 0,22 mm de diâmetro interno, Shimadzu-Hicap, Austrália). As condições cromatográficas foram: temperatura da coluna: 180°C (isotérmica); gás de arraste: hidrogênio numa vazão de 1,05 mL/min; temperatura do detector e do injetor: 250°C (HARTMAN; LAGO, 1973)

4.3.4.4 Resíduo mineral fixo

Para determinação do resíduo mineral fixo foi utilizado o método de incineração dupla, no qual uma quantidade da amostra é submetida a um processo de carbonização prévia seguido de incineração completa em mufla a 550°C por 6 horas (INSTITUTO, 1985).

4.3.4.5 Fibra Alimentar

O total de fibra alimentar foi determinado utilizando uma combinação de métodos enzimático e gravimétricos. A metodologia utilizada foi adaptada da AOAC (1997). Amostras secas, livres de gordura, foram gelatinizadas em presença de alfa-amilase termoestável, digeridas enzimaticamente com protease e amiloglucosidase para a remoção da proteína e do amido presentes na amostra. Adicionou-se etanol para precipitar a fibra dietética solúvel. O resíduo foi então filtrado e lavado com etanol e acetona. Após a secagem, o resíduo foi pesado. Metade das amostras foram utilizadas para análise de proteínas e a outra para análise de cinzas. O total de fibras dietéticas foi calculado pela diferença entre o peso do resíduo e o peso das proteínas e das cinzas.

4.3.4.6 Carboidrato

Na determinação da composição centesimal, a fração de carboidratos foi calculada por diferença (100-soma das demais frações da composição centesimal ou $100 - \% \text{proteína} - \% \text{gordura} - \% \text{cinzas}$), conforme Pedrosa e Cozzolino (2001).

4.3.4.7 Cálcio, ferro e sódio

O teor de cálcio nas amostras foi por espectrofotometria de absorção atômica, em equipamento Varian, modelo Spectra-A 100-200 (110 V), com faixa de comprimento de onda de 185 a 900 nm, seleção de comprimento de onda e fenda automatizadas, utilizando-se uma lâmpada de 10 mA, combustível acetileno, meio suporte óxido nítrico e estequiometria de chama reduzida, com cone vermelho de 1-1,5 cm de altura. O comprimento de onda utilizado na determinação foi de 422,7 nm (AOAC, 2000).

4.3.5 Avaliação microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas a fim de assegurar a qualidade dos produtos para a análise sensorial. Todas as análises foram realizadas em duplicata,

De acordo com a Resolução RDC nº 12 (BRASIL, 2001), os pães embalados ou não e os bolos devem obedecer ao seguinte padrão:

- Bactérias do grupo coliformes a 45°C: máximo 100 NMP/g para pão e 10NMP/g para bolo
- Salmonela: deve apresentar ausência em 25g tanto para pão como para bolo.

Foram realizadas as análises de coliformes totais, coliformes a 45°C, salmonela, bolores e leveduras nas amostras de pão e *muffin*. As análises microbiológicas foram determinadas de acordo com o método referido em APHA (2001).

De cada amostra foram colhidos assepticamente 25g, as quais foram transferidas para 225 mL de água salina peptonada a 1% (DIFCO) estéril e colocados em homogeneizadores esterilizados. Esta diluição corresponde a uma proporção de 1:10, ou seja, 10g do homogeneizado contém um grama da amostra. A partir da diluição inicial, a diluição 1:100 é feita retirando-se 1 mL da diluição inicial para 9,0 mL do diluente (água salina peptonada 1%); a diluição 1:1000 é preparada retirando-se 1mL da diluição 1:100 para 9mL do diluente, observando-se sempre o uso do mesmo diluente. Estas diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} foram usadas para posterior procedimento microbiológico (ALPHA, 2001).

4.3.5.1 Coliformes

Para análise de coliformes fecais e coliformes totais, foi utilizada a metodologia de tubos seriados. Partindo das diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} foram pipetadas alíquotas de 1 mL das respectivas diluições para uma série de três tubos contendo 9mL do Caldo Lauril Triptose, suplementado com 50mg/L de 4-metil-umbelifenil- β -D-glucuronídeo (LST-MUG) (DIFCO) contendo tubo de Durham invertido, homogeneizando e incubando os tubos a 35°C/48 horas. Transcorrido este tempo foi observada a produção de gás nos tubos de fermentação (tubo de Durham). Para contagem de coliformes totais, tomaram-se todos os tubos de LST-MUG com produção de gás e foi transferida uma alçada de cada cultura para tubos de Caldo Verde Brilhante 2% (VB) (DIFCO). Incubou-se a 35°C por 24 a 48 horas e observou-se o crescimento com produção de gás. Foi anotado o número de tubos de VB com gás confirmativo da presença de coliformes totais e determinado o número

mais provável (NMP/g) em uma tabela de número mais provável (NMP) apropriada às diluições inoculadas; o resultado foi expresso em NMP de coliformes /g (ALPHA, 2001).

4.3.5.2 Bolores e leveduras

De cada uma das diluições 1:100 e 1:1000 foram retiradas e transferidas alíquotas de 0,1mL para placas de Petri com o meio de cultura Ágar Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol (DRBC) (KING; HOCKING; PITT, 1979), em duplicata. As placas foram mantidas em estufa incubadora por 5 dias a $25^{\circ}\text{C} \pm 1$, sendo posteriormente contadas as colônias existentes. Os diferentes morfotipos coloniais foram isolados em tubos de ensaio com meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA), sendo os isolados identificados com base nas características microscópicas, por meio da técnica do microcultivo (KERN; BLEVINS, 1999).

4.3.5.3 Salmonella

A amostra contida na água salina peptonada foi incubada a $37^{\circ}\text{C}/24$ horas. Estas amostras foram transferidas para dois diferentes caldos de enriquecimento seletivo, Rappaport-Vassiliadis (DIFCO) e Tetracionato-Novobiocina (DIFCO), incubados a 37 e $42^{\circ}\text{C}/24$ horas. Cada amostra foi semeada em placas de Petri com Ágar Verde Brilhante (DIFCO) e em Ágar Hektoen (DIFCO) que foram incubados por 24 horas a 37°C . As colônias típicas obtidas nas placas foram confirmadas através de provas bioquímicas e sorológicas. Inicialmente as colônias foram submetidas aos testes de descarboxilação da lisina, fermentação da lactose e/ou sacarose e

produção de H₂S, no Ágar Lisina Ferro (DIFCO) e Ágar Tríplice Açúcar Ferro (DIFCO). Culturas características do gênero *Salmonella* nesses meios foram submetidas ao teste de aglutinação com soros anti somático poli "O" (SANOFI PASTEUR) e anti flagelar poli "H" (SANOFI PASTEUR) de *Salmonella*.

4.3.6 Avaliação instrumental

Foram realizadas as avaliações instrumentais das seguintes amostras de pão:

- sete amostras de pão resultantes do delineamento dos amidos
- ponto ótimo obtido a partir da primeira análise sensorial do pão e ponto ótimo simultâneo obtido a partir das análises instrumentais de volume específico, elasticidade e firmeza da primeira análise sensorial
- amostra pré-assada e congelada resultante do ensaio preferido na segunda análise sensorial

Foram realizadas as avaliações instrumentais das seguintes amostras de *muffin*:

- amostra de *muffin* assada
- amostra de *muffin* pré-assada e congelada

As análises instrumentais realizadas para todos os ensaios, tanto para pão quanto para *muffin* foram volume, peso, volume específico, elasticidade e firmeza.

4.3.3.6.1 Volume

Volume pode ser definido como o espaço ocupado pelo pão. Trata-se de determinação instrumental realizada por deslocamento de sementes de painço, alpiste ou mostarda, duas horas após a saída do pão do forno (ESCOUTO; CEREDA, 2004). A determinação do volume foi realizada em triplicata para cada amostra analisada.

A técnica consiste em calibrar o medidor volumétrico para pães, o qual utiliza sementes de mostarda para a medição. Foram utilizadas cerca de 1850 cm³ de sementes para realização da análise.

A técnica consiste em medir a massa do pão e *muffin* e colocá-los em um espaço da base do medidor, montar a coluna graduada sobre o mesmo e então abrir a trava, a qual libera a quantidade de sementes. As mesmas caem e ocupam todo o espaço ao redor do pão, mostrando uma variação do volume em uma coluna graduada.

Para visualizar melhor a leitura, foi colocado junto com o pão e com o *muffin* um paralelepípedo de 500 cm³, diminuindo assim a variação do volume.

O cálculo do volume foi realizado diminuindo 1850 cm³, que representa o volume das sementes, de 500 cm³, volume do paralelepípedo utilizado, resultando assim no volume total obtido, em cm³.

4.3.6.2 Peso

As amostras foram pesadas em uma balança semi-analítica, duas horas após o forneamento. A determinação do peso foi realizada em triplicata para cada amostra analisada.

4.3.6.3 Volume específico

O volume específico de cada uma das amostras foi obtido pela razão entre o volume total obtido, em cm^3 , pela respectiva massa, em g. O volume específico foi expresso em $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$. A determinação do volume específico foi realizada em triplicata para cada amostra analisada.

4.3.6.4 Firmeza

A análise de firmeza consiste na medição da firmeza do miolo dos pães. É considerada, segundo Pylar (1988), como um dos atributos mais importantes para a qualidade do pão por estar relacionada com o frescor do mesmo, sendo influenciada pela granulidade ou estrutura das paredes do miolo.

A firmeza é definida, neste método, como a força (em g, kg ou N) requerida para comprimir o produto em uma distância pré-selecionada (força tomada como 25 % da compressão de 25 mm) (AACC, 1983).

As amostras foram fatiadas em uma espessura de 2,5 cm para se adequar ao espaço disposto no aparelho. O aparelho utilizado foi o Texturômetro *Stable Micro System* TA.XT2, o qual apresenta um *probe* de acrílico, de 36 mm de diâmetro, cuja sensibilidade é alta para transmitir todos os dados medidos a um computador conectado. Com o auxílio do programa *Texture Expert Exceed*, as análises foram interpretadas e os gráficos calculados.

Para a medição da firmeza, cada fatia foi colocada na base do texturômetro, bem abaixo do *probe*, de forma que os 2,5 cm ficassem na vertical. Então o *probe* foi abaixado, aplicando-se uma única força em um tempo padrão, e em seguida medida a maciez do pão, de acordo com a Figura 14, onde P1 corresponde à força disponibilizada para pressionar o *probe* 6,25mm dentro do miolo do pão. Os dados

foram transferidos para o computador. Após a obtenção do gráfico verificou-se que quanto maior a curva, menor o esforço feito pelo *probe*. Foi realizada a medição de cinco fatias de cada uma das amostras analisadas (GRANOTEC DO BRASIL, 2005).

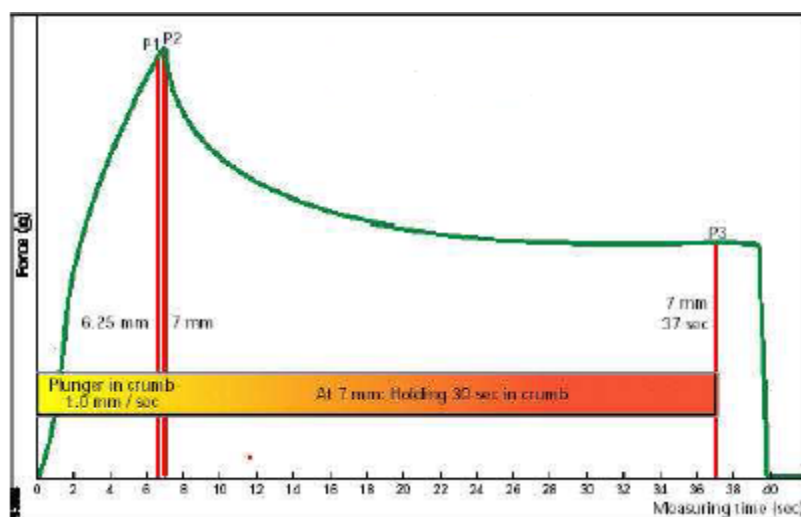


Figura 14: Gráfico referente às medições de firmeza e elasticidade

4.3.6.5 Elasticidade

O perfil de elasticidade foi determinado através do método instrumental denominado "Teste de Dupla Compressão", utilizando o Analisador de Textura TA-XT2 (SMS) com interface acoplada em computador e as curvas obtidas *on line* através do programa *Texture Expert Exceed*.

Para a medição da elasticidade foram cortadas manualmente cinco fatias de pão e de *muffin* de 2,5 cm de espessura por amostragem.

Para a medição da elasticidade, colocou-se a fatia na base do texturômetro, sob o *probe* de acrílico, de 36 mm de diâmetro, de forma que os 2,5 cm da fatia ficassem na vertical. O *probe* foi baixado, registrada a força exercida para que o mesmo atingisse 6,25mm do miolo, permanecendo por 30 segundos. A análise gerou um gráfico, conforme pode ser visto na Figura 14, onde a elasticidade corresponde à razão entre a força disponibilizada para manter o *probe* a 6,25mm por

30 segundos (P3) pela força máxima disponibilizada para pressionar o probe 6,25mm dentro do miolo (P2). Quanto maior a curva, menor o esforço feito pelo *probe*. Foi realizada a medição de cinco fatias por amostra analisada (GRANOTEC DO BRASIL, 2005).

4.3.7 Análises estatísticas

4.3.7.1 Delineamento experimental

Após a determinação da formulação inicial foi observado que os ingredientes determinantes para a qualidade final do produto são creme de arroz, amido de milho e amido de mandioca. Para otimização da formulação final, utilizou-se o delineamento para misturas simplex-centróide. Os dados foram lançados no *software Statistica 7.0*, inserindo-se a restrição do limite máximo de 50 % de amido de mandioca, que resultou o delineamento para misturas originando sete amostras, mostrado na tabela 08. Este delineamento foi selecionado através da combinação de cinco pontos experimentais, localizados no vértice, e um ponto centróide com repetição verdadeira.

A Tabela 07 mostra o delineamento para cada um dos sete ensaios obtidos após a restrição de 50% de amido de mandioca.

Tabela 07: Delineamento dos amidos para elaboração dos sete tipos de pães.

Ensaio	Creme de arroz (%)	Amido de mandioca (%)	Amido de milho (%)
1	100	0	0
2	0	0	100
3	50	0	50
4	50	50	0
5	0	50	50
6	37,5	25	37,5
7	37,5	25	37,5

A modelagem de mistura foi utilizada para a avaliação sensorial das amostras de pão e muffin contendo diferentes proporções de creme de arroz, amido de milho e amido de mandioca. O modelo para mistura de três componentes é dado pela equação polinomial canônica de Scheffé, considerando a restrição de $x_1 + x_2 + x_3 = 1$ (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2002).

A formulação ótima foi determinada empregando-se a equação canônica de Scheffé, mantendo-se as restrições impostas aos experimentos (Equação 01)

$$Y(x_1, x_2, x_3) = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \text{ (Equação 01)}$$

Onde x_1 , x_2 e x_3 são as variações (concentração dos componentes) e b_1 , b_2 e b_3 são os coeficientes da equação 01.

As respostas estudadas foram:

A. Sensoriais (subjetivas)

Y_1 = preferência avaliada pelo grau de gostar, obtida por escala hedônica de 9 pontos

B. Instrumentais

Y_2 = volume específico ($\text{cm}^3\text{-g}^{-1}$)

Y_3 = elasticidade (%)

Y_4 = firmeza (g)

Os resultados obtidos foram lançados no *software Statistica 7.0*, para a determinação dos coeficientes das equações.

4.3.7.2 Análise dos resultados

Os dados resultantes das análises sensoriais e instrumentais (volume específico, elasticidade e firmeza) foram avaliados através de suas médias, desvios

padrões, análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey. Os delineamentos experimentais lançados no *software Statistica 7.0* foram analisados pelo Método Simplex-Centróide para Misturas com o objetivo de obter uma modelagem para se encontrar a proporção ideal dos três ingredientes básicos: creme de arroz, amido de mandioca e amido de milho, para a formulação preferida sensorialmente pelos julgadores.

Após a determinação da preferência sensorial, obtida através da realização da segunda análise sensorial, a partir de dois ensaios (ponto ótimo, obtido através da primeira análise sensorial (descrita no item 4.3.3.1.1), e do ponto ótimo simultâneo, obtido a partir das análises instrumentais de volume específico, elasticidade e firmeza (descrita no item 4.3.3.1.2), foi feita a comparação entre a formulação assada e pré-assada e congelada. A comparação foi feita baseada nos resultados obtidos a partir das análises instrumentais (volume específico, elasticidade e firmeza), através da análise de suas médias, desvios padrão e análise de variância (ANOVA), e também através da aplicação do teste triangular (descrito no item 4.3.3.3), no qual os resultados foram analisados em função do número de respostas corretas necessárias para estabelecer diferenças significativas, conforme pode ser visto no Anexo 3, baseados nos testes do qui-quadrado, utilizando distribuição binomial, o qual permite verificar a semelhança entre categorias discretas e mutuamente exclusiva.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PÃO ASSADO RESULTANTE DO DELINEAMENTO DOS AMIDOS

5.1.1 Aspecto visual dos sete ensaios

A Figura 15 mostra o aspecto de cada um dos ensaios apresentados aos provadores para realização da análise sensorial.



Ensaio 01



Ensaio 02



Ensaio 03



Ensaio 04



Ensaio 05



Ensaio 06



Ensaio 07

Figura 15: aspecto visual dos sete ensaios resultantes do delineamento dos amidos

5.1.2 Avaliação sensorial

5.1.2.1 Teste de aceitação (escala hedônica)

As médias aritméticas da escala hedônica obtidas de 90 julgadores não treinados são apresentadas na Tabela 08. Todos os ensaios, exceto o ensaio 2, apresentam médias dentro da região de aceitabilidade, ou seja, médias acima de 5,0.

Tabela 08: Resultados da Escala Hedônica das amostras de pão, resultante do delineamento dos amidos

Ensaio	Média ^x ± Desvio Padrão
1 (100%CAR)	5,02 ± 2,25 ^{bc}
2 (100%AMI)	4,66 ± 2,14 ^{bc}
3 (50%CAR, 50%AMI)	5,14 ± 2,12 ^b
4 (50%CAR, 50%AMA)	6,17 ± 2,02 ^a
5 (50%AMA, 50%AMI)	5,79 ± 2,02 ^{ab}
6* (37,5%CAR, 25%AMA, 37,5%AMI)	6,00 ± 1,94 ^a
7* (37,5%CAR, 25%AMA, 37,5%AMI)	5,78 ± 1,94 ^{ab}

DMS = 0,76

^xMédia Aritmética (n = 90) ± Desvio Padrão

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

^xMédias na mesma coluna com letras diferentes sobrescritas diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

* Ponto Central / Repetição verdadeira do ponto central

A Tabela 08 mostra o resultado das médias de atributos sensoriais obtidas em cada um dos ensaios. Conforme pode ser visto, o ensaio 4 (50%CAR, 50%AMA) apresenta melhores valores médios de atributos sensoriais. A média para esta amostra foi 6,17.

Os resultados do teste de aceitabilidade para os sete ensaios realizados podem ser vistos na Figura 16.

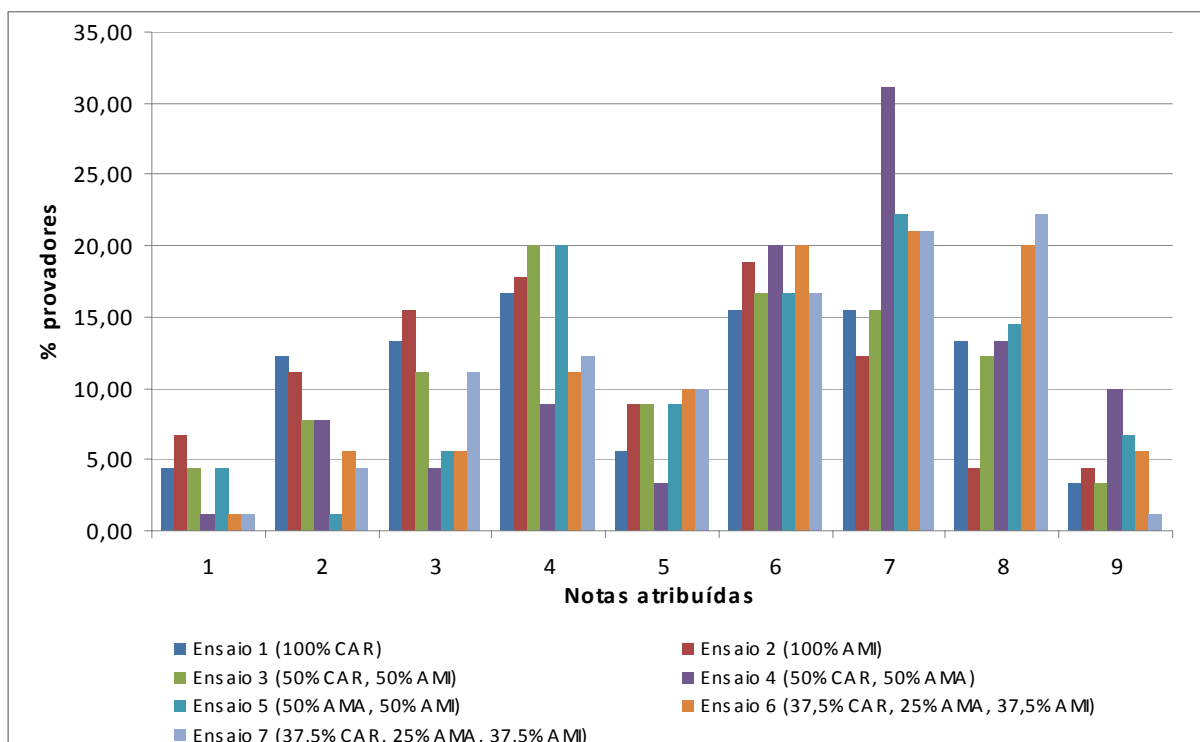


Figura 16: Porcentagem de provadores por nota atribuída em cada ensaio realizado na análise sensorial do pão resultante do delineamento dos amidos

Observa-se que para o ensaio 01 (100%CAR), apenas 3,33% dos provadores atribuíram nota 9, 13,33% atribuíram nota 8, e 15,56% atribuíram nota 7. A maior proporção de provadores, 16,67%, atribuíram nota 4 ao ensaio. O ensaio apresentou uma média geral de 5,02.

Para o ensaio 02 (100%AMI), apenas 4,44% dos provadores atribuíram notas 8 e 9 para a amostra, e 12,22% nota 7, sendo que a maior porcentagem, 18,89% dos provadores, atribuíram nota 6 ao ensaio. A média geral obtida para este ensaio foi de 4,66, indicando uma baixa aceitabilidade do produto.

Para o ensaio 3 (50%CAR, 50%AMI), 3,33% dos provadores atribuíram nota 9 ao ensaio, e 12,22% nota 8, sendo que a maior porcentagem dos provadores, 20%, atribuíram nota 4. Este ensaio apresentou uma média geral de 5,14, o que indica que o produto analisado teve baixa aceitabilidade pelos provadores.

Quando realizado o ensaio 4 (50%CAR, 50%AMA), 10% e 13,33% dos provadores atribuíram notas 9 e 8, respectivamente. Uma grande porcentagem dos

provadores, 31,11%, atribuiu nota 7 ao ensaio, a qual apresentou nota média geral de 6,17. Este ensaio apresentou melhor aceitação entre os provadores.

Para o ensaio 5 (50%AMA, 50% AMI), apenas 6,66% dos provadores atribuíram nota 9, 14,44% nota 8, sendo que a maioria dos provadores, 22,22%, atribuíram nota 7. A média geral para este ensaio foi de 5,79.

Para a o ensaio 6 (37,5%CAR, 25%AMA, 37,5%AMI), apenas 5,56% dos provadores atribuíram nota 9, 20% nota 8 e a maioria, 21,11%, atribuiu nota 7. Este ensaio apresentou média geral de 5,96%.

Quando analisado o ensaio 7 (37,5%CAR, 25%AMA, 37,5%AMI), 1,11% dos provadores atribuiu nota 9, e a maioria deles, 22,22% atribuiu nota 8. A média geral para este ensaio foi 5,78.

Foi aplicada a análise de variância aos resultados e verificou-se que houve diferença significativa entre a aceitabilidade dos ensaios, em nível de 5 %. O valor F encontrado foi de 9,8, sendo este superior ao F tabelado (2,12), o que indica que existe diferença significativa. A Tabela 09 mostra os resultados obtidos na análise de variância.

Tabela 09: Quadro de análise de variância da aceitabilidade dos sete ensaios de pão, resultante do delineamento dos amidos.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Provadores	1076,586	89	12,09647	4,086108	1,84E-24	1,287544
Ensaio	174,0095	6	29,00159	9,796547	2,95E-10	2,115544
Erro	1580,848	534	2,960389			
Total	2831,443	629				

Com o objetivo de obter a melhor formulação para o pão sem glúten, com a mistura das três fontes amiláceas, utilizou-se o modelo linear de Scheffé. O modelo apresentou coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) de 71,4%. Apesar desse coeficiente não apresentar um valor muito alto, o modelo não apresentou falta de

ajuste ($p=0,2936$) e pode-se dizer que o modelo é significativo para fins preditivos ($p=0,03632$), visto que $p<0,05$. A equação canônica de Scheffé para a preferência sensorial dos consumidores é apresentada na Tabela 10:

Tabela 10: Modelos e análise estatística obtidos dos parâmetros de preferência do pão, resultante do delineamento dos amidos

Equação	$R^2_{aj.}(\%)$	p^a	Falta de ajuste (p)
$Y_{preferência} = 5,26CAR + 4,82AMI + 7,23AMA$	71,4	0,03632	0,29360

^ap: nível de probabilidade

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

O amido de mandioca e o creme de arroz apresentaram efeitos mais acentuados sobre a preferência dos provadores, conforme coeficientes demonstrados na Tabela 10. Os sistemas binários (AMA x AMI, CAR x AMA, AMI x CAR) não foram significativos para a obtenção do modelo.

A equação demonstrada na Tabela 10 foi utilizada para gerar o diagrama triangular apresentado na Figura 17, no qual pode-se observar que os ensaios preferidos encontram-se na região de coloração laranja.

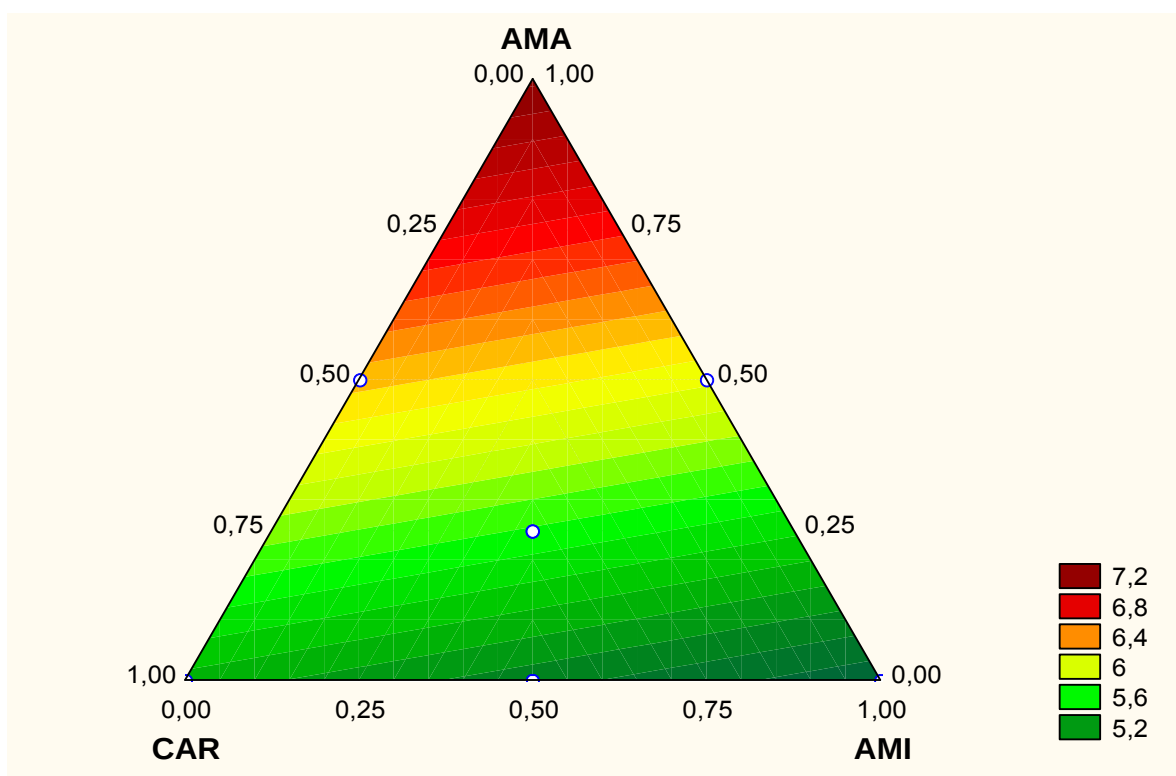


Figura 17: Diagrama triangular da Escala Hedônica ($Y_{preferência}$) do pão para as misturas contendo creme de arroz, amido de milho e amido de mandioca, resultante do delineamento dos amidos

Aplicando-se a técnica de otimização de Derringer-Suich e a imposição computacional exaustiva de uma grade de pontos, para comparação ponto a ponto, a fórmula ótima de mistura encontrada foi a combinação:

50 % CAR + 50 % AMA

A formulação ótima da mistura encontrada é a mesma testada no ensaio 4 (50%CAR, 50%AMA), o qual obteve a melhor resposta de preferência na escala hedônica, com média de 6,17, e desvio padrão de 2,02.

5.1.3 Análises instrumentais do pão

5.1.3.1 Volume específico

O volume do pão é uma consideração importante para a aceitabilidade dos consumidores. É de grande importância na determinação da qualidade, visto que o mesmo é afetado por vários fatores ligados à qualidade dos ingredientes usados na formulação da massa, especialmente a farinha e os tratamentos usados durante o processamento. Um volume excessivamente grande não seria um fator negativo, porém este pão provavelmente possuiria uma textura fraca e uma granulidade grosseira, características que não são aceitáveis em um pão de boa qualidade, segundo El-Dash (1982).

Alguns pães especiais possuem baixo volume, ou seja, eles são mais densos e mais compactos, e este fato não os torna inaceitáveis pelos consumidores (MATZ, 1960).

A Tabela 11 mostra a média do volume específico, em $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$, obtido em cada um dos ensaios realizados.

Tabela 11: Média e desvio padrão para volume específico ($\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$) em cada ensaio realizado, resultante do delineamento dos amidos

Ensaios	CAR	AMA	AMI	Média ^x $\pm$ DP ($\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$)
1	100%	0%	0%	$1,20 \pm 0$
2	0%	0%	100%	$2,65 \pm 0,21$
3	50%	0%	50%	$1,40 \pm 0$
4	50%	50%	0%	$1,20 \pm 0$
5	0%	50%	50%	$2,45 \pm 0,21$
6*	37,5%	25%	37,5%	$1,60 \pm 0$
7*	37,5%	25%	37,5%	$1,70 \pm 0$

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

^x Média Aritmética $\pm$ Desvio Padrão

* Ponto Central / Repetição verdadeira do ponto central

Com o objetivo de obter a otimização do pão sem glúten, com a mistura das três farinhas, utilizou-se o modelo quadrático de Scheffé. Conforme pode ser visto na Tabela 12, este modelo é altamente significativo, visto que $p=0,004889$ ($p<0,05$), e o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) é de 99,27, ou seja, o modelo explica

99,27% dos pontos experimentais. O modelo não apresenta falta de ajuste ($p=0,957485$). De acordo com os valores dos coeficientes obtidos através da análise de variância, a equação canônica de Scheffé para a análise de volume é apresentada na Tabela 12.

Tabela 12: Modelos e análise estatística obtidos dos parâmetros de volume específico ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$) do pão, resultante do delineamento dos amidos

Equação	$R^2_{aj.}(\%)$	p^a	Falta de ajuste (p)
$Y_{\text{volume}} = 1,20\text{CAR} + 2,65\text{AMI} + 1,20\text{AMA} - 2,09\text{CAR} \times \text{AMI} + 2,11\text{AMI} \times \text{AMA}$	99,27	0,004889	0,957485

^ap: nível de probabilidade

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

No presente estudo, o ajuste do polinômio de 2ª ordem incompleto aos dados experimentais do volume específico mostrou que o amido de milho é a variável que mais influenciou na análise. A interação entre creme de arroz e amido de mandioca não foram significativos para o volume específico do pão, motivo pelo qual não estão representadas na equação. De acordo com a equação ilustrada na Tabela 12, pode-se observar também que os sistemas binários amido de milho x amido de mandioca exercem influência positiva, aumentando o volume específico do pão, enquanto que a combinação entre creme de arroz e amido de milho demonstram um efeito antagônico entre essas variáveis, diminuindo o volume específico do produto.

A equação demonstrada na Tabela 12 foi utilizada para gerar o diagrama triangular apresentado na Figura 18, no qual pode-se observar que os ensaios com maiores volumes específicos (ensaios 2 e 5) encontram-se na região de coloração vermelho escuro.

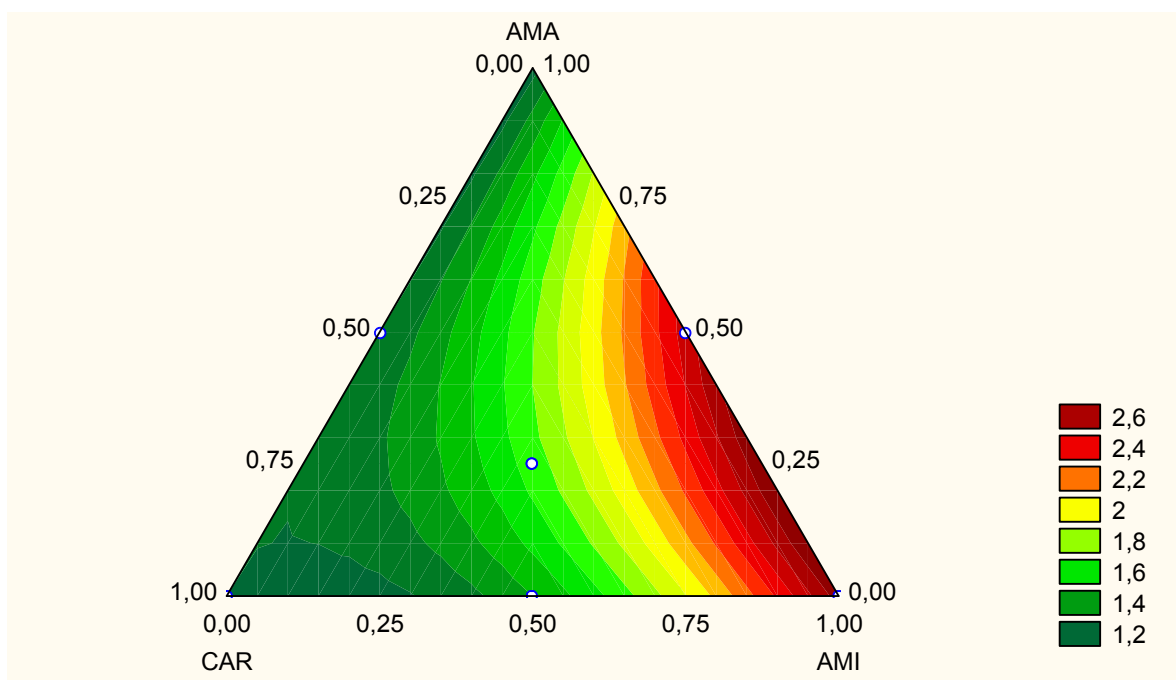


Figura 18: Diagrama triangular do volume específico (Y_{volume}) do pão para as misturas contendo creme de arroz, amido de milho e amido de mandioca, resultante do delineamento dos amidos

Aplicando-se a técnica de otimização de Derringer-Suich e a imposição computacional exaustiva de uma grade de pontos, para comparação ponto a ponto, a fórmula ótima de mistura encontrada foi a combinação:

75% AMI + 25% AMA

5.1.3.2 Elasticidade

A Tabela 13 mostra a média da elasticidade, em porcentagem, obtida em cada um dos ensaios realizados.

Tabela 13: Média e desvio padrão para elasticidade (%) em cada ensaio realizado, resultante do delineamento dos amidos

Ensaio	CAR	AMA	AMI	Média ^x ± DP (%)
1	100%	0%	0%	46,88 ± 1,98
2	0%	0%	100%	43,10 ± 4,30
3	50%	0%	50%	45,80 ± 2,07
4	50%	50%	0%	48,48 ± 3,02
5	0%	50%	50%	58,34 ± 1,85
6*	37,5%	25%	37,5%	49,96 ± 1,59
7*	37,5%	25%	37,5%	50,84 ± 2,38

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

^x Média Aritmética ± Desvio Padrão

* Ponto Central / Repetição verdadeira do ponto central

Com o objetivo de obter a melhor formulação do pão sem glúten, com a mistura das três fontes amiláceas, utilizou-se o modelo quadrático de Scheffé. Conforme pode ser visto na Tabela 14, este modelo é altamente significativo ($p < 0,05$), visto que $p = 0,001073$, e o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) de 98,52, ou seja, o modelo explica 98,52% dos pontos experimentais. O modelo não apresenta falta de ajuste ($p = 0,609377$). De acordo com os valores dos coeficientes obtidos através da análise de variância, a equação canônica de Scheffé para a análise de elasticidade é apresentada na Tabela 14.

Tabela 14: Modelos e análise estatística obtidos dos parâmetros de elasticidade (%) do pão, resultante do delineamento dos amidos

Equação	$R^2_{aj}(\%)$	p^a	Falta de ajuste (p)
$Y(\text{elasticidade}) = 47,03\text{CAR} + 43,13\text{AMI} + 49,80\text{AMA} + 46,32 \text{ AMI} \times \text{AMA}$	98,52	0,001073	0,609377

^ap: nível de probabilidade

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

No presente estudo, o ajuste do polinômio de 2ª ordem incompleto aos dados experimentais da elasticidade mostrou que a amido de mandioca foi a variável que mais influenciou na elasticidade do pão sem glúten. As interações entre creme de arroz e amido de mandioca e entre creme de arroz e amido de milho não foram significativas para a elasticidade do pão, motivo pelo qual não estão representadas

na equação. De acordo com a equação ilustrada na Tabela 14, pode-se observar também que os sistemas binários amido de milho x amido de mandioca exercem influência positiva sobre a elasticidade do produto analisado, aumentando essa característica no produto.

A equação demonstrada na Tabela 14 foi utilizada para gerar o diagrama triangular apresentado na Figura 19, no qual pode-se observar que o ensaio com maior elasticidade (ensaio 5) encontra-se na região de coloração vermelho escuro.

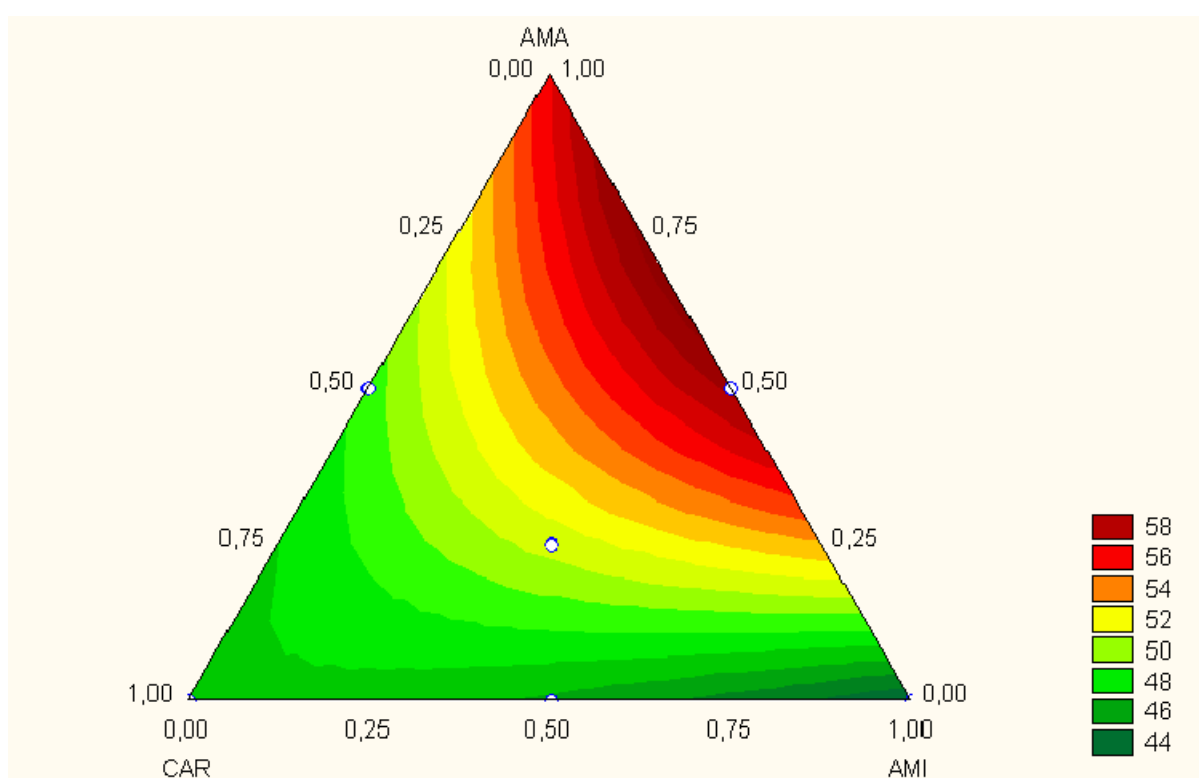


Figura 19: Diagrama triangular da elasticidade ($Y_{elasticidade}$) do pão para as misturas contendo creme de arroz, amido de milho e amido de mandioca, resultante do delineamento dos amidos

Aplicando-se a técnica de otimização de Derringer-Suich e a imposição computacional exaustiva de uma grade de pontos, para comparação ponto a ponto, a fórmula ótima de mistura encontrada foi a combinação:

50% AMI + 50% AMA

5.1.3.3 Firmeza

A Tabela 15 mostra a média da firmeza, em g, obtido em cada um dos ensaios realizados.

Tabela 15: Média e desvio padrão para firmeza (g) em cada ensaio realizado, resultante do delineamento dos amidos

Ensaios	CAR	AMA	AMI	Média ^x ± DP (g)
1	100%	0%	0%	3587,60 ± 1330,48
2	0%	0%	100%	1491,48 ± 457,13
3	50%	0%	50%	3968,04 ± 202,50
4	50%	50%	0%	3254,50 ± 188,76
5	0%	50%	50%	1207,32 ± 95,42
6*	37,5%	25%	37,5%	2859,20 ± 523,51
7*	37,5%	25%	37,5%	2992,28 ± 582,78

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

^x Média Aritmética ± Desvio Padrão

* Ponto Central / Repetição verdadeira do ponto central

Com o objetivo de obter a melhor formulação para o pão sem glúten, com a mistura das três fontes amiláceas, utilizou-se o modelo quadrático de Scheffé. Conforme pode ser visto na Tabela 16, este modelo é altamente significativo ($p < 0,05$), visto que $p = 0,008718$, e o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) de 98,79, ou seja, o modelo explica 98,79% dos pontos experimentais. O modelo não apresenta falta de ajuste ($p = 0,378106$). De acordo com os valores dos coeficientes obtidos através da análise de variância, a equação canônica de Scheffé para a análise de firmeza é apresentada na Tabela 16.

Tabela 16: Modelos e análise estatística obtidos dos parâmetros de firmeza (g) do pão, resultante do delineamento dos amidos

Equação	$R^2_{aj}(\%)$	p^a	Falta de ajuste (p)
$Y_{firmeza} = 3583,2CAR + 1504,7AMI + 2890,6AMA + 5380,1CAR \times AMI - 4172,23AMI \times AMA$	98,79	0,008718	0,378106

^ap: nível de probabilidade

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

No presente estudo, o ajuste do polinômio de 2ª ordem incompleto aos dados experimentais da firmeza mostrou que o creme de arroz é a variável que mais

influenciou na firmeza do pão sem glúten. A interação entre creme de arroz e amido de mandioca não foram significativos para a firmeza do pão, motivo pelo qual não estão representadas na equação. De acordo com a equação ilustrada na Tabela 16, pode-se observar também que o sistema binário creme de arroz x amido de milho exerce influência positiva sobre a firmeza do pão, aumentando essa característica no produto, enquanto que a combinação entre amido de milho e amido de mandioca demonstra um efeito antagônico, diminuindo a firmeza do produto.

A equação demonstrada na Tabela 16 foi utilizada para gerar o diagrama triangular apresentado na Figura 20, no qual pode-se observar que o ensaio com maior firmeza (ensaio 3) encontra-se na região de coloração vermelho escuro.

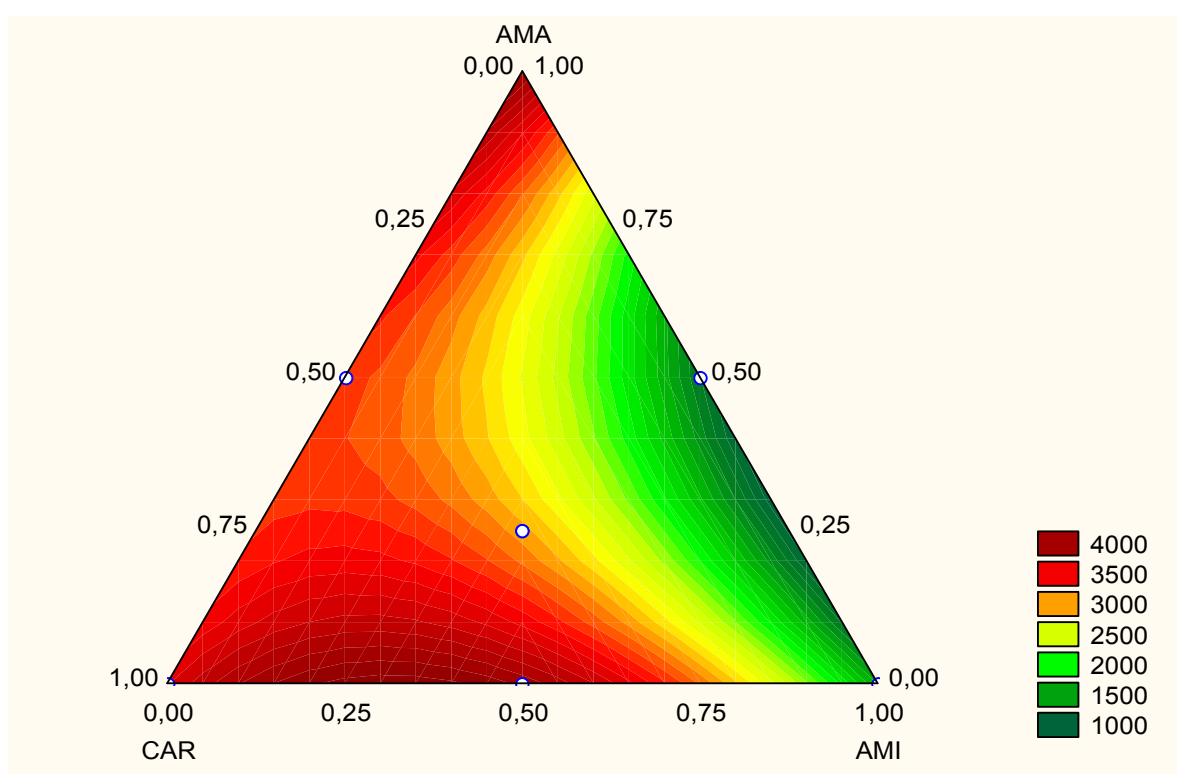


Figura 20: Diagrama triangular da firmeza (Y_{firmeza}) do pão para as misturas contendo creme de arroz, amido de milho e amido de mandioca, resultante do delineamento dos amidos

Aplicando-se a técnica de otimização de Derringer-Suich e a imposição computacional exaustiva de uma grade de pontos, para comparação ponto a ponto, a fórmula ótima de mistura encontrada foi a combinação:

$$75\%CAR + 22,2\%AMI + 2,8\%AMA$$

5.1.3.4 Ponto ótimo simultâneo

Conforme demonstrado anteriormente, cada uma das análises instrumentais realizadas (volume específico, elasticidade e firmeza) apresentou um ponto ótimo isoladamente. Dentre os três amidos estudados (amido de milho, amido de mandioca e creme de arroz), o amido de milho foi o que mais contribuiu para o volume específico, o creme de arroz para a firmeza e o amido de milho e amido de mandioca para a elasticidade do pão sem glúten.

Com o objetivo de obter o ponto ótimo simultâneo entre as análises instrumentais de volume específico, elasticidade e firmeza do pão, foi aplicada a técnica de otimização de Derringer-Suich e a imposição computacional exaustiva de uma grade de pontos, para comparação ponto a ponto, a fórmula ótima de mistura encontrada foi a combinação:

$$20\%CAR+ 30\%AMA + 50\%AMI$$

Para a obtenção da formulação ótima de mistura, foram utilizados valores máximos de volume específico, elasticidade e firmeza. Porém vale ressaltar que essa formulação ótima obtida para as análises instrumentais nem sempre condiz com a melhor formulação em quesitos sensoriais, visto que, por exemplo, um pão mais firme não é, necessariamente, um pão mais agradável em questão de textura. Com o objetivo de avaliar sensorialmente a formulação ótima de mistura obtida para

as análises instrumentais, foi realizada uma segunda análise sensorial, conforme descrito no item 5.2.

5.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PÃO OBTIDO ATRAVÉS DOS PONTOS ÓTIMOS

De acordo com os dados demonstrados no item 5.1.2.1, o ponto ótimo obtido através da análise sensorial, aplicando a técnica de otimização de Derringer-Suich e a imposição computacional exaustiva de uma grade de pontos, para comparação ponto a ponto foi a combinação:

50% CAR + 50% AMA (Ensaio 1)

E aplicando a mesma técnica para as três análises instrumentais realizadas (volume específico, elasticidade e firmeza), conforme descrito no item 5.1.3.4, foi obtida a seguinte combinação:

20%CAR+ 30%AMA + 50%AMI (Ensaio 2)

Baseado no aspecto visual dos dois pontos ótimos obtidos, conforme Figura 21, verificou-se que o ensaio 2 apresentou características visuais mais próximas ao pão de forma comum, preparado com farinha de trigo, com alvéolos menores e mais homogeneamente distribuídos em relação ao ensaio 1. Baseado neste fato foi realizada uma segunda análise sensorial, utilizando a formulação dos dois pontos ótimos como amostra.



Ensaio 01: 50%CAR+50%AMA



Ensaio 02: 20%CAR+30%AMA+50%AMI

Figura 21: aspecto visual dos dois pontos ótimos, resultantes da análise sensorial do delineamento dos amidos e das análises instrumentais

5.2.1 Teste de aceitação (escala hedônica)

As médias aritméticas da escala hedônica obtidas de 93 julgadores estão apresentadas na Tabela 17. Ambas as amostras apresentam médias dentro da região de aceitabilidade, ou seja, médias acima de 5,0 .

Tabela 17: Resultados da Escala Hedônica dos ensaios do pão, resultante da avaliação nos dois pontos ótimos

Ensaio	CAR(%)	AMA(%)	AMI(%)	Média ^x ± DP
1	50	50	0	5,77 ± 1,83
2	20	30	50	6,96 ± 1,71

^xMédia Aritmética (n = 93) ± Desvio Padrão

CA = creme de arroz FM = Amido de mandioca AM = Amido de milho

* Ponto Central / Repetição verdadeira do ponto central

A Tabela 17 mostra o resultado das médias de atributos sensoriais obtidos em cada um dos ensaios realizados sensorialmente. Conforme pode ser visto, o ensaio 2 apresenta melhores valores médios de atributos sensoriais. A média para este ensaio foi 6,96.

Os resultados dos testes de aceitabilidade, baseado nas notas atribuídas para os dois ensaios realizados podem ser vistos na Figura 22.

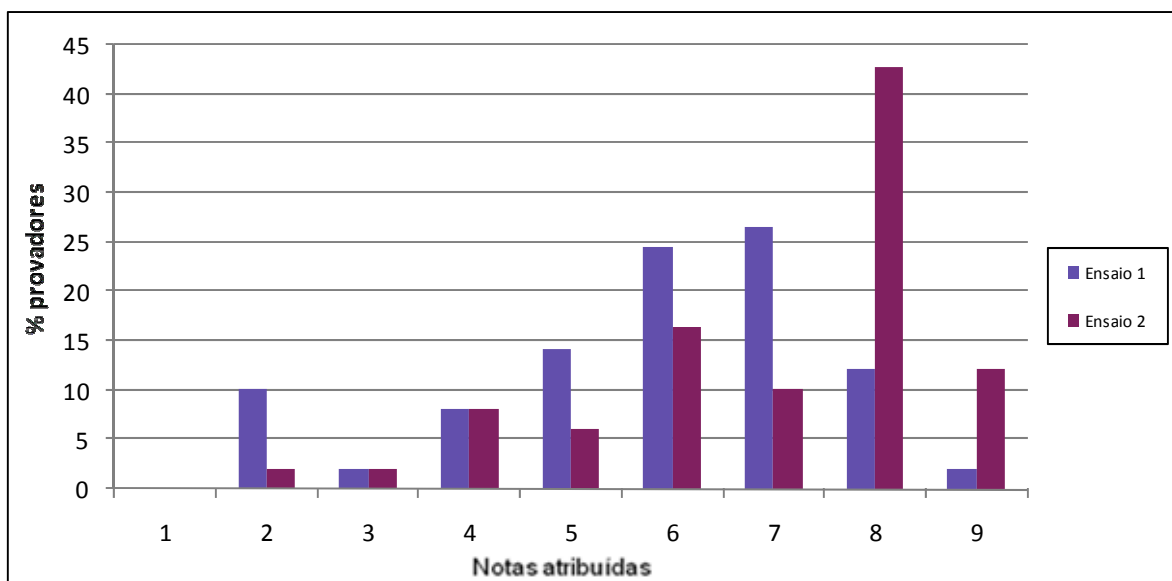


Figura 22: Porcentagem de provadores por nota atribuída em cada ensaio realizado na análise sensorial do pão nos dois pontos ótimos

Observa-se que para o ensaio 1, apenas 2,04% dos provadores atribuíram nota 9, 12,25 % atribuíram nota 8, e 26,54 % atribuíram nota 7. A maior proporção de provadores, 26,54 %, atribuíram nota 4 ao produto. Este ensaio apresentou uma média geral de 5,80.

Para o ensaio 2, 12,20% dos provadores atribuíram nota 9 e 42,90% nota 8 à amostra, sendo essa a maior porcentagem atribuída pelos provadores. Este ensaio apresentou uma média geral de 6,96, indicando uma alta aceitabilidade pelos provadores.

Foi aplicada a análise de variância (ANOVA) aos resultados e verificou-se que houve diferença significativa entre a aceitabilidade das amostras, em nível de 5 %. O valor F encontrado foi de 27,21, sendo este superior ao F tabelado (3,94), o que indica que existe diferença significativa entre os ensaios realizados. A Tabela 18 mostra os resultados obtidos na análise de variância.

Tabela 18: Quadro de análise de variância da aceitabilidade dos ensaios do pão, resultante da avaliação nos dois pontos ótimos.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Provedores	356,14	92	3,87	1,61921291	0,01089377	1,411644
Ensaio	65,054	1	65,1	27,2109509	1,1192E-06	3,944539
Erro	219,95	92	2,39			
Total	641,14	185				

5.2.2 Avaliação sensorial para verificação de intenção de compra

Foi realizada, juntamente com a avaliação sensorial dos dois pontos ótimos obtidos a verificação da intenção de compra para cada um dos ensaios realizados. As Figuras 23 e 24 mostram a intenção de compra para os dois ensaios.

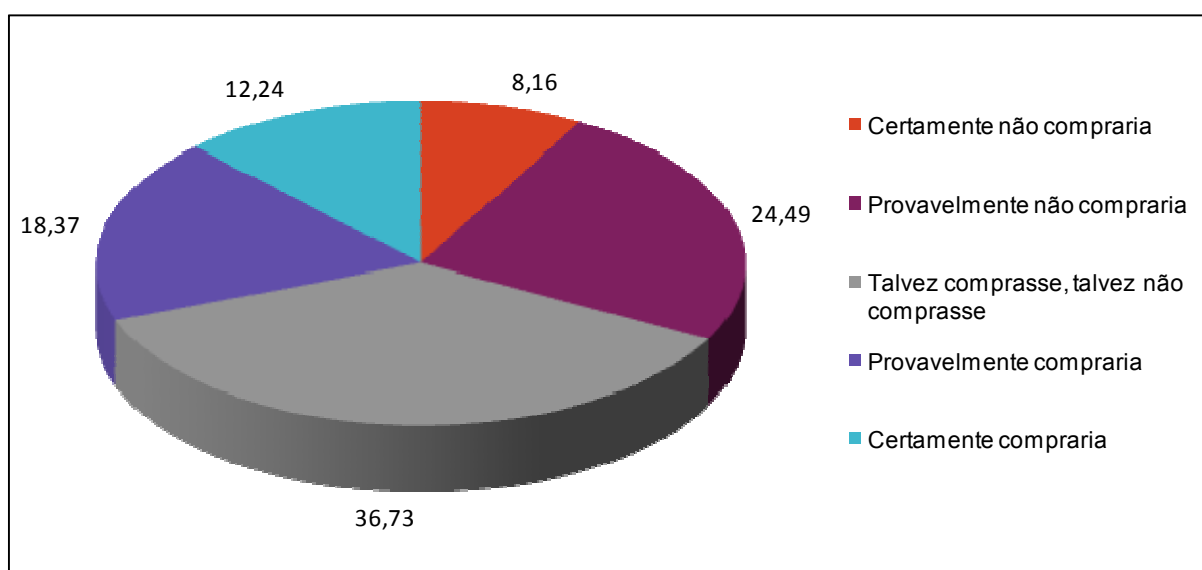


Figura 23 – Porcentagem de intenção de compra do pão para o ensaio 1 (50%CAR+50%AMA) da análise sensorial nos dois pontos ótimos

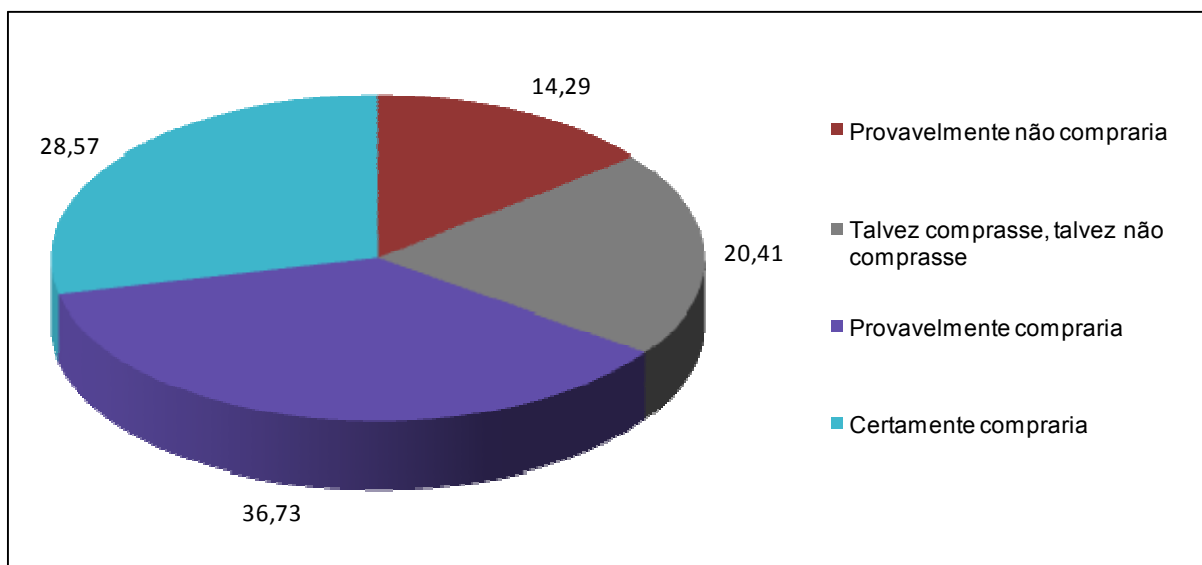


Figura 24 – Porcentagem de intenção de compra do pão para o ensaio 2 (20%CAR+30%AMA+50%AMI) da análise sensorial nos dois pontos ótimos

Conforme pode ser visto na Figura 23, para o ensaio 1, (50%amido de mandioca, 50% de creme de arroz), 36,73% dos provadores talvez comprassem, talvez não comprassem o produto, seguido por 24,49% que alegaram que provavelmente não comprariam o produto. Apenas 18,37% e 12,24% provavelmente comprariam e certamente comprariam o produto, respectivamente.

Analisando o ensaio 2 (20%CAR+30%AMA+50%AMI), pode-se verificar que o produto foi melhor avaliado em relação a intenção de compra que o ensaio 1. Conforme pode ser visto na Figura 24, 36,73% dos provadores provavelmente comprariam o produto, seguido por 28,57% dos provadores que certamente comprariam o produto. Nenhum dos provadores participantes da análise sensorial alegou que certamente não compraria o produto analisado.

Após a análise da intenção de compra para ambas as amostras analisadas, é possível concluir que o pão do ensaio 2 (20%CAR+30%AMA+50%AMI) foi mais bem aceito que o pão do ensaio 1 (50%CAR+50%AMA), indicando uma grande aceitabilidade por parte do consumidor.

5.2.3 Avaliação sensorial pelos portadores da doença celíaca

Para a realização do teste com os portadores da doença celíaca, foi utilizada somente a formulação mais aceita sensorialmente por parte do consumidor comum, ou seja, a formulação constituída por 20% de creme de arroz, 30% de amido de mandioca e 50% de amido de milho.

5.2.3.1 Teste de aceitação (escala hedônica)

A média aritmética da escala hedônica obtida de 17 julgadores, portadores da doença celíaca foi de $6,71 \pm 1,69$. A amostra apresentou média dentro da região de aceitabilidade, ou seja, média acima de 5,0.

Os resultados dos testes de aceitabilidade para o ensaio realizado podem ser vistos na Figura 25.

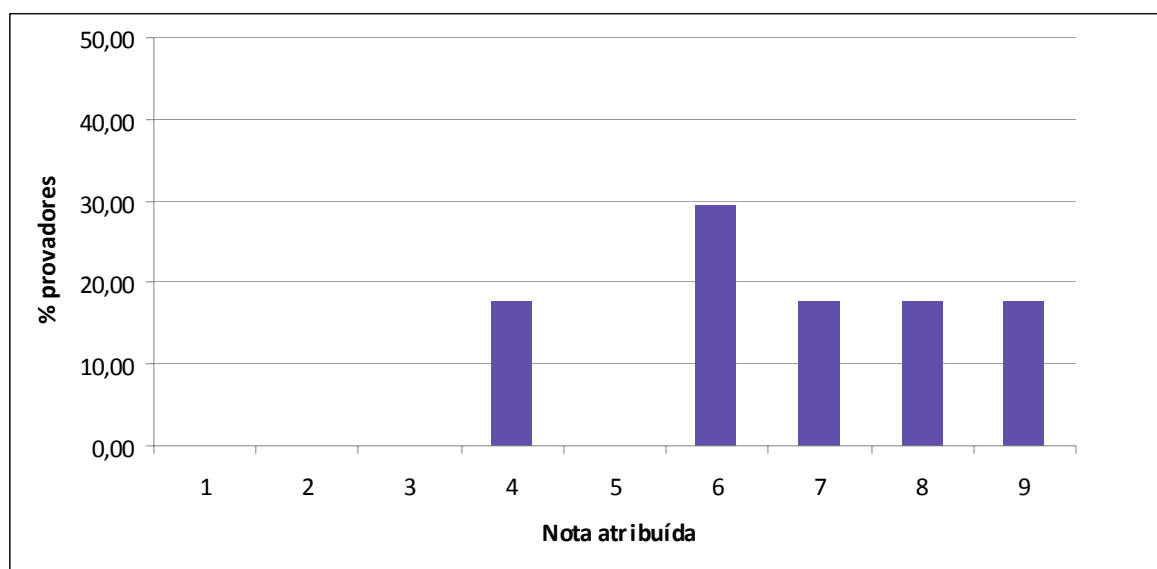


Figura 25: Porcentagem de provadores por nota atribuída na análise sensorial do pão, pelos portadores da doença celíaca

Foi observado que não foi atribuída nenhuma nota abaixo de 3, 17,65% dos provadores atribuíram notas 4, e o mesmo ocorreu para as notas 7, 8 e 9, e a maior proporção deles, 29,41% atribuíram nota 6.

5.2.3.2 Avaliação sensorial para verificação de intenção de compra

Foi realizada, juntamente com a avaliação sensorial do pão, a verificação da intenção de compra do pão analisado, conforme pode ser visto na Figura 26.

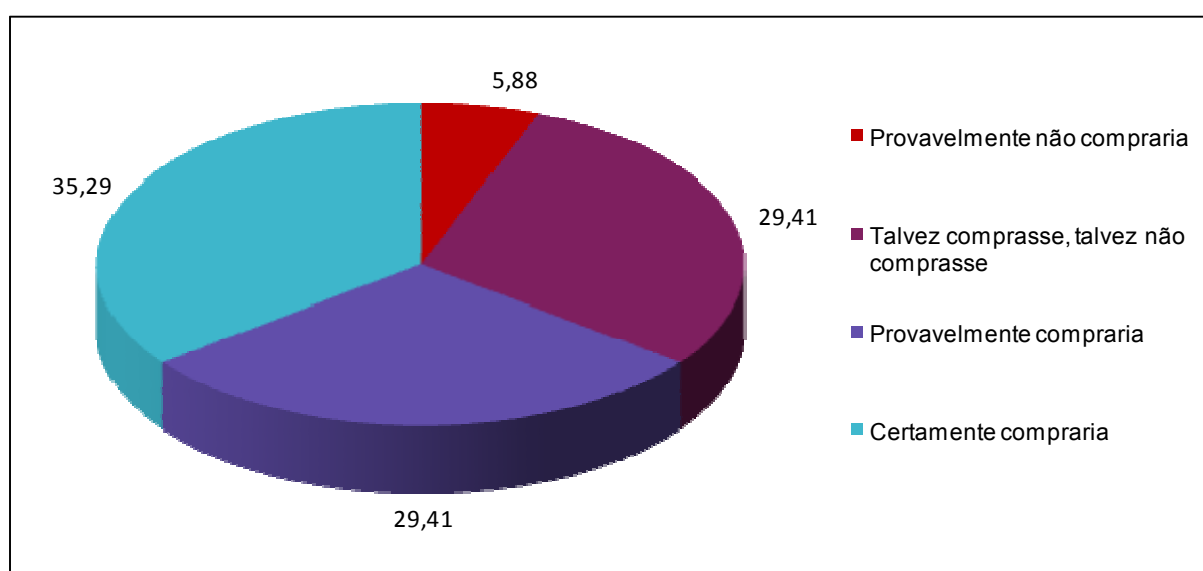


Figura 26 – Porcentagem de intenção de compra pelos portadores da doença celíaca para o pão

Observa-se que nenhum provador alegou que certamente não compraria, apenas 5,88% provavelmente não comprariam o produto. 29,41% talvez comprassem, talvez não comprassem o produto, 29,41% provavelmente comprariam e a grande maioria, 35,28% certamente comprariam o pão analisado.

Baseado nos resultados obtidos pode-se concluir que o produto foi muito bem aceito pelos celíacos, o que indica que o produto está de acordo com as exigências e expectativas por parte dos portadores da doença.

5.2.4 Análises instrumentais do pão

5.2.4.1 Volume específico

A Tabela 19 mostra a média do volume específico, em $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ em cada um dos ensaios realizados.

Tabela 19: Média e desvio padrão para volume específico ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$) do pão, resultante dos dois pontos ótimos

Ensaio	CAR	AMA	AMI	Média ^x $\pm$ DP ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$)
1	50%	50%	0%	$1,20 \pm 0,00$
2	20%	30%	50%	$1,940 \pm 0,044$

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

^x Média Aritmética $\pm$ Desvio Padrão

A fim de verificar se existe diferença significativa entre as duas amostras analisadas, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) aos resultados e verificou-se que houve diferença significativa entre o volume específico das amostras, em nível de 5 %. O valor F encontrado foi de 864,63, sendo este superior ao F tabelado (7,70), o que indica que existe diferença significativa entre os ensaios realizados. A Tabela 20 mostra os resultados obtidos na análise de variância.

Tabela 20: Quadro de análise de variância do volume específico ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$) do pão, resultante dos dois pontos ótimos.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,8214	1	0,8214	864,6316	8E-06	7,70865
Dentro dos grupos	0,0038	4	0,00095			
Total	0,8252	5				

5.2.4.2 Elasticidade

A Tabela 21 mostra a média de elasticidade, em %, de cada um dos ensaios realizado.

Tabela 21: Média e desvio padrão para elasticidade (%) do pão, resultante dos dois pontos ótimos

Ensaio	CAR	AMA	AMI	Média ± DP (%)
1	50%	50%	0%	48,48 ± 3,015
2	20%	30%	50%	54,84 ± 3,438

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

* Média Aritmética ± Desvio Padrão

A fim de verificar se existe diferença significativa entre as duas amostras analisadas, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) aos resultados e verificou-se que houve diferença significativa entre a elasticidade das amostras, em nível de 5 %. O valor F encontrado foi de 9,66, sendo este superior ao F tabelado (5,32), o que indica que existe diferença significativa entre os ensaios realizados. A Tabela 22 mostra os resultados obtidos na análise de variância.

Tabela 22: Quadro de análise de variância da elasticidade (%) do pão, resultante dos dois pontos ótimos

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	100,99684	1	101	9,6587	0,01449	5,31766
Dentro dos grupos	83,65252	8	10,46			
Total	184,64936	9				

5.2.4.3 Firmeza

A Tabela 23 mostra a média de firmeza, em g, de cada um dos ensaios realizado.

Tabela 23: Média e desvio padrão para firmeza (g) do pão, resultante dos dois pontos ótimos

Ensaio	CAR	AMA	AMI	Média ± DP (g)
1	50%	50%	0%	3254,5 ± 188,76
2	20%	30%	50%	1285,42 ± 247,18

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

* Média Aritmética ± Desvio Padrão

A fim de verificar se existe diferença significativa entre as duas amostras analisadas, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) aos resultados e verificou-

se que houve diferença significativa entre a firmeza das amostras, em nível de 5 %. O valor F encontrado foi de 220,42 sendo este superior ao F tabelado (5,32), o que indica que existe diferença significativa entre os ensaios realizados. A Tabela 24 mostra os resultados obtidos na análise de variância.

Tabela 24: Quadro de análise de variância da firmeza (g) do pão, resultante dos dois pontos ótimos.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	9693190,116	1	9693190	200,4225	6E-07	5,317655
Dentro dos grupos	386910,228	8	48363,8			
Total	10080100,34	9				

5.2.5 Análise comparativa dos resultados obtidos nas análises instrumentais do pão sem glúten

Um estudo feito por Esteller e Lannes (2005) sobre parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados, no qual foram analisadas diferentes marcas de pão convencional, foi tomado como referencial para análise comparativa dos resultados instrumentais de volume específico, elasticidade e firmeza do pão sem glúten preferido sensorialmente.

Os resultados obtidos para o pão de fôrma sem glúten preferido sensorialmente, nos parâmetros de volume específico, elasticidade e firmeza (1,940 cm³.g⁻¹, 54,84 % e 1285,42 g, respectivamente) foram menores que os obtidos no estudo feito por Esteller e Lannes (2005) para pão de fôrma convencional (4,10 cm³.g⁻¹, 89 % e 1560 g, respectivamente). Devido à formação da rede de glúten no pão de fôrma convencional, há maior retenção de gás produzido pela fermentação, e como consequência uma estrutura mais volumosa. A maior elasticidade apresentada pelo pão convencional está relacionada à presença de glutenina, proteína constituinte do glúten, e responsável pela elasticidade da massa. Devido à estrutura

de rede formada pelas proteínas do glúten (gliadina e glutenina), o produto convencional apresenta maior firmeza em relação ao produto que não apresenta o glúten em sua formulação.

5.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO MUFFIN

5.3.1 Aspecto visual do *muffin*

A Figura 27 mostra o aspecto visual do *muffin* apresentado aos provadores para realização da análise sensorial.



Figura 27: Aspecto visual do *muffin*

5.3.2 Teste de aceitação (escala hedônica)

A média aritmética da escala hedônica obtida de 122 julgadores foi de $7,76 \pm 1,07$. A amostra apresentou média dentro da região de aceitabilidade, ou seja, média acima de 5,0. Os resultados dos testes de aceitabilidade para os dois ensaios realizados podem ser vistos na Figura 28.

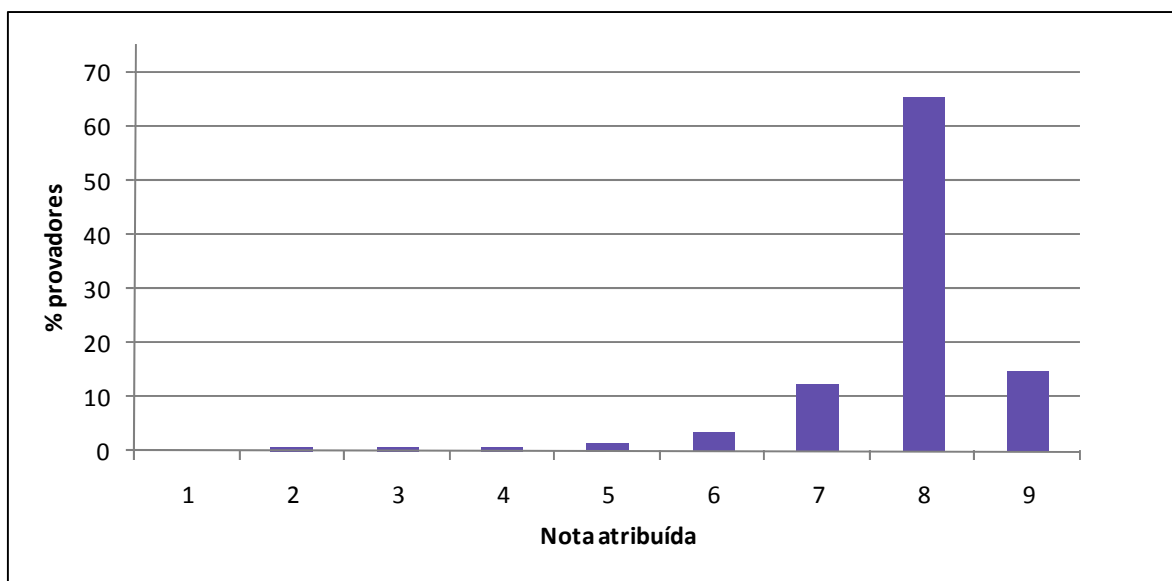


Figura 28: Porcentagem de provadores por nota atribuída na análise sensorial do *muffin* pelos provadores comuns

Observa-se que não foi atribuída nenhuma nota 1, apenas 0,82% dos provadores atribuíram nota 2, 3 e 4, 1,64% e 3,29% atribuíram nota 5 e 6, respectivamente, 12,30% atribuíram nota 7 e 14,75% atribuíram nota 9. A maior proporção de provadores, 65,37%, atribuíram nota 8 ao produto, o que numa escala hedônica de 1 a 9 significa “gostei muito”.

5.3.3 Avaliação sensorial para verificação de intenção de compra

Foi realizada, juntamente com a avaliação sensorial do *muffin*, a verificação da intenção de compra para o ensaio realizado, conforme pode ser visto na Figura 29.

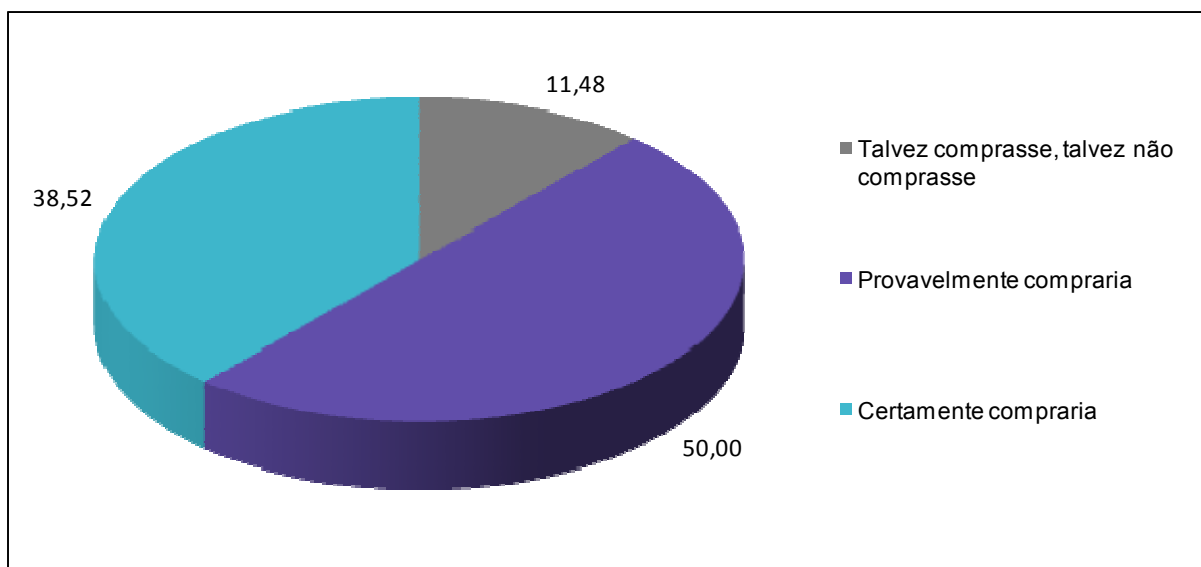


Figura 29 – Porcentagem de intenção de compra para o *muffin* pelos provadores comuns

Observa-se que nenhum provador alegou que certamente não compraria e/ou provavelmente não compraria o produto. 11,48% dos provadores talvez comprassem, talvez não comprassem o produto, 38,52% certamente comprariam, e 50% dos provadores provavelmente comprariam o produto.

Baseado nos resultados obtidos, pode-se concluir que o produto foi muito bem aceito por parte dos consumidores, visto que não teve nenhuma alegação desfavorável à intenção de compra do produto.

5.3.4 Avaliação sensorial pelos portadores da doença celíaca

5.3.4.1 Teste de aceitação (escala hedônica)

A média aritmética da escala hedônica obtida de 17 julgadores, portadores da doença celíaca foi de $8,35 \pm 0,79$. A amostra apresentou média dentro da região de aceitabilidade, ou seja, média acima de 5,0.

O resultado do teste de aceitabilidade para ensaio realizado pode ser visto na Figura 30.

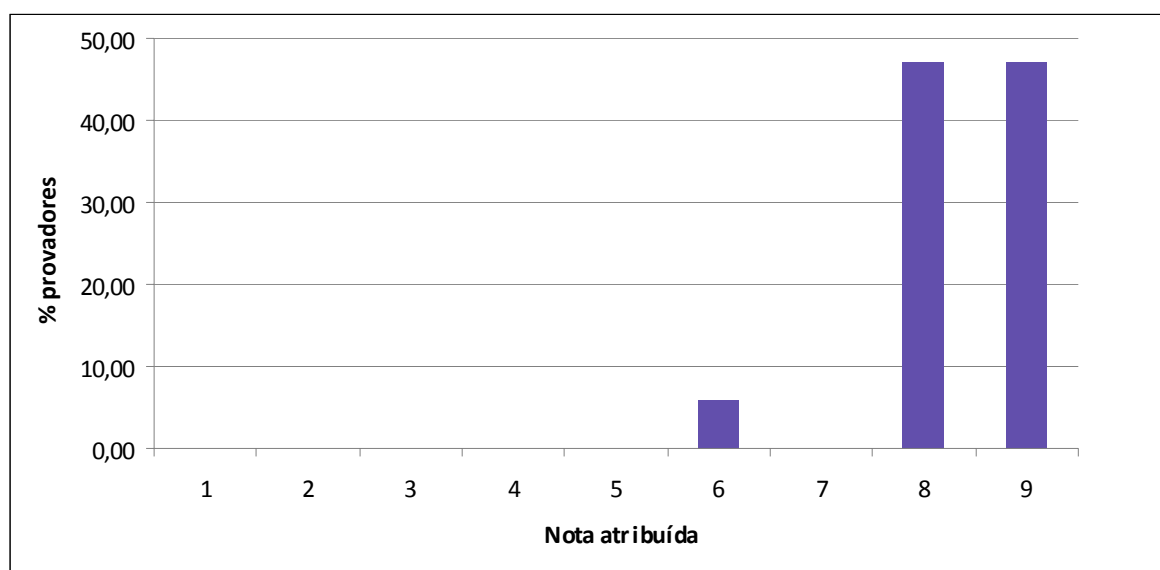


Figura 30: Porcentagem de provadores por nota atribuída na análise sensorial do *muffin*, pelos portadores da doença celíaca

Observa-se que não foi atribuída nenhuma nota abaixo de 5, apenas 5,88% dos provadores atribuíram nota 6 ao produto, e 47,06% atribuíram nota 8 e 47,06% atribuíram nota 9 ao *muffin*. Os resultados obtidos foram muito satisfatórios, visto que 94,12% dos provadores atribuíram valores na escala hedônica entre gostei muito (nota 8) e gostei muitíssimo (nota 9).

5.3.4.2 Avaliação sensorial para verificação de intenção de compra

Foi realizada, juntamente com a avaliação sensorial do *muffin*, a verificação da intenção de compra o ensaio realizado, conforme pode ser visto na Figura 31.

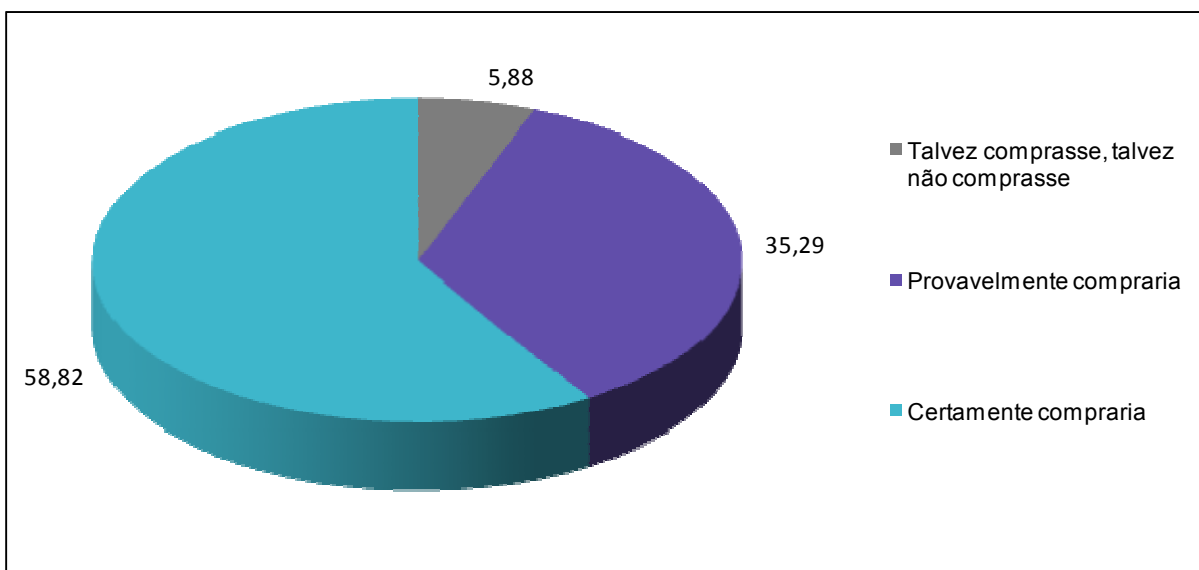


Figura 31 – Porcentagem de intenção de compra dos portadores da doença celíaca para o *muffin*

Observa-se que nenhum provador alegou que certamente e/ou provavelmente não compraria o produto, apenas 5,88% talvez comprassem, talvez não comprassem, 35,29% provavelmente comprariam, e a maioria, 58,82% dos provadores certamente comprariam o *muffin* analisado.

Baseado nos resultados obtidos, pode-se concluir que o produto foi muito bem aceito por parte celíacos, o que indica que o produto está de acordo com as exigências e expectativas por parte dos portadores da doença.

5.3.5 Análise instrumental do *muffin*

5.3.5.1 Volume específico

A média do volume específico, em $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, obtido na análise da amostra de *muffin* foi de $1,895 \pm 0,025$.

5.3.5.2 Elasticidade

A média de elasticidade, em %, obtido na análise da amostra de *muffin* foi de $44,656 \pm 2,034$.

5.3.5.3 Firmeza

A média de firmeza, em g, obtido na análise da amostra de *muffin* foi de $2382,56 \pm 633,24$.

5.3.6 Análise comparativa dos resultados obtidos nas análises instrumentais do *muffin* sem glúten

Para os resultados das análises instrumentais de volume específico, elasticidade e firmeza do *muffin* sem glúten, um estudo feito por Esteller; Zancanaro e Lannes (2006) sobre bolo de chocolate produzido com pó de cupuaçu e kefir foi utilizado como referencial para comparação dos resultados das análises instrumentais de volume específico, elasticidade e firmeza do *muffin* sem glúten, utilizando como parâmetro a formulação controle, a qual não contém cupuaçu nem kefir. Os resultados da análise de volume específico se referem a triplicata, e das análises de elasticidade e firmeza a uma média de oito amostras analisadas.

Os resultados obtidos para o *muffin* sem glúten, nos parâmetros de volume específico, elasticidade e firmeza ($1,895 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$, 44,656 % e 2382,56 g, respectivamente) foram menores que aqueles relatados por Esteller; Zancanaro e Lannes (2006) para o bolo de chocolate ($2,03 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$, 74 % e 3810 g, respectivamente). Devido a formação da rede de glúten no bolo convencional, há maior retenção do gás da fermentação, e consequentemente uma estrutura mais volumosa. A maior elasticidade apresentada pelo bolo convencional está relacionada

à presença de glutenina, proteína constituinte do glúten, e responsável pela elasticidade da massa. Devido a estrutura de rede formada pelas proteínas do glúten (gliadina e glutenina), o produto convencional apresenta maior firmeza em relação ao produto que não apresenta o glúten em sua formulação.

5.4 COMPARAÇÃO ENTRE PRODUTOS ASSADOS E PRODUTOS PRÉ-ASSADOS E CONGELADOS

Com o objetivo de verificar se o congelamento do pão e do *muffin* afeta as características dos produtos, em questão de volume específico, elasticidade e firmeza e características sensoriais, foram realizados testes comparativos entre as amostras de pão e *muffin* assados e as amostras de pão e *muffin* pré-assados e congelados.

Para tal comparação, foi utilizada apenas a formulação preferida sensorialmente do pão sem glúten, e a formulação única de *muffin*. As formulações utilizadas para a análise do pão e *muffin* estão descritas nas combinações:

20%CAR + 30%AMA + 50%AMI

83,33% CAR + 16,69% AMA

Para realizar as comparações entre as amostras, foram analisados volume específico, firmeza e elasticidade das amostras assadas e das amostras pré-assadas e congeladas. Foi também aplicado teste triangular para verificar se existe diferença entre as amostras assadas e amostras pré-assadas e congeladas.

As amostras foram congeladas a -18 °C pelo período de um mês, e então descongeladas, assadas e analisadas.

5.4.1 Comparação entre pão assado e pão pré-assado e congelado

5.4.1.1 Volume específico

A Tabela 25 mostra a média de volume específico, em $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$, obtida em cada uma das amostras analisadas.

Tabela 25: Média e desvio padrão para volume específico ($\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$) da amostra de pão assada e amostra de pão pré-assada e congelada

Ensaio	CAR	AMA	AMI	Média $\pm$ DP ($\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$)
Assada	20%	30%	50%	$1,940 \pm 0,044$
Pré-assada e congelada	20%	30%	50%	$1,790 \pm 0,150$

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

* Média Aritmética $\pm$ Desvio Padrão

Para a comparação entre a amostra de pão assada e a amostra pré-assadas e congelada foi aplicada a análise de variância (ANOVA) aos resultados, conforme pode ser visto na Tabela 26, e verificou-se que não houve diferença significativa de volume específico entre as amostras estudadas, a nível de 5%. O valor encontrado de F foi de 6,88, sendo este inferior ao F tabelado (7,71), o que indica que não existe diferença significativa entre as amostras estudadas.

Tabela 26: Quadro da análise de variância entre a amostra de pão assado e a amostra de pão pré-assada e congelada, com relação ao volume específico ($\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,084	1	0,08402	6,877217	0,0586	7,70865
Dentro dos grupos	0,0489	4	0,01222			
Total	0,1329	5				

A elaboração do produto pré-assado antes do congelamento é a principal responsável pela manutenção do volume no produto congelado, visto que o processo de fermentação, e conseqüente crescimento do pão ocorre antes do congelamento, não comprometendo assim a atividade da levedura. Além disso, a utilização de emulsificante, composto por monoglicerídeos de ácidos destilados, monoesterato de sorbitana e polisorbato 60, promove a aeração da massa, o que influencia diretamente no volume do produto. Ao mesmo tempo em que se

posicionam na interface entre a gordura e a fase aquosa, os emulsificantes também reduzem a tensão superficial entre a fase aquosa e o ar, permitindo maior e mais rápida incorporação de ar na massa, mantendo o produto estável por mais tempo (PAVANELLI; CICHELO; PALMA, 2000).

5.4.1.2 Elasticidade

A Tabela 27 mostra a média da elasticidade, em %, obtida em cada uma das amostras analisadas.

Tabela 27: Média e desvio padrão para elasticidade (%) da amostra de pão assada e amostra de pão pré-assada e congelada

Ensaio	CAR	AMA	AMI	Média ± DP (%)
Assada	20%	30%	50%	54,836 ± 3,438
Pré-assada e congelada	20%	30%	50%	46,214 ± 3,310

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho

* Média Aritmética ± Desvio Padrão

Para a comparação entre as amostras de pão assadas e as amostras pré-assadas e congeladas foi aplicada a análise de variância (ANOVA) aos resultados, conforme pode ser visto na Tabela 28, e verificou-se que houve diferença significativa de elasticidade entre as amostras estudadas, a nível de 5%. O valor encontrado de F foi de 16,31, sendo este superior ao F tabelado (5,32), o que indica que existe diferença significativa entre as amostras estudadas.

Tabela 28: Quadro da análise de variância entre a amostra de pão assado e a amostra de pão pré-assado e congelado, com relação a elasticidade (%)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	185,8	1	185,847	16,3184	0,00374	5,31766
Dentro dos grupos	91,11	8	11,3888			
Total	277	9				

A diferença referente à elasticidade apresentada entre produto assado e produto pré-assado e congelado pode estar relacionada à retrogradação do amido. Durante o assamento do pão, quando o amido começa a ser aquecido na presença de água, quebram-se as pontes de hidrogênio intermoleculares, permitindo que a água penetre nas micelas. O aquecimento contínuo na presença de uma quantidade abundante de água resulta em perda total das zonas cristalinas, e o amido se torna transparente quando atinge a temperatura de gelatinização (BOBBIO; BOBBIO, 2003). Quando a temperatura é reduzida durante o resfriamento do produto, as cadeias de amido tendem a interagir mais fortemente entre si, obrigando a água a sair, resultando em sinérese. O congelamento, baseado no princípio físico de separação da água da massa, resulta da formação de cristais de gelo abaixo de 0°C (LAAKSONEN e ROOS, 2000). Acredita-se que o dano sobre a massa, associado aos processos de gelo-degelo, seja induzido pela formação de cristais de gelo (VARRIANO-MARSTON; HSU; MAHDI, 1980).

5.4.1.3 Firmeza

A Tabela 29 mostra a média da firmeza, em g, obtida em cada uma das amostras analisadas.

Tabela 29: Média e desvio padrão para firmeza (g) da amostra de pão assada e amostra de pão pré-assada e congelada

Ensaio	CAR	AMA	AMI	Média ± DP (g)
Assada	20%	30%	50%	1285,42 ± 247,182
Pré-assada e congelada	20%	30%	50%	1579,18 ± 259,373

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca AMI = Amido de milho DP=desvio padrão

Para a comparação entre as amostras de pão assada e as amostras pré-assadas e congeladas foi aplicada a análise de variância (ANOVA) aos resultados, conforme pode ser visto na Tabela 30, e verificou-se que não houve diferença significativa de firmeza entre as amostras estudadas, a nível de 5%. O valor encontrado de F foi de 3,36, sendo este inferior ao F tabelado (5,32), o que indica que não existe diferença significativa entre as amostras estudadas.

Tabela 30: Quadro da análise de variância entre a amostra de pão assado e a amostra de pão pré-assado e congelado, com relação a firmeza (g)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	215737	1	215737,3	3,3611	0,104105	5,31766
Dentro dos grupos	513493	8	64186,6			
Total	729230	9				

A razão pela qual as amostras analisadas não apresentaram diferença significativa pode estar relacionada ao curto período de estocagem (30 dias) do produto congelado.

5.4.1.4. Teste triangular

Participaram da análise doze julgadores, dos quais apenas quatro identificaram a amostra diferente. Baseado nos testes qui-quadrado (Anexo 3), o número mínimo de respostas corretas para estabelecer diferença significativa entre as amostras analisadas é de oito, para um nível de significância $p=0,05$. Portanto, verificou-se não existe diferença significativa entre a amostra de pão assada e a amostra de pão pré-assada e congelada, ou seja, o produto pode ser congelado, sem perder suas propriedades sensoriais.

5.4.2 Comparação entre *muffin* assado e *muffin* pré-assado e congelado

5.4.2.1 Volume específico

A Tabela 31 mostra a média do volume específico, em $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ obtido em cada uma das amostras analisadas.

Tabela 31: Média e desvio padrão para volume específico ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) da amostra de *muffin* assada e amostra de *muffin* pré-assada e congelada

Ensaio	CAR	AMA	Média $\pm$ DP ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$)
Assada	83,33%	16,69%	$1,895 \pm 0,025$
Pré-assada e congelada	83,33%	16,69%	$1,515 \pm 0,015$

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca

* Média Aritmética $\pm$ Desvio Padrão

Para comparação entre as amostras de *muffin* assado e *muffin* pré-assado e congelado foi aplicada a análise de variância (ANOVA) aos resultados, conforme pode ser visto na Tabela 32, e verificou-se que houve diferença significativa entre o volume específico das amostras, ao nível de 5 %. O valor de F encontrado foi de 509,65, sendo este superior ao F tabelado (7,71), o que indica que existe diferença significativa entre as amostras estudadas.

Tabela 32: Quadro da análise de variância entre a amostra de *muffin* assada e a amostra de *muffin* pré-assada e congelada, com relação ao volume específico ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,2166	1	0,2166	509,6471	2E-05	7,708647
Dentro dos grupos	0,0017	4	0,00042			
Total	0,2183	5				

O fermento químico utilizado para a elaboração do *muffin* é constituído por bicarbonato de sódio (NaHCO_3), o qual, pela influência do calor e umidade, produz desprendimento gasoso capaz de expandir massas elaboradas com farinhas, amidos ou féculas, aumentando-lhes o volume e a porosidade. Na elaboração do *muffin* não foi utilizado nenhum tipo de emulsificante, o qual, além de se posicionar na interface entre a gordura e a fase gasosa, também

reduz a tensão superficial entre a fase aquosa e o ar, permitindo maior e mais rápida incorporação de ar na massa. Quando o ar é introduzido na massa durante o batimento, a proteína proveniente principalmente das claras de ovo sofre um desdobramento, de tal forma que sua porção lipofílica fica voltada para a fase gasosa, ou seja, para o interior das bolhas de ar, e sua porção hidrofílica permanece na fase aquosa. Este filme protéico também atua na formação e estabilização da espuma, juntamente com as moléculas do emulsificante. A presença do emulsificante na interface óleo-água auxilia indiretamente a aeração, porque os emulsificantes impedem o contato da gordura com a proteína, o que poderia desestabilizar o filme protéico (PAVANELLI; CICHELO; PALMA, 2000). Como não foi utilizado nenhum tipo de emulsificante para a elaboração do *muffin*, a gordura presente no produto pode ter entrado em contato com a proteína, desestabilizando o filme protéico, diminuindo assim a estabilidade do produto durante o tempo de congelamento.

5.4.2.2 Elasticidade

A Tabela 33 mostra a média da elasticidade, em porcentagem, obtida em cada uma das amostras analisadas.

Tabela 33: Média e desvio padrão para elasticidade (%) da amostra de *muffin* assada e amostra de *muffin* pré-assada e congelada

Ensaio	CAR	AMA	Média $\pm$ DP (%)
Assada	83,33%	16,69%	44,656 $\pm$ 2,034
Pré-assada e congelada	83,33%	16,69%	49,708 $\pm$ 2,710

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca

* Média Aritmética $\pm$ Desvio Padrão

Para comparação entre as amostras de *muffin* assado e *muffin* pré-assado e congelado aplicada a análise de variância (ANOVA) aos resultados, conforme pode ser visto na Tabela 34, e verificou-se que houve diferença significativa entre a elasticidade das amostras, ao nível de 5 %. O valor de F calculado foi de 11,12, sendo este superior ao F tabelado (5,32).

Tabela 34: Quadro da análise de variância entre a amostra de *muffin* assada e a amostra de *muffin* pré-assada e congelada, com relação à elasticidade (%)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	63,81	1	63,8068	11,1169	0,01032	5,31766
Dentro dos grupos	45,92	8	5,7396			
Total	109,7	9				

O teor de amilose encontrado no amido de milho e amido de arroz gira em torno de 25% e 16%, respectivamente (BOBBIO; BOBBIO, 2003), e no amido de mandioca varia de 17 a 18% (SARMENTO, 1997). A retrogradação do amido, decorrente da reaproximação das moléculas e formação de pontes de hidrogênio durante o resfriamento do gel ocorre mais facilmente entre as moléculas da amilose devido a sua estrutura linear, enquanto que na amilopectina o fenômeno parece ocorrer somente na periferia das moléculas. Como na formulação do *muffin* foram utilizados apenas creme de arroz e amido de mandioca, os quais contêm níveis mais baixos de amilose quando comparados ao amido de milho, a retrogradação do amido foi menor, e conseqüentemente o processo de sinérese e formação de cristais de gelo também. Esse fato pode estar associado à diminuição de danos à textura do produto. Além disso, de acordo com Bobbio e Bobbio (2003), altas concentrações de açúcar reduzem a taxa de gelatinização do amido. Os açúcares reduzem a força do gel por se ligarem à água, diminuindo assim a quantidade de água livre, pois competem pela água que iria se ligar ao amido, interferindo assim na formação da estrutura do gel. Os lipídeos também afetam a gelatinização do amido, pois as

gorduras se complexam com a amilose, retardando a absorção de água pelos grãos (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

5.4.2.3 Firmeza

A Tabela 35 mostra a média da firmeza, em g, obtida em cada uma das amostras analisadas.

Tabela 35: Média e desvio padrão para firmeza (g) da amostra de *muffin* assada e amostra de *muffin* pré-assada e congelada

Ensaio	CAR	AMA	Média ± DP (g)
Assada	83,33%	16,69%	2382,56 ± 633,244
Pré-assada e congelada	83,33%	16,69%	2439,060 ± 286,261

CAR = creme de arroz AMA = Amido de mandioca

* Média Aritmética ± Desvio Padrão

Para comparação entre as amostras de *muffin* assado e *muffin* pré-assado e congelado foi aplicada a análise de variância (ANOVA) aos resultados, conforme pode ser visto na Tabela 36, e verificou-se que não houve diferença significativa entre a firmeza das amostras, ao nível de 5 %. O valor de F calculado foi de 0,61, sendo este inferior ao F tabelado (5,31).

Tabela 36: Quadro da análise de variância entre a amostra de *muffin* assada e a amostra de *muffin* pré-assada e congelada, com relação à firmeza (g)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	148231	1	148230,6	0,6139	0,455904	5,31766
Dentro dos grupos	1931776	8	241471,9			
Total	2080006	9				

A razão pela qual as amostras analisadas não apresentaram diferença significativa pode estar relacionada ao curto período de estocagem (30 dias) do produto congelado.

5.4.2.4. Teste triangular

Participaram da análise doze julgadores, dos quais apenas um identificou a amostra diferente. Baseado nos testes qui-quadrado (Anexo 3), o número mínimo de respostas corretas para estabelecer diferença significativa entre as amostras analisadas é de oito, para um nível de significância $p=0,05$. Portanto, verificou-se não existe diferença significativa entre a amostra de *muffin* assada e a amostra de *muffin* pré-assada e congelada, ou seja, o produto pode ser congelado, sem perder suas propriedades sensoriais.

5.5 LEVANTAMENTO DE CUSTOS E ANÁLISE ENERGÉTICA DO PÃO E MUFFIN SEM GLÚTEN

O levantamento de custo dos produtos desenvolvidos (pão e *muffin*) foi realizado baseado no custo das matérias-primas utilizadas para a fabricação dos produtos.

A Tabela 37 mostra o custo para produzir uma tonelada de pão sem glúten, seguindo a formulação preferida sensorialmente pelos provadores.

Tabela 37: Custo para produção de uma tonelada do pão sem glúten

Ingredientes	% em relação a todos os ingredientes	Custo em tonelada (R\$)
Creme de arroz	14,18	1067,94
Amido de mandioca	21,27	391,85
Amido de milho	35,45	944,71
Açúcar	3,80	42,98
Sal	0,88	6,62
Fermento biológico	1,56	1259,34
Liga neutra	0,66	106,96
Ovos	13,33	287,36
Margarina	3,35	208,61
Extrato de soja	4,11	690,40
Emulsificante	1,42	117,06
Total	100	4794,31

O custo do processo de uma tonelada de pão sem glúten totaliza 4794,31 reais. Levando em consideração a embalagem utilizada para o acondicionamento do produto, o custo total para produção de uma tonelada de produto é de 4994,31 reais. Uma unidade de 150g embalada custa em torno de 1,59 reais. Comparando este valor ao custo encontrado para pão de forma da empresa Marilis, especializada na fabricação de produtos isentos de glúten, 500g de pão de forma custa e torno de 7,50 reais, portanto 150g deste mesmo pão custaria em torno de 2,34 reais. Em vista a estes dados, o pão elaborado neste projeto apresenta um custo bastante competitivo no mercado.

A Tabela 38 mostra o custo para produzir uma tonelada de *muffin* sem glúten, seguindo a formulação analisada sensorialmente.

Tabela 38: Custo para produção de uma tonelada do *muffin* sem glúten

Ingredientes	% em relação a todos os ingredientes	Custo em tonelada (R\$)
Creme de arroz	20,79	1351,78
Amido de mandioca	4,15	66,13
Fermento em pó	2,24	232,03
Açúcar mascavo	6,28	253,98
Margarina	10,24	550,82
Ovos	28,80	1149,90
Sal	0,51	3,33
Extrato de soja	5,44	788,13
Canela em pó	0,63	174,69
Chocolate em pedaços	20,92	1590,27
Total	100	6161,06

O custo do processo de uma tonelada de *muffin* sem glúten totaliza 6161,06 reais. Levando em consideração as embalagens primária e secundária utilizadas, o custo total para a produção de uma tonelada de produto é de 15105 reais. Duas unidades de aproximadamente 62,5g cada, embaladas em embalagens primária e secundária, custa em torno de 1,47 reais. Atualmente, no mercado, duas unidades

de *muffins* comuns custam em torno de 1,80 reais. Em vista a estes dados, o *muffin* elaborado neste projeto apresenta um custo bastante competitivo no mercado.

A análise energética para ambos os produtos desenvolvidos foi realizada medindo o gasto de energia, em kW, pelo circuito de equipamentos utilizados para a produção dos produtos. Estimando o tempo de 62,5 minutos para produzir uma tonelada de produto, a potência pelo forno é de aproximadamente 37,5kW, de acordo com informações fornecidas pela Perfecta Equipamentos S/A.

5.6 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, NUTRICIONAL E MICROBIOLÓGICA

5.6.1 Pão sem glúten

A formulação utilizada para as avaliações físico-químicas, nutricionais e microbiológicas foi creme de arroz 14,18%, amido de mandioca 21,27%, amido de milho 35,45%, açúcar 3,80%, sal 0,88%, fermento biológico 1,56%, liga neutra 0,66%, ovos 13,33%, margarina 3,35%, extrato de soja 4,11% e emulsificante 1,42%.

A Tabela 39 mostra os resultados das análises físico-químicas e nutricionais do pão sem glúten desenvolvido neste projeto, e do pão sem glúten da marca Marilis, empresa especializada na produção de produtos isentos de glúten.

Tabela 39: Resultados das análises físico-químicas e nutricionais do pão sem glúten e do pão de forma sem glúten (marca Marilis)

Análise	Pão sem glúten	Pão de forma sem glúten*
Umidade e voláteis (%)	33,02	NI**
Resíduo mineral fixo (%)	1,12	NI**
Carboidratos (%)	51,73	36,67
Proteínas (%)	4,27	2,83
Gordura total (%)	5,21	4,33
Gordura saturada (%)	1,63	0
Gordura trans (%)	< 0,10	0
Fibra alimentar (%)	4,65	0
Valor calórico (kcal/100g)	270,89	196,97
Cálcio (mg/100g)	14,88	NI**
Ferro (mg/100g)	3,55	NI**
Sódio (mg/100g)	346,13	426,67

*Fonte: Marilis (2007)

**NI: não informado

As análises de umidade e resíduo mineral apresentam valores de acordo com a legislação vigente, a qual determina como valores máximos umidade de 35% e resíduo mineral fixo de 11,4% (BRASIL, 2005).

Fazendo uma análise comparativa entre o resultado das análises do pão sem glúten e do pão de forma isento de glúten comercializado pela empresa Marilis, pode-se observar que o pão de forma desenvolvido no projeto apresenta quantidades maiores de fibras alimentares, carboidratos, proteína, gordura total e conseqüentemente valor calórico. A quantidade maior de proteínas é decorrente da utilização de ovos e extrato de soja, e a quantidade maior de fibras da utilização do extrato de soja, o qual foi utilizado justamente para suprir a escassez destes nutrientes no amido de mandioca e demais amidos utilizados. A quantidade maior de fibras alimentares e proteínas torna o produto desenvolvido nutricionalmente mais interessante em relação ao produto comercializado da marca Marilis.

A Figura 32 apresenta os percentuais de composição centesimal do pão sem glúten.

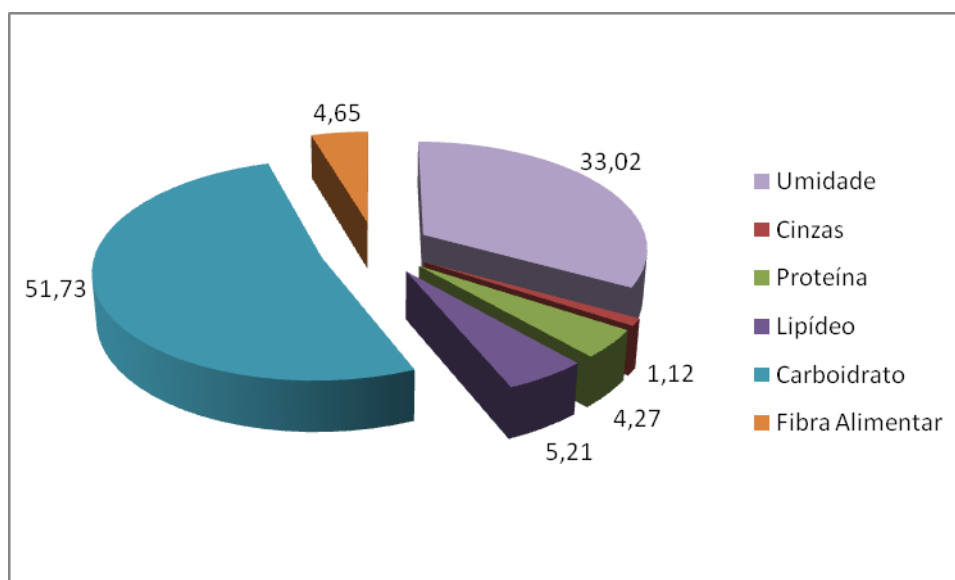


Figura 32: Composição centesimal do pão sem glúten

A Tabela 40 mostra os resultados obtidos através da análise microbiológica do pão sem glúten, comparativamente com os valores exigidos pela Resolução RDC nº12 (BRASIL, 2001).

Tabela 40: Resultados das análises microbiológicas do pão sem glúten

	Pão sem glúten	¹Legislação
Coliformes a 45°C ² (NMP/g)	Ausência (<3)	Máximo 100
Salmonella (em 25g)	Ausência	Ausência
Coliformes totais (NMP/g)	Ausência (<3)	-
Bolores e leveduras ³ (UFC/g)	Ausência (<100)	-

¹ Resolução RDC nº 12 (Brasil, 2001).

² NMP: número mais provável por grama

³ UFC/g: unidade formadora de colônia por grama

De acordo com os dados da Tabela 40, os resultados das análises microbiológicas estão de acordo com os padrões exigidos pela legislação vigente.

5.6.2 Muffin sem glúten

A formulação utilizada para as avaliações, físico-químicas, nutricionais e microbiológicas foi: creme de arroz 20,79%, amido de mandioca 4,15%, fermento químico em pó 2,24%, açúcar mascavo 6,28%, margarina 10,24%, ovos 28,80%, sal 0,51%, extrato de soja 5,44%, canela em pó 0,63% e chocolate em pedaços 20,92%.

A Tabela 41 mostra os resultados das análises físico-químicas e nutricionais do *muffin* sem glúten desenvolvido neste projeto, e do bolo de chocolate sem glúten da marca Marilis, empresa especializada na produção de produtos isentos de glúten.

Tabela 41: Resultados das análises físico-químicas e nutricionais do *muffin* sem glúten e do *bolo de chocolate* (marca Marilis)

Análise	Muffin sem glúten	Bolo de chocolate*
Umidade e voláteis (%)	24,29	NI**
Resíduo mineral fixo (%)	2,68	NI**
Carboidratos (%)	39,92	75,75
Proteínas (%)	7,70	4,85
Gordura total (%)	19,89	7,58
Gordura saturada (%)	10,53	1,12
Gordura trans (%)	0,15	0
Fibra alimentar (%)	5,52	0
Valor calórico (kcal/100g)	369,49	390,62
Cálcio (mg/100g)	268,48	NI**
Ferro (mg/100g)	6,75	NI**
Sódio (mg/100g)	591,80	48,48

*Fonte: Marilis (2007)

**NI: não informado

Fazendo uma análise comparativa entre o resultado das análises do *muffin* sem glúten e bolo de chocolate isento de glúten comercializado pela empresa Marilis, o *muffin* desenvolvido neste projeto apresenta quantidades maiores de fibras alimentares, proteína, gordura e sódio. A quantidade maior de proteínas é decorrente da utilização de ovos e extrato de soja, e a quantidade maior de fibras da utilização do extrato de soja, o qual foi utilizado justamente para suprir a escassez destes nutrientes no amido de mandioca e creme de arroz. A quantidade maior de

fibras alimentares e proteínas torna o produto desenvolvido nutricionalmente mais interessante em relação ao produto comercializado da marca Marilis.

A Figura 33 apresenta os percentuais de composição centesimal do *muffin* sem glúten.

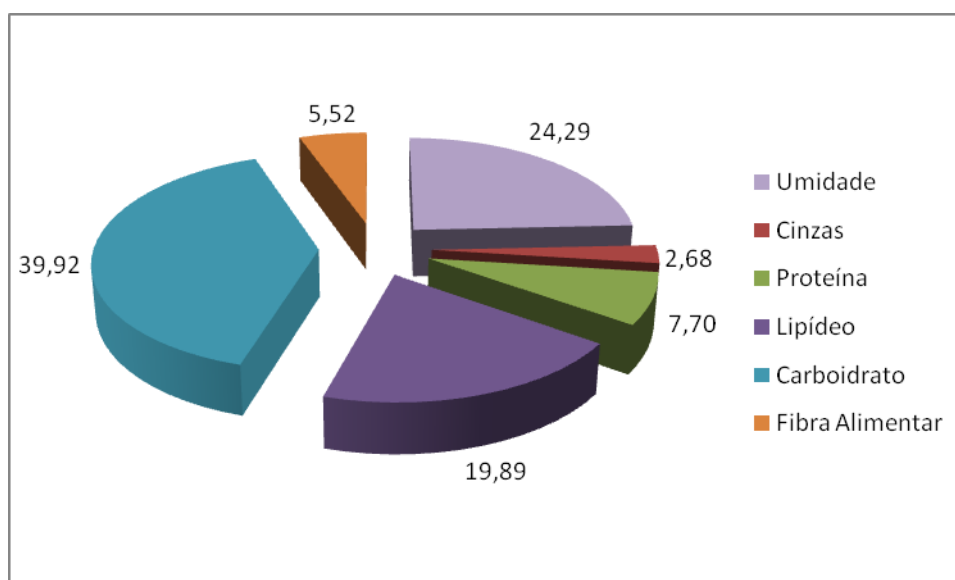


Figura 33: Composição centesimal do *muffin* sem glúten

A Tabela 42 mostra os resultados obtidos na análise microbiológica do *muffin* sem glúten, comparativamente com os valores exigidos pela Resolução RDC nº12 (BRASIL, 2001).

Tabela 42: Resultados das análises microbiológicas do *muffin* sem glúten

	Muffin sem glúten	¹ Legislação
Coliformes a 45°C ² (NMP/g)	Ausência (<3)	Máximo 10
Salmonella (em 25g)	Ausência	Ausência
Coliformes totais (NMP/g)	Ausência (<3)	-
Bolores e leveduras ³ (UFC/g)	12	-

¹ Resolução RDC nº 12 (Brasil, 2001).

² NMP: número mais provável por grama

³ UFC/g: unidade formadora de colônia por grama

De acordo com os dados da Tabela 42, os resultados das análises microbiológicas estão de acordo com os padrões exigidos pela legislação vigente.

6 PROPOSTA DE COMERCIALIZAÇÃO

Considerando o número de celíacos presentes em uma família, a proposta de comercialização consiste na elaboração do produto em porções individuais, tanto para o pão como para o *muffin*. Baseado nos resultados apresentados anteriormente, os produtos quando congelados não apresentam diferença significativa com relação às características sensoriais, portanto é viável a comercialização dos produtos na forma pré-assada e congelada, facilitando assim o consumo.

6.1 PÃO SEM GLÚTEN

A proposta de comercialização do pão sem glúten é apresentado na Figura 34. O produto apresenta dimensões de 10cm de comprimento X 7cm de largura X 6cm de altura. Essa porção oferece aproximadamente 4 fatias, sendo ideal para consumo individual. Seu preparo consiste basicamente em retirar o produto do congelador, e colocar diretamente no forno, a 180°C, por aproximadamente 20 minutos. A embalagem utilizada para acondicionamento do pão é constituída de polietileno (PE).



Figura 34: Proposta de comercialização do pão sem glúten

6.2 MUFFIN SEM GLÚTEN

A proposta de comercialização do *muffin* sem glúten é apresentado na Figura 35. O produto apresenta 5cm de diâmetro. Essa porção é ideal para consumo individual. Seu preparo consiste basicamente em retirar o produto do congelador, e colocar diretamente no forno, a 180°C, por aproximadamente 20 minutos. A embalagem primária utilizada para acondicionamento do *muffin* é constituída de papel amanteigado, ideal para assamento, e a embalagem secundária é constituída de Poli Tereftalato de Etila (PET).



Muffin em embalagem primária



Muffin em embalagem primária e secundária

Figura 35: Proposta de comercialização do *muffin* sem glúten

7 CONCLUSÕES

A composição centesimal do pão sem glúten revelou valores próximos a do pão sem glúten da marca Marilis, utilizado como referência. A adição de extrato de soja, rico em proteínas, conseguiu suprir a baixa porcentagem deste nutriente no amido utilizado (amido de mandioca).

Considerando os resultados da análise sensorial de aceitação e intenção de compra do pão analisado, conclui-se que a formulação referente ao ponto ótimo simultâneo entre as medições instrumentais (20%CAR+30%AMA+50%AMI) obteve os melhores resultados. A partir dessa formulação, foi realizada a análise sensorial e verificada a intenção de compra dos consumidores comuns e dos portadores da doença celíaca, apresentando médias de $6,96 \pm 1,71$ e $6,71 \pm 1,69$, respectivamente, numa escala hedônica de nove pontos (1=desgostei muitíssimo; 9=gostei muitíssimo), e bons resultados de intenção de compra.

A composição centesimal do *muffin* sem glúten revelou valores próximos ao bolo de chocolate sem glúten da marca Marilis, utilizado como referência, apresentando um alto teor de fibras. A adição de extrato de soja, rico em proteínas, conseguiu suprir a baixa porcentagem deste nutriente no amido utilizado (amido de mandioca).

As avaliações sensoriais do *muffin* realizadas por consumidores comuns e por portadores da doença celíaca apresentaram médias de $7,76 \pm 1,07$ e $8,35 \pm 0,79$, respectivamente, numa escala hedônica de nove pontos (1=desgostei muitíssimo; 9=gostei muitíssimo), no qual mais de 50% dos provadores certamente comprariam o produto.

REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the AACC**. 8th ed. St. Paul, v.01, 1983.

ABAM. **Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca**. Disponível em: <[http:// www.abam.com.br](http://www.abam.com.br)>. Acesso em: 09 jul. 2007.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 12086**. Análise sensorial de alimentos e bebidas - terminologia. Rio de Janeiro. 1993a. 8p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 12994**. Método de análise sensorial dos alimentos – classificação. Rio de Janeiro, 1993a. 8p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 12995**. Teste triangular em análise sensorial de alimentos e bebidas - procedimento. Rio de Janeiro. 1993c. 5p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 14141**. Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro. 1998. 3p.

ACELBRA. **Dados estatísticos**. Disponível em <<http://www.ancelbra.org.br/2004/estatisticas.php>> Acesso em 23 de maio de 2006.

ACELBRA-RS. **Glúten**. Disponível em <<http://www.ancelbra-rs.org.br/gluten.asp>> Acesso em 23 de maio de 2006.

ALMEIDA, P. N. A. **Fontes de crescimento e sistema produtivo da orizicultura no Mato Grosso**. São Paulo, 2003. 213p. Dissertação (Mestrado em Ciências / Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16 ed. Gaithersburg, 1997.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of the Association of the Agricultural Chemists**. V.2, 17.ed. Gaithersburg, 2000.

APHA. **Compendium methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed, Washington, 2001.

ARENDT, E.K; O'BRIEN, C.M; SCHOBERT, T; GORMLEY, T.R; GALLAGHER, E. Development of gluten-free cereal products. **Farm and Food**, v.12, p. 21–27, 2002.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2002. 401p.

BHATTACHARYA, K.; ZEE, S.Y.; CORKE, H. Physicochemical properties relates to quality of rice noodles. **Cereal Chemistry**, v.76, n. 6 , p.861-867, 1999.

BIANCHESSI, C.S. **Dermatite herpetiforme (DH)**. Disponível em < <http://www.acelbra-rs.org.br/dermatite%20herpetiforme.asp>> Acesso em 17 de abril de 2006.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química de Processamento de Alimentos**. 3ª edição, São Paulo: Varela, 1992.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 3ª edição, São Paulo: Varela, 2003.

BOWLES, S. **Utilização do subproduto da obtenção de extrato aquoso de soja – okara em pães do tipo francês**, 2005, 82fls. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2005.

BRASIL. Lei nº 8543, 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, DF, 23 de dezembro de 1992.

BRASIL. Resolução RDC nº. 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

BRASIL. Resolução RDC nº. 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 set. 2005a.

BRASIL. Resolução RDC nº. 268, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos protéicos de origem vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 set. 2005b.

BRASIL. Instrução Normativa nº. 08, de 02 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de Trigo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 jun. 2005c.

CÁCERES, S; QUADRELLI, A; SALINAS, G. Doença celíaca: o lado obscuro do trigo. **Ciência Hoje**, v. 16, n. 92, p.40-44, julho, 1993.

CAMARGO, C; COLONNA, P; BULEON, A; RICHARD-MOLARD, D.. Functional Properties of Sour Cassava (*Manihot utilissima*). Starch: polvilho azedo. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 45, n. 3, p. 273-289, 1988.

CARVALHO, E.P de; CANHOS, V.P; RIBEIRO, V.E; CARVALHO, H.P. de. Polvilho azedo: aspectos físicos, químicos e microbiológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira de Brasília**, v.31, n.3, p.129-137, fev.1996.

CASTELLÓN, L. Falsa raridade. **Isto É, São Paulo**, n. 1650, maio. 2001.

CHAVES, J.B.P.; SPROESSER, R.L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária, 1996. 81p.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Draft revised standard for gluten-free food (CX/NFSDU 98/4). In Codex committee on nutrition and foods for special dietary uses. 22nd session, Berlim, Germany, 2000.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Indicadores Agropecuários**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em 20 de julho de 2006.

CROSS, H.R.; MOEN, R.; DTANFIELD, M.S. Training and testing of judges for sensory analysis of meat. **Food Technology**. p. 48-66, jul. 1978.

DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**, v.12, p. 214-219, 1980.

DUAS RODAS INDUSTRIAL LTDA. Biscoito. Ag, 1996.

DUTCOSKY, S. D. **Desenvolvimento de tecnologia de fabricação de biscoitos e massas alimentícias isentos de glúten, a partir da farinha de arroz.** 1995, 159f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos.** 20 ed. Curitiba: Champagnat, 1996, 123 p.

EL-DASH, A; MAZZARI, M. R; GERMANI, R. Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e mandioca na produção de pães. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos: EMBRAPA-SPI**, v. 01, 88p, 1994.

EL-HADY, E.A.; EL-SAMAHY, S.K.; SEIBEL, W.; BRÜMMER, J. M. Changes in gas production and retention in non-prefermented frozen wheat doughs. **Cereal Chemistry**, v.73, p. 472-477, 1996.

EMBRAPA. **Cultivo de milho e sorgo.** Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/index.htm> Acesso em 10 de setembro de 2007.

ESCOUTO, L. F. S. **Elaboração de pré-mistura de massa para pão sem glúten a partir de derivados energéticos de mandioca.** 2004. 84f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Economic Research Service. **Rice outlook.** Disponível em <http://www.ers.usda.gov>. Acesso em 10 de setembro de 2007

ESTELLER, M. S; LANNES, S. C da S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 04, n. 25, p. 802-806, out/dez. 2005.

ESTELLER, M. S; ZANCANARO, O. Jr; LANNES, S. C da S. Bolo de “chocolate” produzido com pó de cupuaçu e kefir. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 03, jul/set. 2006.

FAO-FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED STATES. **Faostat**. Disponível em <<http://apps.fao.org>> . Acesso em 20 de julho de 2006.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2ed. Zaragoza: Acribia, 2000. 1258p.

FISHER, C.; SCOTT, T.R. **Flavors de los alimentos biología e química**. Editora Acríbia S.A. Espanha, 2000. 190p.

FOOD TECHNOLOGY. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. **By the sensory evaluation division of the Institute of Food Technology**. P.50-59, nov., 1981.

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

GATCHIALIAN, M.M. **Sensory Evaluation Methods with Statistical Analysis**. University of the Philippines, 1981. 332p.

GÉLINAS, P.; DEAUDELIN, I.; GRENIER, M. Frozen dough: effects of dough shape, water content, and sheeting-molding conditions. **Cereal Foods World**, v.40, p. 124-126, 1995.

GOMES, S.Z.; PEÑA, M.C.G. Digestibilidade aparente da mandioca (*Manihot esculenta*) pelo camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*). **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 858-862, 1997.

GRANOTEC DO BRASIL. **Tecnologia de biscoitos, qualidade de farinhas e funções de ingredientes**. Núcleo de Desenvolvimento e Tecnologia, 1996.

GRANOTEC DO BRASIL. **Manual de procedimento padrão da Granotec**. Núcleo de desenvolvimento e tecnologia, 2005.

GRISWOLD, R. M. Estudo Experimental dos alimentos. Editora Edgard Blucher Ltda. p. 292-296, 1972

HARTMAN, L; LAGO, R.C.A. A rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, London, v.22, n.8, p.475-476, 1973.

HAVET, M.; MANKAI, M.; LE BAIL, A. Influence of the freezing condition on the baking performances of French frozen dough. **Journal of Food Engineering**, v.45, p. 139-145, 2000.

INOUE, Y.; BUSHUK, W. Studies on frozen dough. I. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and rheological properties. **Cereal Chemistry**, v.68, p. 627-631, 1991.

INSTITUTO. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: IAL, I, 1985.

JACKEL, S.S. Frozen dough opportunities keep heating up. **Cereal Foods World**, v.36, p. 529, 1991.

KERN, M.E; BLEVINS, K.S. **Micologia médica**. 2ed. São Paulo: Premier, 1999, 256p.

KING, A.D; HOKING, A.D; PITT, J.I. Dichloranrose bengal médium for enumeration and isolation of from foods. **Applied and Environmental Microbiology**. v.37, p.959-964, 1979.

KINSELLA, J. E. Milk proteins: physicochemical and functional properties. **CRC Critical Rev. Food Sci. Nutr**, New York, v. 21, p. 197-262, 1984.

KLIMAQUIP. Guia Klimaquip – Frio profissional. Disponível em <http://www.klimaquip.com.br/guia.htm> Acesso em 01 de setembro de 2007.

KOBYLAŃSKI, J. R.; PÉREZ, O. E.; PILOSOFF, A. M. R. Thermal transitions of gluten-free doughs as affected by water, egg white and hydroxypropylmethylcellulose. **Thermochimica Acta**, v. 411, p.81-89, 2004.

KOHLWEY, D.E.; KENDALL, J.H.; MOHINDRA, R.B. Using the physical properties of rice as a guide to formulation. **Cereal Foods World**, v. 40, n.10, p. 728 - 732, 1995.

LAAKSONEN, T.; ROOS, Y.H. Thermal, dynamic-mechanical, and dielectric analysis of phase and state transitions of frozen wheat doughs. **Journal of Cereal Science**, v.32, p. 281-292, 2000.

LEÓN, A.E.; DURÁN, E.; BARBER, C. B. de. Utilization of Enzyme Mixtures To Retard Bread Crumb Firming. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.50, n. 06, p. 1416-1419, 2002.

LÓPEZ, A. C. B.; PEREIRA, A. J. G.; JUNQUEIRA, R. G. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of glúten free white bread. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p. 67-70, mar., 2004.

LUI, H.; RAMSDEN, L.; CORKE, H. Physical properties of cross-linked and acetylated normal and waxy rice starch. **Starch**, v.51, n.7, p.249-252, 1999.

MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; SILVA, M. A. A. P. da. Avaliação da Farinha de Amaranto na Elaboração de Biscoito sem Glúten do Tipo Cookie. **Braz. J. Food Technol**, v. 8, n.2, p. 175-181, abr./jun, 2005.

MARIANI, P.I; VITI, M.G; MONTUORI, M; LAVECCHIA, A; CIPOLLETTA, E; CALVANI, L; BONAMICO, M. The glúten-free diet: a nutritional risk factor for adolescents with celiac disease. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**. v. 27, p. 519-523, 1998.

MERIC, L.; LAMBERT-GUILOIS, S.; NEYRENEUF, O.; RICHARDMOLARD, D. Cryoresistance of baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae* in frozen dough: contribution of cellular trehalose. **Cereal Chemistry**, v.72, p. 609-615, 1995.

MARILIS – **Produtos sem gluten**. Disponível em <http://www.semgluten.com.br/html/marilis.htm> Acesso em 01 de agosto de 2007.

MARQUES, F. Iguaria para raros paladares. **Revista Ciência Hoje**. n. 189, dez, 2002.

MARSTON, P. E. Frozen dough for bread making. **Bakers' Digest**, Kansas, v.52, n.5, p.18-20, 1978.

MATUDA, T. G. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento**. 2004. 142f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MATZ, A.S. Testing of bakery products. **Bakery technology and engineering**. Westport, p. 614-620, 1960.

MORAIS, MB; SDEPANIAN, VL; FAGUNDES NETO, U. Doença Celíaca. **Nutr Pauta**. v. 51, p. 30-34, 2001.

NABESHIMA, E.H.; EL-DASH, A. A.; Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. **Boletim CEPPA**, v.22, n.1, p.107-120, jan./jul., 2004.

NETO, C. F; NASCIMENTO, E.M do; FIGUEIREDO, R.M de; QUEIROZ, A.J de M. Microbiologia de farinhas de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) durante o armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 551-55, mar-abr, 2004

PAVANELLI, A.P; CICHELO, M.S; PALMA, E.J. Emulsificantes como agentes de aeração em bolos. **Oxiten S/A Indústria e Comércio**, ART AL004 – 06/00, 2000.

PEREIRA, A.S.; PEREIRA FILHO, R.A. **Doença Celíaca**. Disponível em <http://www.sgnsp.org.br/artigos.php?id=21> Acesso em 23 de maio de 2006.

PHILIPPI, S.T. **Nutrição e Técnica Dietética**. São Paulo: Manole, 2003, 390p.

POTTER, S.M; BAKHIT, R.M; ESSEX-SORRIE, D.L; WEINGARTNER, K.E; CHAPMAN, K.M; NELSON, R.A; PRABHUDESAI, M; SAVAGE, W.D; NELSON, A.I; WINTER, L.W. Depression of plasma cholesterol in men by consumption of baked products containing soy protein. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 58, n. 4, p. 501-506, 1993.

PROTESI, R.; GANDOLFI, L. Doença celíaca: a afecção com múltiplas faces. **Jornal de Pediatria**. v. 81, n.05, Porto Alegre, set/out 2005.

PYLER, E. J. **Baking Science & Technology**. 3 ed. Sosland Publishing Company, Kansas, v. 01, cap. 04, p. 132-182, 1988.

QUEIROZ, G. M; TADINI, C. C. **Determinação de propriedades termofísicas do pão francês durante o processamento de assamento**. 2001. 179f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

RÄSÄNEN, J.; HÄRKÖNEN, H.; AUTIO, K. Freeze-thaw stability of prefermented frozen lean wheat doughs: effect of flour quality and fermentation time. **Cereal Chemistry**, v.72, p. 637-642, 1995.

REDPA – rede de Coordenação de Políticas Agropecuárias. **Informe da REDPA – Situação a e perspectiva 2005/06.** Disponível em http://www.iica.org.uy/data/redpa_documentos/102468.doc Acesso em 26 de junho de 2006

RIBEIRO, E. P., SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos.** São Paulo: Edgard Blucher, 1992: Instituto Mauá de tecnologia, 2004, 184p.

RIBOTTA, P.D; PÉREZ, G.T; LEÓN, A.E; ANÓN, M.C. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. **Food Hydrocolloids**, p.305–313, 2004.

RIGATTO, C. Entrevista: Dia Internacional do Celíaco. **Nutrição em Pauta.** Ano X, n. 53, mar/abril, 2002.

SANCHEZ, H.D.; OSELLA, C.A.; DE LA TORRE, M. A. Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour and cassava starch. **Journal of Food Science**, v. 67, p. 416-419, 2002.

SARMENTO, S.B.S. **Caracterização da fécula de mandioca (Manihot esculenta C.) no período de colheita de cultivares de uso industrial.** 1997, 162p. Tese (Doutorado em Bromatologia). Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 1997.

SDEPANIAN, V. L; MORAIS, M. B de; FAGUNDES NETO, U. Doença celíaca: a evolução dos conhecimentos desde sua centenária descrição original até os dias atuais. **Arq. Gastroenterol**, v. 36, n.04, out/dez, 1999

SILVA, C. E.M da; FAÇANHA, S. H. F.; GOMES DA SILVA, M. das G.; Efeito do teor de água, amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de mandioca obtido por fermentação natural. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 01, Jan/abril, 1998.

SILVA, G. A. P da; Doença celíaca: repercussões na mineralização óssea. **Jornal de Pediatria**, v. 79, n. 04, 2003.

SILVA, G de O da; TAKIZAWA, F.F; PEDROSO, R.A; FRANCO, C.M.L; LEONEL, M; SARMENTO, S.B.S; DEMIATE, I.M. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializado no Brasil. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, v.26, n.1, p. 188-197, Jan/Mar, 2006.

SIMPSON, S.J.; PIGGOTT, J.R.; WILLIAMS, S.A.R. Sensory analysis. **International Journal of Food and Agriculture**. Sussex, v.67, n.01, p.61-67, 1995.

SINDIPAN – Sindicato das Indústrias de Panificação - **Perfil do setor de panificação: consumo de pão.** Disponível em <<http://www.sindipan.org.br/analise/perfset.htm>> Acesso em 20 de maio de 2006.

SINGH, N; BAJAJ, I.K; GUJRAL, H.P. Effect of different additives on mixograph and bread making properties of Indian wheat flour. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p. 89-95, 2002.

SIVARAMAKRISHNAN, H.P.; SENGE, B.; CHATTOPADHYAY, P.K. Rheological properties of rice dough for making rice bread. **Journal of Food Engineering**, v.62, p. 37-45, 2004.

SLUIMER, I.P. Principles of dough retarding. **Bakers' Digest**, v.55, n.4, p.6-8, 10, 1981.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory Evaluation Practices**. London: Academic Press. 1985, 310p.

SUNADA, C. da S.S. et al.. Pré-mistura para produção do pão sem glúten baseada em derivados da mandioca. **XI Congresso Brasileiro de Mandioca**. 2003

TEDRUS, G.A.S; ORMENESE, R de C.S.C; SPERANZA, S.M; CHANG, Y.K; BUSTOS, F.M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n.01, jan./abr., 2001.

TESCH, C. Para quem o glúten faz mal? Disponível em <<http://www.salamedica.com/nutricao-glutem.php>> Acesso em 17 de abril de 2006.

VARRIANO-MARSTON, E.; HSU, K.H.; MAHDI, J. Rheological and structural changes in frozen doughs. **Baker's Digest**, v.54, p. 32-41, 1980

WASZCZYNSKY, N. **Análise sensorial de alimentos e bebidas**. Universidade Federal do Paraná, 1997, Apostila, 20p.

WATANABE, E; BENASSE, V.T. O uso da massa congelada na produção de pão.
Boletim do CEPPA, v.18, n.1, p.71-84, jan./jun.2000

ANEXO 01



PARECER Nº 26/2006
Protocolo: 04719/06

Em reunião extraordinária realizada nesta data, a Comissão de Ética em Pesquisa, **APROVOU** o protocolo de pesquisa intitulado "**Obtenção de produtos panificados isentos de glúten** " de responsabilidade do Pesquisador (a) Cristiane Schamne.

Ponta Grossa, 17 de agosto de 2006.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

.....
Prof. Flávio Guimarães Kalinowski
Coordenador

ANEXO 02



Universidade Estadual de Ponta Grossa
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Av.: Gen. Carlos Cavalcanti, 4748 CEP: 84030-900

Campus Uvaranas Ponta Grossa Fone: 42.220.3262 e-mail: pesquisa@uepg.br

15 - Formulário ou termo de consentimento, para as pesquisas envolvendo seres humanos, incluindo informações sobre as circunstâncias sob as quais o consentimento será obtido, quem irá tratar de obtê-lo e a natureza da informação a ser fornecida aos sujeitos da pesquisa.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____, de livre e espontânea vontade, consinto minha participação como candidato(a) a julgador(a) no projeto "Obtenção e caracterização de produtos panificados isentos de glúten", estando ciente que irei degustar produtos panificados isentos de glúten (biscoito e/ou pão), em pequenas quantidades, a título de avaliação das principais características sensoriais das referidas amostras. O preparo das amostras será feito pela mestranda Cristiane Schamne após realizadas todas as análises físico-químicas e microbiológicas, garantindo assim a qualidade e segurança do alimento a ser avaliado, e seguindo todos os requisitos de boas práticas de fabricação de alimentos. Os resultados serão analisados seguindo os critérios de análise sensorial, utilizando a ferramenta de análise sensorial por escala hedônica. A utilização dos resultados será feita única e exclusivamente para a referida pesquisa, garantindo a total confidencialidade dos julgadores.

Sei que para o avanço da pesquisa a participação de voluntários é de fundamental importância. Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome, ou qualquer outro dado confidencial, será mantido em sigilo. A elaboração final dos dados será feita de maneira codificada, respeitando o imperativo ético da confidencialidade.

Estou ciente de que posso me recusar a participar na pesquisa, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, nem sofrer qualquer dano.

Os pesquisadores envolvidos no referido projeto são Cristiane Schamne (com quem poderei manter contato pelo telefone (42) 3220-3268 ou (41) 9649-1019), sob co-orientação da Prof^a Dra. Sílvia Deboni Dutcosky (com quem poderei manter contato pelo telefone (41) 3271-2336) e sob orientação do Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate (com o qual poderei manter contato pelo telefone (42) 3220-3265). Estão garantidas todas as informações que eu queira saber antes, durante e depois do estudo.

Li, portanto, este termo, fui orientado quanto ao teor da pesquisa mencionada acima e compreendi a natureza do estudo do qual fui convidado (a) a participar. Concorde, voluntariamente, em participar desta pesquisa, sabendo que não receberei nenhum valor econômico por minha participação.

Ass. do Sujeito da Pesquisa

Ass. do Pesquisador

Cristiane Schamne

Ass. do Pesquisador

Sílvia D. Dutcosky

Ivo Mottin Demiate

Ass. do Pesquisador

ANEXO 03

SIGNIFICÂNCIA NO TESTE TRIANGULAR (P = 1/3)

Nº de Julga- mentos	Nº de respostas corretas necessárias para estabelecer diferença significativa			Nº de Julga- mentos	Nº de respostas corretas necessárias para estabelecer diferença significativa		
	P = 0.05	P = 0.01	P = 0.001		P = 0.05	P = 0,01	P = 0.001
	+	++	+++		+	++	+++
7	5	6	7	57	27	29	31
8	6	7	8	58	27	29	32
9	6	7	8	59	27	30	32
10	7	8	9	60	28	30	33
11	7	8	9	61	28	30	33
12	8	9	10	62	28	31	33
13	8	9	10	63	29	31	34
14	9	10	11	64	29	32	34
15	9	10	12	65	30	32	35
16	10	11	12	66	30	32	35
17	10	11	13	67	30	33	36
18	10	12	13	68	31	33	36
19	11	12	14	69	31	34	36
20	11	13	14	70	32	34	37
21	12	13	15	71	32	34	37
22	12	14	15	72	32	35	38
23	13	14	16	73	33	35	38
24	13	14	16	74	33	36	39
25	13	15	17	75	34	36	39
26	14	15	17	76	34	36	39
27	14	16	18	77	34	37	40
28	15	16	18	78	35	37	40
29	15	17	19	79	35	38	41
30	16	17	19	80	35	38	41
31	16	18	19	81	36	38	41
32	16	18	20	82	35	39	42
33	17	19	20	83	37	39	42
34	17	19	21	84	37	40	43
35	18	19	21	85	37	40	43
36	18	19	21	86	38	40	44
37	18	20	22	87	38	41	44
38	19	21	23	88	39	41	44
39	19	21	23	89	39	42	45
40	20	22	24	90	39	42	45
41	20	22	24	91	40	42	46
42	21	22	25	92	40	43	46
43	21	23	25	93	40	43	46
44	21	13	25	94	41	44	47
45	22	24	26	95	41	44	47
46	22	24	26	96	42	44	48
47	23	25	27	97	42	45	48
48	23	25	27	98	42	45	49
49	23	25	28	99	43	46	49
50	24	26	28	100	43	46	49
51	24	26	29	200	80	84	89
52	25	27	29	300	117	122	127
53	25	27	29	400	152	158	165
54	25	27	30	500	185	194	202
55	26	28	30	1000	363	372	383
56	26	28	31	2000	709	722	737