

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PRÉ-MISTURA DE
MASSA PARA PÃO SEM GLÚTEN A PARTIR DE DERIVADOS
ENERGÉTICOS DE MANDIOCA**

LUIZ FERNANDO SANTOS ESCOUTO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração em
Energia na Agricultura

BOTUCATU-SP
Maio - 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PRÉ-MISTURA DE
MASSA PARA PÃO SEM GLÚTEN A PARTIR DE DERIVADOS
ENERGÉTICOS DE MANDIOCA**

LUIZ FERNANDO SANTOS ESCOUTO

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marney Pascoli Cereda

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração em
Energia na Agricultura

BOTUCATU-SP
Maio – 2004

"...A gastronomia funciona como disciplina que permite a codificação de regras singulares, um método para realizar novas relações entre os homens, mas também entre o corpo e a alma, entre o corpo e ele próprio.

Michel Onfray

"Na cozinha se aprende a sabedoria essencial para a vida. A pura utilidade alimentar, essencial à sobrevivência, pela magia da culinária, torna-se arte, brinquedo, fruição, alegria."

"...a ciência é uma função vital. Ela é digna, tem valor, quando serve para diminuir o sofrimento e aumentar o prazer."

Rubem Alves

"A relação entre cozinhar e escrever tem sido freqüentemente reconhecida pelos escritores. É a própria etimologia que revela a origem comum de cozinheiros e escritores. Nas suas origens, sabor e saber são a mesma coisa. O verbo latino *sapare* significa, a um tempo, tanto *saber* quanto ter *sabor*. Os mais velhos haverão de se lembrar que, num português que não se fala mais, usava-se dizer de uma comida que ela *sabia* bem. Saber é experimentar o *gosto* das coisas: comê-las. O sábio é aquele que conhece não só com os olhos, mas especialmente com a boca. Quem conhece só com os olhos conhece de longe, pois a visão exige distância; muito de perto a gente não vê nada. Quem conhece com a boca conhece de perto, pois só se pode sentir o gosto daquilo que está já dentro do corpo".

Rubem Alves

A meu filho Idjarruri e a Ana Luísa tão esperada

meus pais Bento e Onélia

e irmãos Carlos Magno e Normélia

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Professora Dr.^a MARNEY PASCOLI CEREDA pela orientação, ensinamentos, amizade e incentivos constantes.

À CAPES pela concessão de Bolsa de Doutorado.

Aos amigos Dr. Fausto e Dra. Miriam Foresti marcos referenciais na minha decisão pelos estudos de pós-graduação em Botucatu.

Aos funcionários do Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) em particular FÁBIO URBANO, pela colaboração valiosa nas análises químicas.

Às funcionárias da secção de pós-graduação da FCA.

Aos funcionários da Biblioteca do Campus de Botucatu da UNESP pela dedicação as suas funções.

À Professora Dr.^a Márcia Sartori pela orientação na análise estatística.

À UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, Campus de Botucatu – Fazenda Lageado na pessoa do seu Diretor Dr. Carlos Antônio Gamero pelas facilidades concedidas.

Aos colegas de moradia, em especial ao Edson Massao Tanaka pela sempre e constante cumplicidade. Ao amigo João Kopytowski pela amizade e propósitos empreendedores em produtos de panificação com cogumelos comestíveis.

À Teresa Prado da Silva pela amizade, companheirismo, carinho e amor.

A todos aqueles que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho,

Os nossos mais sinceros agradecimentos

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	01
SUMMARY.....	03
1 INTRODUÇÃO.....	05
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	07
2.1 Aspectos clínicos e epidemiológicos da Doença Celíaca.....	07
2.2 Pão.....	14
2.2.1 Papel dos Ingredientes.....	15
2.2.2 Pré-misturas de pães com trigo.....	17
2.3 Amido.....	18
2.3.1 Amido Modificado.....	22
2.3.2 Pré-gelificação do Amido.....	23
2.3.3 Polvilho azedo.....	23
2.4 Pães sem farinha de trigo.....	23
2.4.1 Uso do Polvilho Azedo em Panificação	33
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 Material.....	36
3.2 Equipamentos e outros materiais.....	37
3.3 Elaboração da Pré-mistura.....	37
3.4 Preparo do Pão.....	38
3.5 Avaliação dos pães preparados com a Pré-mistura.....	39
3.6 Avaliação Sensorial e Índice de Aceitabilidade.....	39

3.7.1 Cor da Crosta.....	42
3.7.2 Forma e Simetria.....	42
3.7.3 Características da Crosta.....	42
3.7.4 Cor do Miolo.....	43
3.7.5 Porosidade do Miolo.....	43
3.7.6 Textura do Miolo.....	44
3.7.7 Aroma.....	44
3.7.8 Sabor.....	44
4 Avaliações.....	45
4.1 Volume Específico.....	45
4.2 Cor da Crosta, Miolo e Pré-mistura.....	47
4.3 Avaliação Energética e Econômica.....	47
4.4 Composição Centesimal.....	47
4.5 Calorimetria.....	48
4.6 Análise Estatística	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Seleção de amidos gelificados e teores de farinha de mandioca.....	49
4.2 Avaliação da Pré-Mistura.....	64
4.2.1 Avaliação Energética e Econômica do preparo da Pré-mistura.....	65
4.2.2 Avaliação de Cor da Pré-Mistura.....	67
4.2.3 Avaliação Calorimétrica da Pré-Mistura	68
4.3 Avaliação do Pão.....	69
4.3.1 Características Sensoriais.....	69

4.3.2 Índice de Aceitabilidade.....	73
4.3.3 Avaliação de Cor da Crosta e Miolo do Pão.....	77
4.3.4 Avaliação Calorimétrica do Pão.....	77
4.4 Considerações Gerais.....	79
5 CONCLUSÕES.....	82
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
01 Tabela 1: Prevalência de enfermidade celíaca (EC) não diagnosticada	09
02 Quadro 1: Diversas etapas do grânulo de amido em função da temperatura em presença de excesso de água.....	20
03 Quadro 2: Formulação do pão de amido de mandioca e farinha de soja.....	27
04 Quadro 3: Procedimento utilizado na fabricação do pão de amido de mandioca e farinha de soja.....	28
05 Quadro 4: Formulação básica para pré-mistura sem glúten com peso (g) e % calculados sobre o peso total da formulação.....	38
06 Quadro 5: Planilha de avaliação das características sensoriais do pão.....	41
07 Quadro 6: Qualidade do volume específico dos pães por atributo.....	46
08 Quadro 7: Classificação do volume específico do pão de fôrma.....	47
09 Quadro 8: Formulação básica para pré-mistura sem glúten.....	65

10	Quadro 9: Tempo gasto e energia requerida para a produção de 1 tonelada.....	65
11	Quadro 10: Custo de processamento de 1 tonelada de pré-mistura sem glúten..	66
12	Quadro 11: Análise Centesimal da pré-mistura.....	68
13	Quadro 12: Energia bruta das calorias fornecidas nas três amostras de pré-mistura selecionada.....	69
14	Quadro 13: Resultados da análise univariada para índice de aceitabilidade de pão sem glúten para duas questões por 43 provadores celíacos	73
15	Quadro 14: Análise Centesimal de pão sem glúten.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
01 Símbolo do trigo cortado.....	10
02 Representação dos polímeros de amilose (a) e amilopectina (b).....	19
03 Ligações de hidrogênio intermoleculares das moléculas de amido formando filme capaz de reter gases e água.....	21
04 Ligações entre amilose e amilopectina para estabelecer a capacidade de se estender e relaxar à forma original.....	22
05 Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação para massa assada, massa crua e volume para 3 tipos de amido pré-gelificado a 10%.....	50
06 Distribuição dos valores do indicador de avaliação para V – volume nos 3 tipos de amido pré-gelificado a 10%.....	51
07 Distribuição dos valores do indicador de avaliação VE – volume específico, para 3 tipos de amido pré-gelificado a 10%.....	51

08 Distribuição dos valores do indicador de avaliação IC	
– índice de conversão, para 3 tipos de amido pré-gelificado a 10%.....	52
09 Distribuição dos valores do indicador de avaliação	
TE – taxa de evaporação, para 3 tipos de amido pré-gelificado a 10%.....	53
10 Distribuição dos valores do indicador de avaliação	
PQ – pontuação de qualidade do volume específico, para 3 tipos de amido pré-gelificado a 10%.....	53
11 Distribuição dos valores do indicador de avaliação	
perdas na cocção, para 3 tipos de amido pré-gelificado a 10%.....	54
12 Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação	
MC – massa crua, MA – massa assada para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80.....	55
13 Distribuição dos valores do indicador de avaliação	
V – volume para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80.....	55
14 Aspecto de pães sem glúten com variação de concentração de pré-gel N 80 a 2,88% (A), 5,60% (B) e 8,18% (C).....	56

15 Distribuição dos valores do indicador de avaliação

VE – volume específico para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80... 57

16 Distribuição dos valores do indicador de avaliação

IC – índice de conversão, para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80... 57

17 Distribuição dos valores do indicador de avaliação

TE – taxa de evaporação, para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80... 58

18 Distribuição dos valores do indicador de avaliação PQ – pontuação de

qualidade do volume específico, para 3 concentrações do amido

pré-gelificado N 80..... 58

19 Distribuição dos valores do indicador de avaliação perdas na cocção,

para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80..... 59

20 Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação MC =massa

crua, MA – massa assada e V – volume para 3

concentrações de farinha de mandioca..... 60

21 Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação

MC = massa crua, MA – massa assada e V – volume

para 3 concentrações de farinha de mandioca..... 60

22 Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação	
VE – volume específico, para 3 concentrações de farinha de mandioca.....	61
23 Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação	
IC – índice de conversão, para 3 concentrações de farinha de mandioca.....	62
24 Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação	
TE – taxa de evaporação, para 3 concentrações de farinha de mandioca.....	62
25 Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação PQVE – pontuação de qualidade do volume específico, para 3 concentrações de farinha de mandioca.....	63
26 Distribuição dos valores do indicador de avaliação perdas na cocção, para 3 concentrações de farinha de mandioca.....	64
27 Aspecto da pré-mistura selecionado.....	68
28 Distribuição da porcentagem de aceitação dos provadores em função dos valores hedônicos para atributos sensoriais: cor da crosta, forma e simetria e características da crosta.....	70
29 Distribuição da porcentagem de aceitação dos provadores (%) em função dos valores hedônicos para atributos sensoriais: cor do miolo, porosidade e textura.....	71

30 Distribuição da porcentagem de aceitação dos provadores (%) em função dos valores hedônicos para atributos sensoriais: aroma e sabor.....	72
31 Aceitabilidade dos pães sem glúten elaborados com a pré-mistura expressa em porcentagem e número de 43 provadores em escala Hedônica.....	75
32 Distribuição da porcentagem dos 43 provadores celíacos em função da escala para compra do pão sem glúten elaborado com a pré-mistura selecionada.....	76

RESUMO

Em pesquisa anterior, foi desenvolvida uma formulação para pão sem glúten, baseada em derivados de mandioca. O pão sem glúten visa os celíacos, para os quais a ingestão de alimentos contendo glúten danifica a superfície da mucosa do intestino delgado. Essa formulação exigia uma fase de escaldamento dos ingredientes, o que acarretava maior consumo de energia. O ponto mais importante, entretanto, é que o pão tem curta vida de prateleira e por isso é adequado à dispersão do mercado, uma característica dos consumidores celíacos. Para contornar essas limitações foi desenvolvida e avaliada uma pré-mistura de pão sem glúten baseada na formulação anterior, mas com ajustes dos ingredientes farinha de mandioca, amido pré-gelificado e lecitina. O uso de pré-mistura é uma tendência da panificação atual e permite a comercialização dispersa e por maior período. Para os testes de ajuste da formulação foi usada a análise estatística univariada com 3 ensaios e 3 tratamentos cada para dois ingredientes amido pré-gelificado e farinha de mandioca crua. Foram selecionados como fatores importantes na escolha da formulação: a cor da crosta, miolo e na escolha da pré-mistura, avaliação energética e econômica, índice de aceitabilidade, calorimetria, avaliação sensorial. Além desses foram usados indicadores de volume, como o volume específico, densidade, indicador de conversão, perda por evaporação, pontuação da qualidade. Essa análise permitiu a seleção de uma formulação de pré-mistura a qual foi caracterizada para cor, calorimetria, conteúdo energético, custo da matéria prima e preparo.

Como forma de confirmar a aceitabilidade foram preparados pães com a formulação selecionada, que por sua vez foram avaliados por degustadores selecionados entre os prováveis consumidores do público celíaco, sócios da Associação dos Celíacos do Brasil - ACELBRA, de São Paulo. Foram também estabelecidas as características organolépticas do pão elaborado como pré-mistura: cor da crosta, forma e simetria, características da crosta, cor, porosidade e textura do miolo e sabor.

A formulação tem a seguinte composição, calculada em relação ao peso total: leite em pó integral 4,03%, gordura vegetal hidrogenada 11,53%, sal iodado 1,44%, fermento biológico seco 1,92%, açúcar refinado 6,92%, polvilho azedo 57,69%, lecitina de soja 0,57%, amido pré-gelificado (National 80) 2,88% e 12,98% de farinha de mandioca crua moída. A formulação foi caracterizada para cor, calorimetria e conteúdo energético. O custo das matérias primas e da mistura para essa formulação em maio de 2004 de US\$ 0,97/Kg. O sabor e aroma de pão obteve de aceitabilidade entre celíacos 86,33%. A formulação desenvolvida consumiu de energia 0,42 KW/h no preparo, que exigiu 46 minutos. Os pães apresentaram miolo elástico, leve gomosidade, estrutura alveolar mais uniforme com sabor e aroma adequados e obtiveram 86,33% de aceitabilidade entre celíacos.

A disponibilidade de uma pré-mistura deverá facilitar a distribuição do pão e atingir o mercado disperso dos celíacos.

Palavras-chave: celíacos, pré-mistura, amido pré-gelificado, polvilho azedo, panificação, energia

PRE-MIX FOR BREAD WITHOUT GLUTEN USING CASSAVA ENERGETIC DERIVATIVES

SUMMARY

In a previous research it was developed a formulation for bread without gluten, using energetic cassava derivatives. This bread aims the celiac persons, for whom the ingestion of food with gluten causes damages the mucosa surface of small bowel. In a specific phase of this formulation the ingredients had to be scalded, which spent more energy. The point important is that the bread has short shelf life and is for these adequate the market dispersion characteristic of the celiac consumers. In order to solve these limitations was developed and evaluated a premixture of bread without gluten based in the previous formulation, but adjusted for ingredients cassava flour, pregelatinized starch and lecithin. Nowadays the use of the premixture is a tendency of the modern bakery. In the adjust of these formulation it were used statistical analysis univariable with 3 essays and 3 treatment for each two ingredients pregelatinized starch and cassava flour. It was selected some factors that influence the formulation: selected crust color, crumb and into select of the premixture, energetic and economical evaluation, acceptability index, calorimetry, sensory evaluation. Besides was volume indicators as specific volume, density, conversion indicator, evaporation rate, quality punctuation, volume and losses after cooking. This analysis allowed the selection of a premixture formulation that was characterized in color, calorimetric, energetic content, costs and of preparation.

In order to confirm the bread acceptability it was made breads using these selected formulation, which were tasted and evaluated by celiac consumers and members of the São Paulo section for Brazilian Association of Celiac ACELBRA of the São Paulo. It was also established the organoleptic characteristics of the bread made with a premixture: crust color, symmetry and shape, crust characteristics, color, porousness and texture of the crumb, flavor and taste.

The formulation has the composite, calculated is relation of the weight total: powered milk 4,03%, hydrogenated vegetal fat 11,53%, salt 1,44%, yeast 1,92%, sugar

6,92%, fermented cassava starch 57,69%, lecithin 0,57%, pregelatinized starch (National 80) 2,88% and 12,98% of the cassava flour. The formulation was characterized for color, calorimetry and energetic content. The cost of the material and of mixture for these formulation in 2004 may was of USS\$ 0,97/Kg. The formulation develop consumed of the energy 0.42 kw/h and preparing of the 46 minutes. The bread prepared with premix as elastic crumb, light gumminess, more uniform aoveoli structure with a characteristic flavor and taste of wheat brad. The acceptability this bread by the probaly celiacs consumers was of 86,33%.

The disponibility of the premixture will facility the distribution the bread in the market dispersion of the celiacs.

Keywords: celiacs, pregelatinized starch, premix, fermented cassava starch, energy

1 INTRODUÇÃO

A doença celíaca é uma condição patológica que ocorre em indivíduos predispostos geneticamente. Nestas pessoas, a ingestão de alimentos contendo glúten danifica a superfície da mucosa do intestino delgado, o que leva a incapacidade na absorção de proteína, gordura, carboidratos, vitaminas e sais minerais pelo organismo. Epidemiologicamente a doença celíaca no Brasil não é rara. Segundo a Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA) seção de São Paulo, não existem dados seguros sobre o número de celíacos no Brasil. A ACELBRA estima que existem em torno de 0,03% de brasileiros com a doença, o que corresponde a uma população entre 480.000 à 530.000. Deste total 40% ocorrem na faixa etária de 1 a 10 anos e em 26% dos pacientes na de 11 a 20 anos. Alguns estudos tem demonstrado uma incidência 1:500 pessoas na Europa, chegando a 1:300 na Irlanda. O tratamento da doença celíaca requer exclusão rigorosa do glúten da dieta por toda a vida. Adaptar-se a uma dieta isenta de glúten requer mudanças no estilo de vida. É importante ler os rótulos de todos os alimentos e bulas, que normalmente não são precisos. Além disso, o paciente deve se informar dos ingredientes de todos os produtos que ingerir. Pode ocorrer contaminação com glúten durante o processamento, manuseio e empacotamento, quando os fabricantes não têm o cuidado de separar alimentos isentos de glúten daqueles que o contém, como é o caso dos produtos de panificação.

Apesar das diferenças, todos os produtos de panificação possuem uma base comum que na maioria dos casos é a farinha de trigo.

Vários estudos foram realizados no século XX visando á substituição parcial ou total do trigo. Alguns desses estudos tinham por objetivo a produção de pão isento de glúten destinado aos consumidores portadores de doença celíaca.

A importância da mandioca como fonte energética na alimentação humana é bem estabelecida. A abordagem do uso dos derivados de mandioca em panificação enfoca a farinha de mandioca, farinha de raspa, polvilho doce e azedo. A farinha de raspa é praticamente o único derivado de mandioca que já foi aproveitado para confecção de pães, assim mesmo em misturas com farinha de trigo.

Segundo o Sindicato da Panificação – SINDIPAN, o consumo *per capita* anual pão no Brasil, nos últimos cinco anos, gira em torno dos 28 Kg, embora a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomende um consumo de 60 Kg/capita/ano e a *Food Agricultural Organization* (FAO) 50 Kg/capita/ano. Existem grandes diferenças regionais no consumo de pão, pois no leste e sul pode haver consumo de até 35kg, enquanto em algumas regiões do norte e nordeste só atinge 10kg. Segundo o IBGE (2004) desde meados de 2002 e 2003 o pão francês teve um consumo de 7,1kg/ano na classe mais pobre contra 17,1 kg/ano entre os mais ricos totalizando 24,2 kg/ano aproximadamente.

O pão é alimento básico, mas os celíacos não podem consumi-lo, o que por si recomenda a pesquisa no desenvolvimento de pão para os consumidores intolerantes ao glúten.

Em pesquisa anterior foi desenvolvida uma formulação para pão sem glúten, baseado em derivados de mandioca. Essa formulação exigia uma fase de escaldamento dos ingredientes. O escaldamento consiste na fervura em separado dos ingredientes líquidos que são despejados ainda em ebulição sobre os ingredientes sólidos. Segundo Cereda (1983) consiste em despejar o leite, gordura, água sobre o polvilho azedo para fazer pão de queijo ou biscoito de polvilho (azedo). Isso acarretou, entre outras dificuldades, maior consumo de energia. Outro limitante desta formulação era que não estava adequada à dispersão do mercado, uma característica dos consumidores celíacos aos quais o pão é destinado. Para contornar essas limitações esta pesquisa foi realizada com o objetivo de desenvolver e avaliar uma pré-mistura de pão sem glúten baseada na formulação anterior, reduzindo o gasto energético. O consumidor alvo da presente pesquisa é o celíaco.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos clínicos e epidemiológicos da doença celíaca

Pérez (2003) lembra o histórico da enfermidade celíaca como segue:

“Em 1888, Samuel Gee descreve os aspectos clínicos da enfermidade celíaca em crianças. Durante a década de 1920 relaciona sua etiopatogenia com fatores dietéticos. Na década de 1940 K. Dick a associa ao consumo de pão. Este autor e Vam der Kamer demonstram em 1950 a relação entre a ingestão de trigo, a mal absorção de gorduras e a sintomatologia própria da enfermidade celíaca clássica.

A partir dos nos 50, com a introdução da cápsula de biópsia peroral, foram descritas as mudanças que se produzem na mucosa intestinal de pacientes celíacos.

Em 1970 os primeiros testes sorológicos, foram desenvolvidos permitindo identificar melhor os pacientes suscetíveis de biópsia jejunal e controlar o cumprimento da dieta.

A prevalência da enfermidade celíaca sintomática é muito variável e pode oscilar entre 1:500 e 1:10.000 habitantes, segundo diferentes zonas geográficas. A enfermidade é rara na África subsaariana, na China e Japão e é freqüente na Europa,

América, Índia e a população árabe, encontrando-se uma das prevalências mais altas descritas.

Em muitas zonas geográficas a prevalência é desconhecida.”

Segundo Pérez (2003), a enfermidade celíaca clássica com sintomatologia digestiva representa uma pequena parte do amplo espectro em que se encontra uma pessoa geneticamente predisposta. A enfermidade pode ocorrer na infância e na idade adulta, pode suceder a qualquer idade, pode ser de forma mono ou oligossintomática. Esta última forma apresenta sintomas extragastrintestinais como: osteoporose, dermatite herpetiforme, anemia por deficiência de ferro e ácido fólico, abortos de repetição, epilepsia entre outras. A síndrome pode estar associada a enfermidades como diabetes mellitus tipo I, tireoidite autoimune, síndrome de Sjogren, deficiência de IgA, síndrome de Down e linfoma intestinal, ou manter-se assintomático clinicamente, porém com marcadores sorológicos positivos e mudanças na mucosa intestinal (enfermidade celíaca silente), e ainda encontrar-se assintomático com sorologia negativa e mucosa intestinal normal ou com mudanças mínimas, e posteriormente, ao longo do tempo, desenvolver a enfermidade celíaca sintomática ou silente (enfermidade celíaca latente).

Segundo Pérez (2003) e Arranz (2003), a enfermidade celíaca pode ser classificada em clássica, silente e latente. A clássica aparece na forma de má absorção clínica com diarreia, anorexia, distensão abdominal, acompanhadas de marcadores sorológicos positivos com atrofia severa na biópsia jejunal. O quadro clínico sorológico e mudanças anatômicas se normalizam com a dieta isenta de glúten. Já a forma silente se manifesta em indivíduos assintomáticos, porém apresentam marcadores sorológicos positivos e alteração na mucosa jejunal idêntica a enfermidade clássica. São identificados por meio da seleção de familiares ou população. Com a dieta isenta de glúten, a mucosa jejunal se normaliza. Alguns pacientes apresentam melhoria de seu estado geral ou de seu rendimento escolar, o que demonstra que não se tratava de casos totalmente assintomáticos. Na forma latente, os indivíduos assintomáticos com biópsia jejunal normal (ou exclusivamente com aumento de linfócitos intraepiteliais) algum tempo após o consumo de glúten, geralmente anos, apresentam alterações típicas na mucosa jejunal que revertem com dieta isenta de glúten. Trata-se de familiares de enfermos celíacos que foram estudados e acompanhados em sua evolução. Nas últimas décadas tem ocorrido mudanças no padrão clínico de apresentação da

enfermidade celíaca, com maior protagonismo das formas extradigestivas frente à enfermidade celíaca clássica.

Tabela 1: Prevalência de enfermidade celíaca (EC) não diagnosticada – Estudos populacionais

População de origem	Ano de publicação	Autor	Nº de casos	Intervalos de idade	Prevalência da EC por mil	Prevalência 1/população
Itália	1994	Catassi	3.351	11-15 anos	3,28	1/305
Itália	1996	Catassi	17.201	6-15 anos	4,77	1/210
Hungria	1999	Korponay – Szabo	427	3-6 anos	11,7	1/85
Suécia	2001	Carlsson	690	2-3 anos	13	1/77
Espanha	2002	Cilleruelo	3.378	10-12 anos	3,55	1/281
Portugal	2002	Antunes	536	13-14 anos	7,46	1/134
Israel	2002	Shamir	1.571	população em geral	6	1/157
EUA	2003	Fasano	4.126	população em geral	7,5	1/133

Fonte: Pérez (2003)

Os trabalhos mais significativos sobre a população de escolares e a população em geral, se resumem na Tabela 1 que mostra a prevalência da enfermidade celíaca não diagnosticada a partir de estudos populacionais em diferentes países de 1994 à 2003 (CATASSI, 1994, 1996; KORPONAY – SZABO, 1999; CARLSSON, 2001; CILLERUELO, 2002, ANTUNES, 2002; SHAMIR, 2002; FASANO, 2003 apud PÉREZ , 2003).

De fato, na doença celíaca a enteropatia é desencadeada pela ingestão das prolaminas do glúten do trigo (gliadina), do centeio (secalina), da cevada (hordeína) e da aveia (avenina), em indivíduos geneticamente predispostos à doença. Este processo é reversível com a retirada do glúten da dieta e ocorre recorrência clínica e histológica da mucosa após a reintrodução do mesmo, segundo Walker-Smith et al. (1990 apud ROMALDINI, 2000).

A flutuação da frequência da doença celíaca poderia ser explicada não somente pela variação da susceptibilidade genética da população, mas também pelos diferentes graus de exposição ao glúten ou pela ausência de diagnóstico (ROMALDINI, 2000). O estudo histológico das biópsias jejunais de pacientes celíacos com a doença ativa e daqueles em que foi retirado o glúten da dieta, deixou claro que as alterações da arquitetura vilosidade/cripta, do infiltrado linfocitário da lâmina própria e do epitélio, que caracterizaram

a enteropatia, compreendem uma série de eventos sucessivos e dinamicamente interrelacionados (SDEPANIAN et al. 1999), (KUMAR et al. 2000; SCHUPPAN, 2000 apud ATZINGEN E PINTO E SILVA, 2001).

Paraná e Rio Grande do Sul são estados com associações pioneiras por onde iniciou a história das organizações de celíacos no Brasil. Em São Paulo, com apoio técnico-científico da disciplina de Gastroenterologia Pediátrica da EPM – UNIFESP, os pais dos celíacos fundaram a ACELBRA – SP (Associação dos Celíacos do Brasil - Secção São Paulo) que objetiva orientar os pacientes quanto à doença e dieta sem glúten, por meio de palestras e envio de manual de orientação alimentar, divulgar a doença alertando os médicos e a população em geral, alertar as indústrias de alimentos solicitando o cumprimento da lei (Brasil, 1992) que determina a impressão de advertência “contém glúten” em rótulos e embalagens de todos os alimentos industrializados que o contenham, bem como e, se possível, utilizar e legalizar o símbolo internacional “sem glúten” nas embalagens de produtos permitidos para o consumo pelos celíacos (Figura 1). Se propõe também a cadastrar os pacientes celíacos, crianças e adultos, pois não existem dados oficiais de incidência da doença no Brasil. Segundo Associação dos Celíacos da Argentina, a preparação do pão para celíacos segue uma orientação padrão mesclando-se uma receita das 3 farinhas básicas: farinha de arroz, fécula de mandioca e fécula de milho acrescidas de manteiga, fermento biológico fresco, açúcar, sal, água e leite em pó (ACELA, 1999).



Figura 1: Advertências ao consumidor celíaco
Fonte: ACELBRA – SP

Segundo Francischi (1998), em vários países são encontrados uma série de produtos destinados à celíacos, os quais são designados pelo símbolo de “alimentos isentos de glúten”. Entretanto, o mercado brasileiro é carente de produtos que atendam às necessidades desse público alvo. A importância do controle da alimentação dos celíacos é

reconhecida no Brasil através da lei federal n. 8543 de 23/12/92. Segundo a ACELBRA a maioria das empresas alimentícias por ela consultada relutou em esclarecer se utiliza ou não produtos que contenham glúten em suas formulações, o que dificulta em muito o estabelecimento de uma dieta de restrição ao glúten pelos pacientes. Portanto, existe uma necessidade urgente de maior preocupação por parte das empresas alimentícias no esclarecimento quanto à presença ou não de glúten em suas formulações, uma vez que o prejudicial não é a quantidade, mas a simples presença do mesmo.

Segundo Calvo (2003), o único tratamento para paciente celíacos na atualidade é a exclusão do glúten da dieta, o mais rápido possível, mantendo essa exclusão ao longo de toda a vida. O glúten está presente em todos os alimentos que contém trigo, centeio, cevada e aveia, constituindo 90% das proteínas destes cereais. A dieta livre de cereais é sem dúvida a terapia mais efetiva (BERMEJO & ALLUÉ, 2003).

Segundo Salgado (2003), o processo de industrialização para a elaboração de dietas ou alimentos específicos para certos distúrbios nutricionais vem ao encontro dos anseios de médicos e pesquisadores, bem como de pessoas que fazem uso destes alimentos, pois torna disponível uma gama maior de produtos possíveis de serem ingeridos no dia-a-dia, de fácil preparo, dando a estas pessoas a certeza de uma alimentação segura do ponto de vista de saúde. A dieta isenta de glúten faz desaparecer a diarreia e o intestino recupera a atividade de absorção. Isso não significa, entretanto, que ocorra restabelecimento completo, mas sim uma cura clínica, pois a reincorporação do glúten na dieta reativa a síndrome, já que as alterações próprias da doença persistem por toda a vida.

Segundo o *Codex Alimentarius International*, um alimento é considerado isento de glúten para fins de dieta de celíacos quando o conteúdo deste é menor que 0,05 g por 100 g do conteúdo de nitrogênio ou 0,3% do conteúdo de proteína nos grãos do cereal. Os alimentos de fabricação industrial são considerados isentos de glúten quando tem menos de 200 mg/kg de amido de trigo. Entretanto não existe um sistema convencional de detecção confiável do conteúdo de glúten nos alimentos. Os sistemas atuais comerciais são testes do tipo ELISA e utilizam anticorpos monoclonais ou são policlonais dirigidos contra extratos ou péptides sintéticos de trigo e não tem a mesma especificidade e sensibilidade para detectar prolaminas de centeio, cevada ou aveia. Estes mesmos ELISA às vezes não são comparáveis entre si e, além disso alguns deles apresentam baixa sensibilidade, não

permitindo medir com precisão o conteúdo exato de glúten nos alimentos caso estejam abaixo dos níveis de toxicidade permitidos. O grupo europeu Prolamin está trabalhando no planejamento de um sistema universal que permita determinar com exatidão a quantidade de glúten dos alimentos com nível da toxicidade permitida. Atualmente, se dispõe do primeiro método não imunológico de detecção de glúten por espectrometria de massas, que permite analisar a gliadina até níveis de 0,4 mg de glúten/ 100 g do alimento (CALVO, 2003).

Miranda et al. (1998) confirmaram que a implementação da dieta sem glúten permite diminuir os sintomas gastrintestinais e a perda de macro e micro nutrientes, o que facilita a recuperação clínica e a integridade da mucosa. O paciente celíaco será saudável e desfrutará de um pleno desenvolvimento físico e psíquico se cumprir com rigor sua dieta. Não será doente para sempre, pois um diagnóstico precoce permitirá recuperar, em curto espaço de tempo, os níveis nutricionais que havia perdido e com ele um pleno desenvolvimento. A dieta deve ser a mais normal e variada possível, mas eliminando todos os alimentos que contenham farinhas de trigo, centeio, cevada e aveia. Os alimentos preparados, conservados, embutidos e pré-cozidos que apresentarem glúten como aditivo, deverão ser eliminados da dieta. Por segurança, é preferível preparar as refeições que adquiri-las no comércio. No caso de utilizar alimentos manufaturados é imprescindível ler os rótulos dos alimentos, todos aqueles que contenham estas farinhas, malte, cereais ou amido modificado devem ser evitados. Deve-se ainda consultar a lista de alimentos disponíveis na associação dos celíacos.

No mercado existem produtos especiais para celíacos, que devem cumprir as normas estabelecidas pelo *Codex Alimentarius* para produtos sem glúten incorporando-se o símbolo internacional “sem glúten”. Estes produtos são muito mais caros, tendo sabor e textura diferentes dos produtos habituais (CALVO, 2003).

Ylimaki et al. (1989), realizaram um estudo das dificuldades percebidas junto a pacientes acometidos de doença celíaca e pessoal do serviço de alimentação de vários hospitais de Edmonton (Canadá) para melhor compreender as necessidades das pessoas submetidas a um regime sem glúten. Os pesquisadores examinaram o uso de pão fermentado sem glúten. Ao total 122 (61%) membros da Associação dos Celíacos de Edmonton e 15 (75%) funcionários do serviço de alimentação em meio hospitalar, receberam questionários. O regime sem glúten apresentou vários problemas: escolha inadequada dos alimentos quando se come fora de casa, variedade limitada de produtos sem glúten ofertados

no mercado e tempo destinado ao planejamento e preparo de refeições sem glúten. O pão sem glúten vendido no comércio era o mais utilizado pelos doentes e serviços de alimentação dos hospitais, sendo mais popular que o pão feito a partir de misturas ou de uma receita. Entretanto, duas marcas apenas de pães eram ofertadas no mercado local, para a maioria dos consumidores. Os respondentes dos questionários declararam que os pães sem glúten que eles encontraram eram esfarelados, secos e sem sabor, deixando a desejar. Responderam que para fazer o pão em casa, utilizavam mais frequentemente farinha de arroz, fécula de batata e farinha de milho. O estudo ressalta que o pão sem glúten fermentado, feito em casa, se aproximou mais do pão fermentado de farinha de trigo que os produtos vendidos no mercado, na época.

Acs et al. (1996a,b), verificaram que pão com amido de milho pode ser usado para propósitos dietéticos quando o conteúdo de proteínas e fenilalanina for baixo. Alimento sem glúten é requerido por pacientes que sofrem de doença celíaca, fenilcetonúria e insuficiência renal. Até então, o amido de milho era a única possibilidade, satisfazendo um décimo da proteína e fenilalanina do tradicional pão de trigo comum. No uso do amido de milho, entre os aspectos de produção tecnológica, encontrou-se dificuldade de manuseio devido a falta de proteína e, mais especificamente, a falta de proteína de boa qualidade. Estudos foram conduzidos para investigar os efeitos de aditivos, isto é, agentes de ligação que podem substituir o glúten. Volume e miolo do pão foram avaliados. Os efeitos tecnológicos das gomas xantana, guar, locusta e tragante, foram estimados. Os resultados mostraram que os agentes de ligação podem ser efetivamente utilizados como substitutos para efeitos tecnológicos em sistemas com e sem glúten, resultando um aumento altamente significativo no volume do pão e um miolo mais elástico. O efeito individual dos agentes ligantes é variado. O pão de melhor qualidade foi produzido com goma xantana. Os mesmos autores (ACS et al., 1996a,b) realizaram pesquisa subsequente com amido de milho e aplicação de agentes ligantes, desenvolvendo um pão com volume atrativo e miolo macio para ser usado nas dietas de pessoas que necessitam de alimentos com baixo conteúdo de proteínas e fenilalanina, sem glúten. Estudos foram conduzidos visando estabelecer a melhor tecnologia e características visuais, para determinar a quantidade mínima de aditivos e agentes tecnológicos, entre os quais açúcar, delta-glucono-lactona, NaHCO_3 e margarina. Volume do pão, penetração no miolo e mudanças nas características visuais foram estimados, assim como foi demonstrado o

efeito de cada aditivo. Os resultados mostraram que o açúcar conduziu a um leve aumento no volume e melhoria do miolo, mas influenciou consideravelmente a crosta e o sabor. A delta-glucono-lactona e NaHCO_3 não tiveram efeito significativo no volume e miolo. O pão foi caracterizado por miolo fino, crosta estruturada, bom aroma e sabor.

Ylimaki et al. (1991), em estudo sobre pães fermentados de farinha de arroz, empregaram metodologia de superfície de resposta e avaliação sensorial, com o objetivo de obter um pão com características semelhantes ao pão de trigo. O desenvolvimento de formulações para pães de arroz com qualidade sensorial comparável ao pão de trigo, mostrou ser dependente do tipo de farinha de arroz e dos níveis de CMC (carboximetilcelulose) e HPMC (hidroxipropilmetilcelulose) entre a avaliação sensorial e objetiva dos pães de farinha de arroz. Através da análise sensorial, os pesquisadores observaram que os pães de farinha de arroz apresentaram um forte odor de fermento e aroma de arroz, além de sabor remanescente mais acentuado. Apresentaram textura mais áspera e entre as células do miolo, houve predominância das menores.

Segundo a *Food Agricultural Organization* (FAO), de 1961 a 1981, o consumo de trigo nos países tropicais aumentou em 3,0% ao ano, enquanto o consumo de raízes e tubérculos aumentou cerca de 0,5% ao ano. Paralelo a este aumento de consumo, vem crescendo também a importação de trigo por esses países, onde a produção é bem menor que a procura, pela falta de regiões adequadas ou por não disporem de programas agrícolas voltados para a obtenção de auto-suficiência de produção.

2.2 Pão

Para a elaboração de pães os ingredientes essenciais são, farinha, água, fermento (*Saccharomyces cerevisiae*) e sal (MACHADO, 1996). Outros ingredientes podem ser empregados como enriquecedores na elaboração de pães como gordura, açúcar, ovos e leite. Uma vez reunidos cumprem funções tecnológicas específicas tais como fermentar e favorecer o crescimento da massa, reter água, realçar o sabor, conservar, formar e fortalecer a rede de glúten, aumentar a maciez, desenvolver uma coloração agradável, distribuir a temperatura por toda a massa, reter gás, conferir umidade, ligar, aromatizar, aerar, emulsificar, aumentar o valor nutritivo e ampliar a durabilidade (PHILIPPI, 2003).

2.2.1 Papel dos ingredientes

Uma breve descrição dos principais ingredientes e de suas funções no preparo do pão de trigo são apresentados a seguir:

* Sal

É o ingrediente mais barato. Contribui para conferir o gosto salgado ao pão e aumenta a estabilidade do glúten da farinha. Dentro dos limites ideais, pode melhorar a força da farinha. A velocidade de fermentação também pode ser controlada pelo sal. Uma alta concentração salina diminui a velocidade de fermentação. Além disso, o sal diminui a retenção de água pela farinha em nível de aproximadamente 1% e diminui a adsorção de água em 1% (EL-DASH et al.,1986).

* Gordura

A gordura é um ingrediente extremamente importante. Além do seu efeito melhorador da massa e da qualidade do pão, também aumenta o valor energético do pão. A gordura age como um lubrificante molecular, aumentando a extensibilidade da massa. A gordura pode ser usada em concentrações altas de 6% a 7%, mas a concentração habitual é de 3%. O uso de quantidades excessivas produz massa extremamente extensível que se torna incapaz de resistir à pressão do gás produzido durante a fermentação (EL-DASH et al., (1986).

* Lecitina

A lecitina é uma mistura de fosfolipídeos. Isolada do milho e do óleo de soja, é usada em torno média de 0,3%, calculada em base da farinha. Essa adição proporciona ligeira redução no tempo de mistura e na adsorção de água, fornecendo uma massa com melhores condições de manipulação e maior elasticidade. Assim, o pão apresentará crosta mais macia, granulação mais fina e textura mais uniforme, com melhores características de armazenamento. A manutenção do frescor no armazenamento do pão obtido com 0,3 % de lecitina e 1% de gordura, sendo equivalente à do pão feito sem lecitina, mas com 4% de gordura (EL-DASH et al.,1986).

* Açúcar

É responsável pelo aumento da velocidade da fermentação, aumento da maciez, desenvolvimento de uma coloração agradável da crosta, retenção de umidade no miolo e sabor. Quando utilizado em excesso, o resultado é um pão que esfarela. Pode ser usado em concentrações que variam de 2 a 10% (PHILIPPI, 2003).

* Fermento

A função do fermento é produzir gás carbônico, responsável pelo aumento do volume da massa. A fermentação e o crescimento da massa podem ocorrer como resultado da ação de: (I). fermentos químicos (em pó) combinação do ácido, presente no alimento ou no próprio fermento, com bicarbonato que, em presença de água e sob a ação do calor, produzem gás carbônico. A ação deste tipo de fermento é rápida, daí a necessidade de adicioná-lo somente ao final da preparação. (II). fermentos biológicos (em tablete e sachês) favorecem a produção de gás carbônico pela ação de leveduras. Neste caso há a necessidade de deixar a massa em repouso devido á ação mais lenta do fermento. Pode ser usado em concentrações que variam de 1 a 5% ou mais (PHILIPPI, 2003).

* Água

Favorece a mistura dos ingredientes e permite ainda a formação da rede de glúten, controlando e distribuindo a temperatura da massa. É essencial para a atuação do fermento e responsável pela consistência da massa. Pode ser usado em concentrações que variam de 50 a 60% (PHILIPPI, 2003).

* Farinha de trigo

A escolha apropriada da farinha a ser utilizada é de primordial importância. Como parte de suas proteínas, a gliadina e a glutenina formam uma rede de glúten que retém o gás carbônico liberado na fermentação, o que propicia o crescimento do pão, deixando-o macio. O tipo de grão de trigo utilizado para fazer a farinha determina sua elasticidade e extensibilidade e, portanto, sua aplicação para determinadas preparações. No Brasil a farinha de trigo mole é indicada para elaboração de pães, bolos e biscoitos. A farinha

extraída do trigo duro, com até 16% de proteínas é utilizada no preparo de massas. Pode ser usado em concentrações que variam de 80 a 100% (PHILIPPI, 2003).

É justamente esta farinha de trigo que deverá ser substituída na alimentação dos pacientes celíacos.

2.2.2 Pré-misturas de pães com trigo

Até há poucos anos, era comum nas padarias a pesagem de cada um dos ingredientes para elaboração da massa do pão.

Uma tendência atual no mercado da panificação são os produtos na forma de pré-mistura, principalmente para bolos e tortas, sendo que também se encontram disponíveis para o consumidor direto.

Para pães, a principal produção de pré-misturas ocorre em nível industrial, favorecendo o consumidor indireto (indústria). Existem no mercado pré-misturas de pão sendo utilizadas pelas grandes redes de supermercados e padarias. Encontram-se pré-misturas para pão francês, pão de cachorro quente, hambúrguer, pão de forma, pão de forma integral, de centeio, aveia entre outros. É um processo tecnológico utilizado em panificação para conseguir uniformidade de farinhas aditivadas em condições controladas, visando um produto com melhor relação custo/benefício, melhor processamento, maior vida de prateleira, melhores propriedades organolépticas e instrumentais (volume, textura, aroma, sabor, etc) e, um mercado em expansão, que embora disperso, exige, padronização, qualidade e praticidade. O processo de produção da pré-mistura consiste em reunir em "mix", os elementos sólidos secos como farinha de trigo, sal, emulsificantes, oxidantes e enzimas sendo que o açúcar e a gordura podem ou não ser incluídos, faltando apenas serem adicionados leveduras e água.

Segundo a Suporte Braswey¹ (2004) a pré-mistura produzida para pão francês contém farinha de trigo, sal, emulsificantes (polisorbato 80, estearoil-lactato de cálcio CSL, Datem, etc), oxidantes (ácido dehidroascórbico) e enzimas (alfa amilase, hemicelulase, glucoseoxidase, etc), sendo o açúcar e a gordura opcionais.

¹ Informações pessoais com Engenheiro Luciano - suporte@braswey.com.br

Segundo a Granotec² (2004) uma pré-mistura consta da mistura de farinha de trigo, ingredientes para panificação e melhorador, num único produto. Concebida com conceitos de facilidade no preparo e padronização da qualidade dos pães, elimina o empirismo nas panificadoras, que entre outros transtornos, prejudica o padrão de higiene e onera vertiginosamente as receitas, além de exigir profissionais experientes, mão-de-obra escassa no mercado atual. Praticidade, confiabilidade e melhor relação custo/benefício, estes são sinônimos de uma pré-mistura de alto nível.

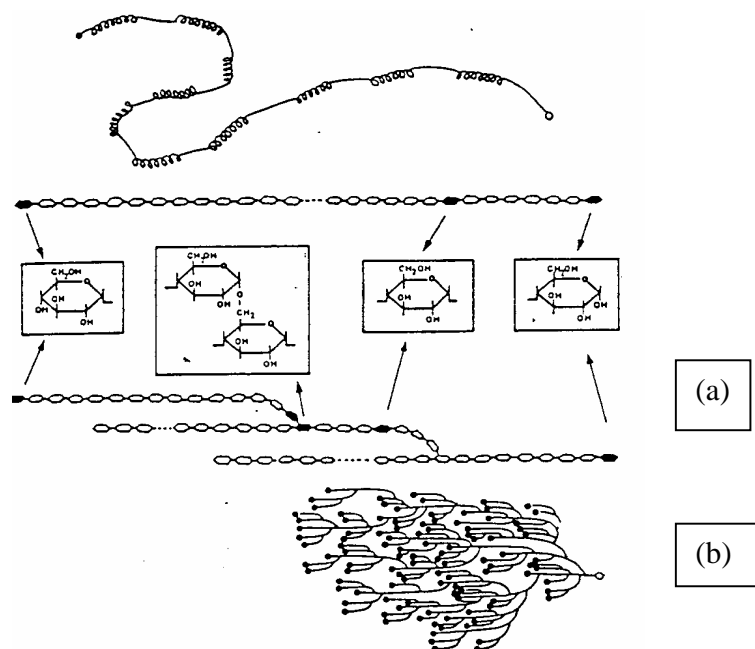
2.3 Amido

O desenvolvimento de pão sem farinha de trigo é um desafio tendo em vista que o glúten, em especial o do trigo, é o responsável pelas características de estrutura, forma e sabor. Como no pão sem farinha de trigo o problema é reter gases, resta conhecer o funcionamento do amido com o fim de substituir o glúten, para verificar seu papel na estruturação de um novo produto à base de amido.

Segundo Linden & Lorient (1996) todos os amidos são constituídos por α -D-glicopiranoose em cadeias lineares com enlaces α (1 \rightarrow 4) na amilose, ou em cadeias ramificadas pelo enlace α (1 \rightarrow 6) sobre cadeias α (1 \rightarrow 4) na amilopectina e material intermediário. A relação entre elas varia com a origem do amido.

A caracterização da amilose (Figura 2a) é de um polímero linear de D-glicose unidas em ligações α (1 \rightarrow 4) não ramificadas, com peso molecular variando de 1000 à 500.000, segundo Lehninger (1993). Extraída do amido por fracionamento e precipitação, é baseada na: (a.) capacidade de adsorção do iodo formando um complexo amilose-iodo ; (b.) hidrólise em maltose pela β -amilase; (c.) viscosidade em KCl ou outro (KOH) que permitem determinar seu peso molecular, segundo Duprat (citado por ASTÉ, 1994). Nas micelas, a cadeia se enrola em hélice (LEHNINGER, 1979).

² Informações pessoais com Engenheiro Álvaro - GRANOTEC - 0xx 41 352 2171



Fonte: Boursier (1994)

Figura 2: Representação dos polímeros de amilose (a) e amilopectina (b)

A amilopectina (Figura 2b) é uma macromolécula fortemente ramificada. As ligações glicosídicas α ($1 \rightarrow 4$) unem sucessivos resíduos de glicose em cadeias de amilopectina, mas as ramificações ocorrem a cada 24 - 30 resíduos e são ligações α ($1 \rightarrow 6$) segundo Lehninger (1993). Soluções coloidais e micelares de amilopectina se colorem em roxo violáceo com o iodo. Seu peso molecular pode chegar a 100 milhões (LEHNINGER, 1979).

O material intermediário é constituído por uma gama de estruturas cuja taxa de ramificação é intermediária entre amilose e amilopectina, segundo a pesquisa de Duprat et al. (1990 apud ASTÉ, 1994).

A organização do grânulo do amido depende da maneira como a amilose e amilopectina são associadas por ligações de hidrogênio inter-moleculares. O rompimento da ligação depende das diferenças de estrutura. Dentro do grânulo existem zonas que por hidrólise ácida formam 3 níveis: (a.) uma fase amorfa rapidamente hidrolisada ; (b.) zonas amorfas mais resistentes hidrolisadas lentamente, e (c.) zonas cristalinas ácido-resistentes. Percentualmente representam 40, 30 e 30% da massa do grânulo. O comportamento do amido é essencialmente determinado por fatores genéticos que presidem à

biossíntese segundo Duprat et al. (1990 apud ASTÉ, 1994).

Quadro 1: Respostas do grânulo de amido em função da temperatura e presença de excesso de água.

Etapas	Faixas de temperatura °C
1. Adsorção	Acima de 20
2. Gomificação	De 50 acima de 60
3. Gelificação	De 80 a acima de 100
4. Retrogradação	De 60 reduzindo a 20

Fonte: Duprat e Mestres (1992 apud ASTÉ, 1994)

A adsorção de água é devida à fixação das moléculas às hidroxilas do amido pelas ligações de hidrogênio, que causa a dilatação da rede macromolecular, segundo Duprat et al. (1990 apud ASTÉ, 1994). Logo que a temperatura se eleva e alcança valores próximos de 60°C, os grãos incham irreversivelmente, as moléculas de amilose de baixo peso molecular difundem para fora do grânulo e a viscosidade aumenta. O sistema se gelifica.

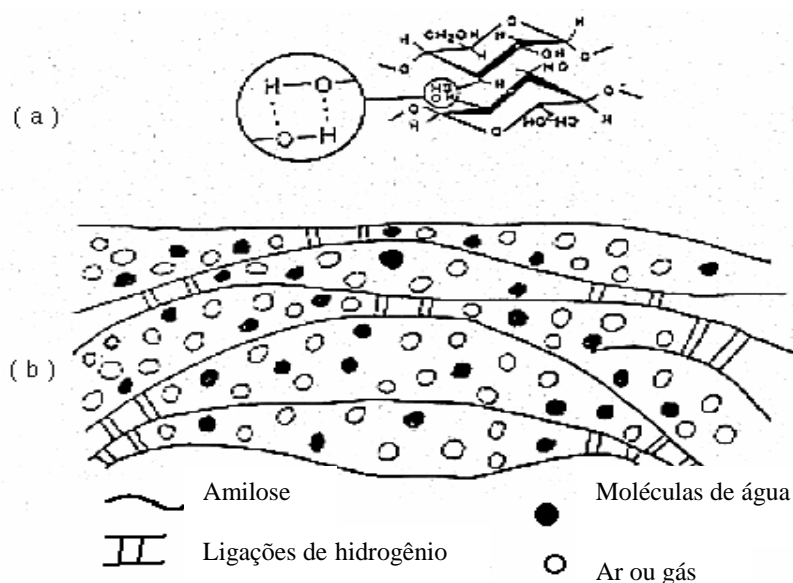
O amido gomificado obtido é uma estrutura heterogênea formada de grânulos de amido inchados e ricos em amilopectina imersos em uma solução macromolecular rica em amilose, segundo Thibaut (1988). As propriedades do gel dependem da sua viscosidade, que por sua vez é função principalmente da concentração em amilose e da rigidez da fase sólida. Quanto menos inchados estão os grânulos do amido, mais rígidos e maior será seu efeito de reforçar o gel.

Foram observados, também, por Duprat et al. (1990 apud ASTÉ, 1994) que à temperaturas inferiores a 60°C, o gel retrograda e as ligações de hidrogênio intermoleculares tornam-se mais numerosas. A retrogradação conduz a uma cristalização parcial das cadeias.

Mestres (1992 apud ASTÉ, 1994) cita que numerosos parâmetros influenciam a cinética de retrogradação do amido: (a) origem botânica e o teor em amilose ; (b) temperatura do gel; (c) presença de lipídios complexos (ácidos graxos, monoglicerídios) que induzem a formação de complexos amilose-lipídios; (d) a tecnologia de preparação dos

géis pois cada tratamento de dispersão do amido induz uma separação de amilose e amilopectina (e) as estruturas diferentes para os géis.

Com base em uma rede tridimensional formada apenas por ligações de hidrogênio, El-Dash (1991) propõe que uma estrutura de amido estabelecida sob condições adequadas pode apresentar propriedades viscoelásticas suficientes para sustentar os gases produzidos durante a fermentação da massa, ou seja, substituir a rede de glúten. As moléculas de amido, formadas por amilose e amilopectina, que possuem um grande número de unidades de glicose, são capazes de se unir através de ligações de hidrogênio intermoleculares. A união de várias moléculas de amilose e amilopectina permitirá a formação de uma rede tridimensional, capaz de reter gases e água, de maneira similar ao glúten, como pode ser visto na Figura 3. Esta estrutura, por ser mantida apenas por ligações de hidrogênio, é mais fraca que o glúten, que possui ainda interações iônicas e pontes dissulfídicas entre as camadas, proporcionando uma estrutura fortemente ligada.

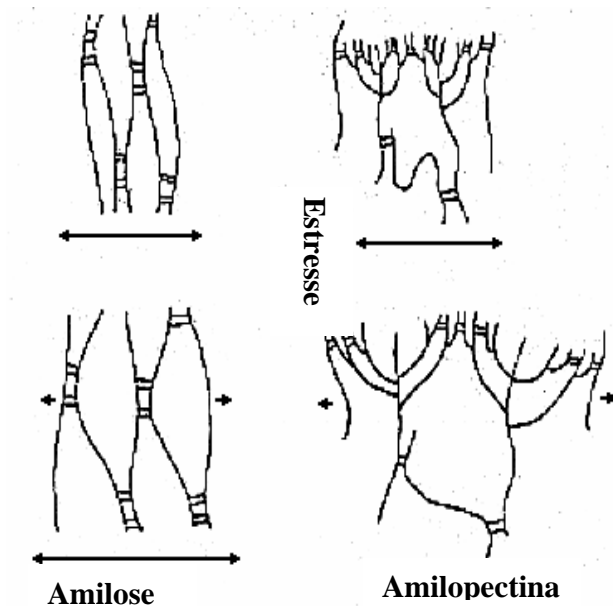


Fonte: El-Dash (1991)

Figura 3: Ligações de hidrogênio intermoleculares das moléculas de amido formando filme capaz de reter gases e água.

Segundo El-Dash (1991), a estrutura tridimensional de polissacarídeos exibe propriedades viscoelásticas, ou seja, expande-se sob força e retorna à forma original quando a força cessa. Evidentemente, como a estrutura é fraca, as ligações de hidrogênio podem se romper e causar a quebra da estrutura. A Figura 4 mostra as ligações possíveis entre

amilose e amilopectina.



Fonte: El-Dash (1991)

Figura 4: Ligações entre amilose e amilopectina para estabelecer a capacidade de se estender e relaxar à forma original.

2.3.1 Amido modificado

Segundo a “National Starch and Chemical Company” (2004), o uso dos amidos modificados é feita por 3 três razões: a primeira, é que proporciona atributos funcionais aos alimentos, o que na forma nativa, não seria possível. A segunda é que o amido é abundante e a terceira, é que o amido pode proporcionar vantagens econômicas em muitas aplicações. Nas modificações são muito utilizados os amidos de milho, batata e mandioca. A gelificação é o colapso ou ruptura de ordem molecular dentro do grânulo do amido manifestada em mudanças irreversíveis em propriedades tais como inchaço granular, fusão cristalina, perda da birrefringência e solubilização. A retrogradação do amido é um processo que ocorre quando as moléculas gelificadas do amido iniciam a reassociação de uma estrutura ordenada.

2.3.2 Pré-Gelificação do Amido

No processo desenvolvido pela “National Starch and Chemical Company” (2004), o processo físico de pré-gelificação do amido consiste em aumentar a viscosidade, desenvolvendo um sistema de grânulos que incham instantaneamente em água fria. Ocorre também ajuste no tamanho da partícula para o controle da dispersão e hidratação. O amido pré-gelificado pode ser usado em numerosas áreas de aplicação: agente de adesão, agente anti-envelhecimento, ligante, empanar, polvilhar, estabilização da emulsão, encapsulação, fluido auxiliar, reforçador de espuma, gel, efeito vitrificante, retenção de umidade, facilitador de modelagem, formatação, estabilização e espessamento.

2.3.3 Polvilho azedo

O polvilho azedo é um amido modificado com propriedade de expansão sem uso de agente levedante. Apenas a fécula de mandioca proporciona polvilho azedo (CEREDA et al., 2001).

Nakamura e Park (1975) estudaram algumas propriedades físico-químicas da fécula fermentada. Encontraram que a fermentação, além de conferir sabor e odor característicos, causa alterações em suas propriedades físico-químicas. A fécula fermentada é mais solúvel, apresenta maior adsorção de água e a pasta é menos viscosa que a fécula doce. Cardenas e Buckle (1980) afirmaram que certas características como sabor, textura e expansão dos produtos panificados não são obtidos quando se usa fécula natural.

2.4 Pães sem farinha de trigo

Hoseney (1984), estudando a capacidade de retenção de gás em massas de pão, argumenta contra os pesquisadores que afirmam poder produzir pães sem glúten. Segundo este autor os produtos obtidos não podem ser considerados pães por apresentarem uma textura e granulidade diferentes do pão de trigo, por que, apenas o glúten pode reter gases. Todos os pesquisadores utilizaram recursos para suprir a deficiência. Estes recursos foram, a goma xantana por Kulp et al. (1974 apud MACHADO 1996), surfactantes

por Jongh (1961 apud MACHADO, 1996) e Jongh et al. (1968 apud MACHADO, 1996), pentosanas por Casier (1967 apud MACHADO, 1996) e Casier et al. (1973 apud MACHADO, 1996) com uma melhora no volume.

A fabricação de massas alimentícias de outras matérias primas, que não a farinha de trigo, tem sido vista mais como uma excentricidade dos povos asiáticos. Não há nas Américas tecnologia equivalente embora os produtos derivados do amido e em especial da mandioca se beneficiem de tecnologia muito variada. Nos países asiáticos, esse processo pode ser tanto artesanal como de alta tecnologia e é uma expressão da cultura, mesmo a Ásia dispondo de trigo para elaborações de suas massas tradicionais. Uma segunda visão que se pode ter da produção de tais produtos é a redução da dependência da farinha de trigo importada de países de clima temperado. É conhecido o fato de que a introdução, algumas vezes forçada, de derivados do trigo na América do Sul, Central, Caribe e África, ter alterado hábitos de consumo, reduzido ou eliminado produtos tradicionais e levado à dependência de importação, já que a maioria destes não é auto-suficiente na produção de trigo. Recentemente, uma outra visão foi enfocada pela pesquisa. São os produtos de panificação de matérias primas alternativas, sem glúten e que poderão ocupar um mercado altamente problemático por ser carente e disperso, o dos celíacos além de outras doenças que levam, à exclusão do glúten da dieta (CEREDA e VILPOUX, 2003).

Existem pesquisas que apontam a crescente preocupação, em nível mundial, com o substituto do trigo visando atender a população hipersensível, entre os quais encontram-se os celíacos. Uma tendência é o desenvolvimento de novos produtos sem glúten (ESCOUTO et al., 1999 a,b; 2000 a,b) e introdução de outros alimentos (ovos e leite) (WINTZ e KUNTZE, 1996; KACZMARSKI e KURZATKOWSKA, 1988; METCALFE, 1984; HOLUB, 1990; KOKKE et al., 1994) “... uma possibilidade é a formação de uma rede de polissacarídeos” (EL-DASH, 1991) e outra é a modificação da estrutura protéica do glúten com enzimas (proteínases) (TANABE et al., 1996).

A produção de pão sem a utilização de trigo direcionou as primeiras pesquisas para uma melhor compreensão sobre a qualidade do pão e o papel do amido em panificação. Algumas pesquisas foram realizadas com o objetivo de se conhecer as propriedades e funções que cada componente do trigo exercia na produção de pães (MACHADO, 1996), já apresentados no item 2.2.1.

As funções do amido em panificação foram definidas por Sandsted (1961 apud MACHADO, 1996) como:

- diluente do glúten na obtenção da consistência desejada da massa;
- fornecedor de açúcares pela ação de enzimas amilases sobre grânulos de amido danificado;
- fornecedor de uma superfície adequada à adesão do glúten;
- propriedade de tornar-se flexível durante a gelificação parcial, formando um filme macio;
- adsorver água do glúten para a sua gelificação, formando um filme rígido o suficiente para limitar a expansão e fornecer uma estrutura, o pão que o impede de colapsar após o forneamento.

Em um estudo sobre a substituição das proteínas do trigo por formadores de gel, Jongh (1961 apud MACHADO, 1996) concluiu que o miolo do pão deve sua coesividade ao amido parcialmente gelificado, sendo que as diferenças de estruturas do miolo estão relacionadas ao grau de gelificação do amido. O glúten teria como função a retenção do dióxido de carbono durante a fermentação e a retenção temporária da água necessária para gelificar o amido. Segundo o pesquisador não há substitutos para o amido devido a função deste durante e após o processo de panificação, sendo que as massas sem glúten poderiam reter gases se outro gel o substitui, recomendando o uso de goma locuste e alginato de sódio.

Uma melhora na retenção de gases e na estrutura do pão de amido foi obtida por Jongh (1961 apud MACHADO, 1996), com adições de monoestearato de glicerol (GMS). Partiu-se da suposição que uma massa elaborada com amido e água representa uma suspensão concentrada estável, onde as forças repulsivas entre os grânulos tornam a suspensão dilatante, não oferecendo condições adequadas à retenção dos gases incorporados durante a mistura ou formados durante a fermentação. A adição de monoestearato de glicerol (GMS) à massa levaria à atração entre os grânulos de amido, diminuindo assim a expansão e tornando a massa mais plástica, capaz de reter os gases durante a fermentação. O pão produzido com adição de 1% de GMS apresentou-se com maior volume e melhor estrutura interna após o assamento, se comparado ao controle.

A compreensão do papel do amido na qualidade de pão proporcionou um melhor direcionamento nas pesquisas sobre a possibilidade de produção de pão sem glúten, como destinado aos celíacos.

Em estudo altamente abrangente, Kim e De Ruyter (1968, 1969 apud MACHADO, 1996) utilizando apenas as farinhas de tubérculos e oleaginosas, enfrentaram dificuldades como, a obtenção de uma massa coesa o suficiente para permitir expansão durante o processo do forneamento e a obtenção de um pão com miolo semelhante ao pão de trigo. Com o objetivo de atingir a coesividade desejada, substâncias formadoras de gel, ou surfactantes como monoestearato de glicerol (GMS) ou polioxietileno estearato (POES) foram utilizados. Uma combinação de farinha de mandioca, como fonte de amido e farinha de soja desengordurada como fonte de proteína, foi utilizada na expectativa de obtenção de um miolo semelhante ao pão de trigo. A soja foi escolhida por possuir proteínas de alto valor nutricional e também por fornecer bons resultados tecnológicos em experimentos preliminares, enquanto que a mandioca por ser uma raiz comum em áreas tropicais. Neste processo a água empregada para obtenção de pão com bom volume, foi o dobro do requerido para massas de farinha de trigo. Como consequência o miolo apresentou-se pegajoso e úmido. A substituição da farinha de mandioca por amido de mandioca, que dá origem a um gel de propriedades mais coesivas, reduziu a quantidade de água, melhorando a consistência da massa. Este efeito foi acompanhado por um considerável aumento de volume. Os melhores resultados foram obtidos com uma mistura de 80 partes de fécula de mandioca e 20 partes de farinha de soja desengordurada. A formulação e as condições usadas na fabricação do pão de amido de mandioca e farinha de soja desengordurada, encontra-se no Quadro 2. Segundo os pesquisadores a obtenção de pães de boa qualidade, com o emprego da formulação apresentada, é conseguida devido:

- adição de um grande volume de água na preparação da mistura para a obtenção de uma pasta semi-líquida;
- adição de monoestearato de glicerol (GMS) na forma de emulsão;
- nova mistura, após um curto tempo de fermentação;

Quadro 2: Formulação do pão de fécula de mandioca e farinha de soja com peso e percentagem calculados em base da fécula de mandioca

FORMULAÇÃO	PESO (kg)	%
Fécula de mandioca	80,0	100,0
Farinha de soja	20,0	25,0
Levedura prensada	2,0	2,5
Sal	2,0	2,5
Açúcar (sacarose)	4,0	5,0
Monoestearato de glicerol (emulsão 10%)	13,5	16,87
Estearoil-lactil-lactato de cálcio	0,15	0,18
Água	60,0 – 80,0 (a)	75,0 – 100,0

a) depende da adsorção de água para consistência adequada da massa

Fonte: Kim e De Ruiter (1969 apud MACHADO, 1996)

Ainda segundo Kim e De Ruiter (1968, 1969 apud MACHADO, 1996), esses ingredientes combinados contribuem para a incorporação de ar pela massa durante a mistura, facilitando seu crescimento com uma menor pressão dos gases formados na fermentação. O pão apresentava-se ligeiramente encharcado e borrachento após o cozimento, mas após duas horas tornava-se farelento. Na tentativa de alcançar melhores resultados, os pesquisadores realizaram várias alterações, substituindo um terço da fécula de mandioca por amido de milho. O resultado foi um pão com melhores características de palatabilidade e miolo menos borrachento durante o primeiro dia de fabricação, tornando-se após este período rapidamente seco e farelento. A substituição completa da fécula de mandioca por amido de milho, trigo ou batata resultou pães com piores características, sendo que os mesmos se apresentavam farelentos logo após o cozimento (KIM e DE RUITER, 1968, 1969 apud MACHADO, 1996).

Quadro 3: Procedimento utilizado na fabricação do pão de fécula de mandioca e farinha de soja

PROCEDIMENTO	QUANTIDADES
Tempo de mistura	10 min
Tempo de fermentação	40 min
Tempo de nova mistura	5 – 10 min (a)
Divisão da massa	0 min
Fermentação final	Variável (b)
Tempo de cozimento	30 min
Temperatura do forno	230°C

Depende: a) do tamanho do misturador; b) da velocidade de produção de gás da massa.

Fonte: Kim e De Ruiter (1969 apud MACHADO, 1996)

A qualidade do pão de fécula de mandioca e farinha de soja dependem da adsorção de água da farinha, do tamanho do misturador e da velocidade de produção de gás da massa. Uma melhora na coesividade do miolo foi obtida com a substituição do GMS por hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) a 1% e aumento da quantidade de água usada na formulação (KIM E DE RUITER, 1968, 1969 apud MACHADO, 1996).

A diferença no comportamento relativo desses aditivos pode ser atribuída às diferentes características de gelificação do amido. No caso de fécula de mandioca, a gelificação precisa ser retardada para evitar um produto final excessivamente borrachento. A adição de monoestearato de glicerol (GMS) e estearoil-lactato de cálcio (CSL) controlam a gelificação. No caso das massas formuladas com os amidos de milho, trigo ou batata, a gelificação necessita ser promovida, o que pode ser conseguido adicionando-se mais água e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC). Entretanto, segundo os pesquisadores Kim e Ruiter (1968, 1969 apud MACHADO, 1996), o domínio do processo ainda não havia sido atingido àquela época.

Hart et al. (1970 apud MACHADO, 1996) estudaram as possíveis melhoras que alguns aditivos poderiam introduzir à pães de sorgo e cevada. Entre várias gomas analisadas foi verificado que a metil-celulose 4.000 cps aumentou a retenção de gases no pão de sorgo e melhorou a textura de ambos. Segundo os autores, os amidos de mandioca, batata, araruta e milho encontrados facilmente nas regiões produtoras de sorgo, podem ser utilizados nas formulações por proporcionarem melhor textura e volume à massa, além de agilizar o processo de fermentação.

Outras pesquisas foram realizadas utilizando-se diferentes aditivos, sempre na tentativa de se obter um produto o mais semelhante possível ao pão de farinha de trigo (Machado, 1996). Um desses, foi a goma Xantana, um heteropolissacarídeo resultante da fermentação de glicose pela *Xanthomonas campestris* com peso molecular na ordem de milhões de *daltons*, que foi desenvolvida pelo *Noethern Regional Research Laboratory* (NRRL) (ROCKS 1971 apud MACHADO, 1996). Segundo Kulp et al. (1974 apud MACHADO, 1996) e Christianson et al. (1976) a goma xantana foi o aditivo que produziu melhor efeito para a qualidade do pão.

Kulp et al. (1974 apud MACHADO, 1996), compararam amido de trigo pré-gelificado, carboxi-metil-celulose (CMC) e goma xantana separadamente e em combinação com agentes surfactantes (GMS, mono e di-glicerídios, estearoil-lactatos) como agentes ligantes com o amido de trigo para a produção de pão sem glúten. O procedimento adotado foi o mesmo utilizado por Kim e De Ruitter (1968 apud MACHADO, 1996). Os três sistemas amido/substitutos do glúten produziram pães estruturalmente aceitáveis quando os emulsificantes não foram utilizados. O pão com goma xantana, em termos de propriedades gerais, volume e *flavor* se apresentou superior aos elaborados com carboxi-metil-celulose (CMC) ou amido pré-gelificado. Neste estudo, a adição de surfactantes não contribuiu para melhorar a formação da estrutura do pão sem glúten, quando empregado em combinação com as gomas. Estes resultados contrariam a pesquisa de Jongh (1961 apud MACHADO, 1996) que concluiu serem os surfactantes funcionais importantes para a produção de pães à base de amido. Apesar de não ter usado substâncias formadoras de gel, conseguiram obter uma massa coesa o suficiente para reter gases.

Christianson (1976) trabalhando com pães de amido de vários cereais combinados com diferentes proporções de goma xantana, sugeriu a necessidade do amido livre na forma granular estar presente nas formulações para reter gases durante o crescimento da massa, pois este amido gelificado se combina com a goma xantana, formando um complexo tridimensional capaz de reter gases. Segundo o pesquisador esta é a explicação para o fato de nenhum grânulo de amido poder ser visto, microscopicamente, no miolo do pão de amido/goma xantana, como ocorre com os numerosos grânulos distorcidos observados no miolo do pão de farinha de trigo. De acordo com o pesquisador, a retenção de gases por massas, como as pesquisadas por Hart et al. (1970), depende grandemente da presença de

grânulos de amido livres.

Segundo De Ruiter (1978), entre todas as formulações estudadas na elaboração de pão sem glúten, o produto final que mais se assemelhou ao convencional foi o obtido a partir de amido/goma xantana em que a substituição dos amidos puros de mandioca, milho, sorgo ou milheto por suas respectivas farinhas proporcionaram, pela adição de fibras, uma melhora no volume da massa, na coesividade do miolo e na estrutura do pão. Estas propriedades, porém ainda poderiam ser melhoradas através do pré-processamento destas farinhas, como maceração, cozimento e possivelmente fermentação.

Eggleston et al. (1992) em estudo sobre a elaboração de pães alternativos de farinha de mandioca fortificada com farinha de soja, empregaram clara de ovo, margarina e goma xantana como aditivos. Todos os aditivos empregados aumentaram a quantidade de ar retida pela massa no estágio de mistura e a quantidade de gás retido com 60 minutos de fermentação. Entretanto, segundo os pesquisadores, o volume final do pão dependia também da estabilidade da massa, o que foi obtido com a utilização da clara de ovo e margarina, que agem como estabilizantes, reduzindo a taxa de gelificação e solubilidade do amido no pão. Estes pães além de terem sido bem aceitos pelos consumidores da Nigéria, apresentaram boas características de armazenamento.

Toufeili et al. (1994) utilizaram a metodologia de superfície de resposta para analisar os efeitos dos aditivos metil-celulose, albumina de ovo e goma arábica nas propriedades sensoriais de pão sem glúten com fórmulas baseadas em farinha de milho e arroz pré-gelificados e farinha de milho.

Gambús et al. (2001) avaliaram a qualidade do pão sem glúten à base de amido de milho, batata e farinha de milho. Utilizaram e compararam pectina como padrão, goma guar e a mistura de ambas na relação 1:1. Foi utilizada cromatografia de exclusão de tamanho das frações de carboidrato presente em extratos de miolo. O ensaio mostrou diferenças entre estes hidrocolóides e o amido de milho.

Muitos alimentos de cereais, incluindo pães, bolos e biscoitos, tem uma estrutura porosa, razão pela qual podem ser descritos como um sólido celular (ASHBY, 1983 ; GIBSON e ASHBY, 1988 apud KEETELS et al. 1996a). Os pesquisadores fizeram uma distinção entre sólidos celulares com células abertas (igual a esponja) e células fechadas (igual a espuma). Em sólidos celulares com células abertas, o material sólido é distribuído em

colunas porque forma a borda das células. Em materiais com células fechadas, o material sólido é distribuído em lâminas porque forma a face das células. A mais importante característica da estrutura foi a densidade relativa, isto é, a relação da densidade da espuma/esponja total da densidade do material que fez a lâmina e as colunas.

Keetels et al. (1996a) estudando a estrutura dos pães de amido de batata e trigo em nível molecular (recristalização da amilopectina) e macroscópico (estrutura em esponja) concluíram que as propriedades mecânicas dos pães de amido são determinados pelas propriedades mecânicas da condensação de lâminas e colunas consistindo em formação irregular, grânulos de amido parcialmente inchados bem como a distribuição da espessura das lâminas e das colunas. A estrutura da lâmina e da coluna foram similares de géis concentrados de amido.

Keetels et al. (1996b) pesquisando a relação da estrutura em esponja do pão de amido (trigo e batata) e suas propriedades mecânicas utilizaram-se de uma teoria aplicada a sólidos celulares. A mesma descreve a relação entre as propriedades mecânicas e a geometria celular (estresse crítico e novos modelos). Concluíram que a grande variação nos tamanhos e espessuras das paredes celulares afetam o comportamento de fratura das colunas, em particular do pão de amido de batata, que sofreu grandes deformações em suas propriedades.

De acordo com El-Dash (1991) os agentes oxidantes e redutores normalmente empregados em panificação para fortalecer a estrutura do glúten não desempenham a mesma função nas redes de polissacarídeos, porém a rede provavelmente poderá ser fortalecida através do aumento das ligações de hidrogênio. Este fortalecimento pode reduzir a capacidade de absorção de água e gases. Entretanto, um balanço entre a força da estrutura e sua capacidade de adsorção de água deverá ser realizada para cada produto panificável. Serão possíveis várias aplicações técnicas da rede tridimensional de amido. Entretanto, as condições ótimas para a formação da rede devem ser estabelecidas para permitir o desenvolvimento de uma estrutura viscoelástica forte, com propriedades funcionais adequadas. O fortalecimento da viscoelasticidade da rede, que permite a extensão com o acúmulo de gases produzidos durante a fermentação da massa, seria conseguido através da prévia gelificação dos grânulos de amido, que permite a liberação e o desdobramento das moléculas de amilose e amilopectina.

López et al. (2000) desenvolveram um sucedâneo para o pão de forma isento de glúten, que era adequado para consumo por portadores de doença celíaca. Para obter um produto similar ao fabricado a partir de farinha de trigo do ponto de vista sensorial e econômico, avaliaram diversas combinações de farinha de arroz com amido de milho e mandioca. Foi definida uma formulação padrão com 45 % de farinha de arroz, 35 % de amido de milho e 20 de % de fécula de mandioca. A partir desta formulação e procurando-se otimizar as características organolépticas e reológicas, foram avaliadas 27 formulações com os seguintes aditivos nas respectivas proporções: carboxi-metil-celulose (CMC) 0,0, 0,5 e 2,0 %; monoestearato de glicerol (GMS) 0,0, 1,0 e 2,0 % e goma xantana 0, 0,5 e 2,0 %. As características físicas e sensoriais destes pães foram determinadas e a análise de variância multidimensional demonstrou que onze destas formulações mostraram-se adequadas. A formulação com 2% de goma xantana e 1% de GMS, respectivamente foi selecionada como ideal, baseando-se no teor de umidade do pão e nas características do miolo. A composição centesimal desta formulação foi semelhante à de um pão de forma comum, tendo uma aceitabilidade de 59% em termos de sabor no teste de avaliação sensorial. Segundo os autores, o custo de fabricação do produto desenvolvido mostrou-se viável. A formulação com 45% farinha de arroz, 35% de amido de milho, 20% de fécula de mandioca, 2% de goma xantana e 1% de GMS foi a mais adequada para elaboração de um pão tipo forma isento de glúten, que possa ser consumido pelos celíacos.

Sanches et al. (2001) avaliaram as proporções de amido de milho, fécula de mandioca e farinha de arroz visando otimizar a produção de pão sem glúten (com 0,0% e 0,5% de farinha de soja). Foram medidos o volume específico e a alveolação do miolo do pão. Um delineamento composto central foi utilizado envolvendo amido de milho e fécula de mandioca (X_1), farinha de arroz e fécula de mandioca (X_2), em outros dois modelos ordenados de segunda ordem para Y_i e Y_i foram empregados para gerar superfícies de resposta. A escala máxima de superfície de resposta para a alveolação do miolo indicou que o pão sem glúten ótimo podia ser preparado com 74,2% de amido de milho, 17,2% de farinha de arroz e 8,6% de fécula de mandioca. A adição de farinha de soja ao nível de 0,5% também melhorou a textura do pão.

2.4.1 Uso do polvilho azedo em panificação

Apesar de haver muitos produtos disponíveis, poucos substituem os cereais que contêm glúten na elaboração de pão. O polvilho azedo tem sido estudado e no que se refere ao processo, descobriu-se a importância da fermentação láctica e da secagem sob radiação ultravioleta, porém ainda existem hipóteses sobre se essas reações influenciam o mecanismo da expansão. Esse produto mostra um potencial industrial atraente, principalmente para países em desenvolvimento e importadores de trigo. A peculiaridade do polvilho azedo, pelo seu poder de expansão e por ser livre de glúten, torna-o interessante como produto para panificação na confecção de biscoitos, pães-de-queijo, bolachas, e apresenta-se como alternativa para os celíacos, pessoas intolerantes ao glúten (NUNES, 1999).

O polvilho azedo é obtido a partir da fermentação natural da fécula de mandioca, seguida de secagem ao sol. Sabe-se através de pesquisas realizadas por Cereda & Nunes (2000) que a radiação solar é imprescindível para se obter a expansão do produto, sua principal característica. O polvilho apresenta propriedades de expansão sem fermento químico ou biológico. Essa propriedade não se desenvolve com amido de cereais, tratado de forma semelhante e é mais intenso em fécula de mandioca que em féculas de outras matérias-primas.

A hipótese de El-Dash (1991) explica a possível rede polissacarídica formada por amilose e amilopectina que deveria reter gases como qualquer amido, entretanto, não explica porque só o polvilho azedo consegue expansão no forno sem uso de agentes levedantes.

Mestres et al. (1996) avaliaram polvilho azedo na fabricação de produtos do tipo pão de queijo. Segundo o autor, o polvilho azedo, um produto tradicionalmente fermentado e seco ao sol na América Latina, é usado para preparar produtos de expansão típica semelhante ao pão.

Shen et al. (1998) pesquisaram o desempenho do polvilho azedo em panificação e obtiveram pães com boa viscoelasticidade, contendo um elevado conteúdo de ácido láctico e de qualidade semelhante ao pão de trigo. Os pães feitos com 80% de polvilho azedo e 20% de farinha de soja foram mais nutritivos e baratos do que com farinha de trigo comum.

Segundo Camargo et al. (1988) o amido de mandioca fermentado

confere expansão aos biscoitos, avaliada em volume específico, de $10,75 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$. Os biscoitos apresentaram uma crosta fina e crocante. Durante o forneamento, a umidade passou de 38% à 6,3%. O amido tornou-se completamente amorfo, mas os grãos não foram destruídos. O grânulo se desidratou na superfície, e, gelificando no interior, dilatou e se expandiu.

Escouto et al. (1999a, b) pesquisando o uso do polvilho azedo na produção de pão sem glúten através de processos baseados na elaboração de pão de queijo, realizaram quatro ensaios com escaldamento para avaliar seus efeitos nas alterações da quantidade de água que dissolve o fermento, o tipo de fibra, a quantidade de fermento e a utilização de misturador e cilindro. Os resultados mostraram nos dois primeiros ensaios um miolo sem alveolação devido à presença de gomosidade sendo a aparência interna de pão-de-queijo e externa de pão francês. O miolo evoluiu para alveolação sem uniformidade e pouca gomosidade com aparência interna de pão integral e externa de pão francês. No último ensaio o miolo mostrou abundante alveolação porém sem uniformidade com gomosidade resultando em aparência interna de pão-de-queijo mais alveolado e externa de rabanada.

Escouto et al. (2000a) pesquisando a melhoria de uma formulação de pão sem glúten com polvilho azedo como agente levedante, usaram vários produtos e processos e obtiveram uma formulação básica, composta de: polvilho azedo 63%, sal 1%, açúcar 1%, óleo 13%, farinha de mandioca 16%, leite em pó 4%, lecitina de soja 1% e fermento biológico 1%. A água foi utilizada até atingir a consistência ideal visando melhorar a manipulação da massa. Outros ingredientes foram testados: amido pré-gelificado, fibra de trigo sem glúten, teor de fermento biológico fresco e gordura vegetal hidrogenada. O amido pré-gelificado não comercial utilizado no ensaio teve o objetivo de eliminar o escaldamento. Todos os ensaios foram feitos pelo método direto avaliando o uso de misturador ou cilindro. O cilindro apresentou melhor resposta na massa e facilitou o processo. O melhor pão foi feito com a formulação: polvilho azedo 48%, açúcar 6%, leite em pó 3%, sal 1%, fermento biológico fresco 5%, lecitina de soja 1%, gordura vegetal hidrogenada 10% e farinha de mandioca 26%. E esta formulação segundo Escouto et al. (2000b) pela introdução de clara de ovo desidratada trouxe alterações na percentagem dos ingredientes da formulação ficando o melhor pão com os seguintes componentes: polvilho azedo 42%, açúcar 5%, leite em pó 3%, sal 1%, fermento biológico fresco 4%, clara de ovo desidratada 12%, gordura vegetal hidrogenada 9% e farinha de mandioca 24%, os pães apresentaram miolo compacto e elástico,

leve gomosidade, alvéolos sem uniformidade e uma rede estruturada, aroma e sabor de pão. Os autores afirmaram que o produto requererá melhorias na maciez da textura do miolo, melhor alveolação, crosta menos endurecida e um volume menor de massa, além de um formato para pão-de-forma mostrando a dificuldade do uso dessa formulação sem a forma de pré-mistura.

Atzingen et al. (2001) desenvolveram um pão tipo francês para celíacos utilizando inhame cozido, polvilho azedo e farinha de mandioca crua. O produto obtido foi avaliado através de impressão da fatia de pão para observação de número de alvéolos, volume do pão e coloração, medida instrumental com texturômetro (TAXT2i), e análise sensorial. A impressão à tinta do produto final foi considerada adequada frente ao padrão estabelecido (pão francês caseiro tradicional). Entre os celíacos a aceitação do produto para os diferentes quesitos avaliados entre as notas 6 e 9 na escala hedônica foi de 75% para aparência e cor, 100% para sabor e aroma e 50% para textura.

Visando facilitar a adesão ao tratamento para o restabelecimento da saúde dos celíacos pela dieta, a presente pesquisa propõe o desenvolvimento de pão, na forma de pré-mistura, para os consumidores intolerantes ao glúten.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental da pesquisa foi realizada no CERAT/UNESP na Fazenda Experimental Lageado, em Botucatu, SP.

3.1 Material

Os materiais utilizados foram, leite em pó integral, gordura vegetal hidrogenada, sal iodado, fermento biológico seco, açúcar refinado, polvilho azedo e farinha de mandioca moída crua, lecitina de soja, amido pré-gelificado e água tratada da rede pública.

Segundo a “National Starch and Chemical Company” (2004) o amido pré-gelificado National 80 (N 80) é uma fécula de mandioca pré-gelificada, modificada e estabilizada. Tem boa tolerância à acidez e calor, o que o torna apropriado para aplicações em produtos ácidos ou que necessitem ser cozidos ou assados. Suas propriedades físicas como cor deve ser branca a levemente amarelada, forma de pó fino, umidade aproximadamente 8% e pH aproximadamente 6. Este amido entumece e espessa instantaneamente assim que é adicionado à água, leite ou sucos, conferindo ao produto uma textura lisa e curta quando completamente hidratado. A viscosidade tende a um leve aumento quando aquecido. Tem uma boa estabilidade para estocagem à frio e é utilizado em produtos refrigerados ou congelados.

Os amidos pré-gelificados avaliados foram das marcas da *National*

Starch and Chemical Company (2004): National 80 (N80), Instant Purê-Flo F e Novelose 260. A farinha de mandioca foi moída em moinho com peneira de 0,020 mm de abertura.

3.2 Equipamentos e outros materiais

Os equipamentos utilizados foram, balança analítica, batedeira semi-industrial Arno Planetária 5 velocidades BPA 110v, estufa/incubadora D.0.B modelo Marconi 415 110v, moinho Marconi modelo MA 340 e forno combinado Ciclone Metalúrgica Venâncio 220v.

Para assar os pães foram usadas formas metálicas tamanho 16x6,5x4,5 cm. Foram também usadas vidrarias comuns a laboratório.

3.3 Elaboração da pré-mistura

Todos os ingredientes secos foram misturados na seguinte seqüência: polvilho azedo, amido pré-gelificado, fermento biológico seco, açúcar, leite em pó, farinha de mandioca, sal. A gordura vegetal hidrogenada e a lecitina foram aquecidas em fogo baixo para em seguida serem acrescentadas aos demais ingredientes na batedeira, onde foram misturados por 5 minutos em 2^a velocidade, até obter aparência homogênea. O processo de elaboração da pré-mistura foi desenvolvido por método convencional proposto pela Granotec (2001).

Quadro 4: Formulação básica para pré-mistura sem glúten com peso (g) e % calculados sobre o peso total da formulação.

Ingredientes	Peso(g)
Polvilho azedo	150
Amido pré-gelificado (<i>N 80, Instant Purê-Flo F e Novelose 260</i>)	7,5, 15,0 e 22,5
Leite em pó	10,5
Gordura vegetal hidrogenada	30
Sal	3,75
Lecitina	1,5
Fermento biológico seco	5
Açúcar refinado	18
Farinha de mandioca crua	33,75
Peso total	260g

Após a seleção do melhor pré-gel e da melhor quantidade deste pré-gel para eliminar o processo de escaldamento, a formulação que consta do Quadro 4 foi ajustada para a melhor quantidade de farinha de mandioca crua.

Esta mistura seca foi acondicionada em sacos multifolhados (polietileno + aluminite) adequados para produtos desidratados por impedir a entrada de ar.

3.4 Preparo do pão

O preparo do pão à partir da pré-mistura foi feito pela adição de água até a massa iniciar a agregação, formando uma bola. A partir deste momento, deixou-se a massa bater por 1 minuto. Ainda na batedeira, a massa fermentou por 5 minutos. Em seguida, em 3^a velocidade, bateu-se a massa por mais 5 minutos para favorecer a coesão, a maciez e a estruturação na forma de bola. Abriu-se a massa no rolo, e depois sobre a mesa, os pães foram moldados para de pão de forma e colocados em formas metálicas untadas com margarina. Por último a massa foi coberta com plástico para evitar ressecamento da superfície. Após crescer

por 1 hora à 30°C, os pães foram forneados com vapor por 8 segundos em forno a 220°C por 30 minutos. Após o forneamento, os pães foram deixados esfriar por 2 horas antes da avaliação.

3.5 Avaliação dos pães preparados com a pré-mistura

Foram adotados os seguintes indicadores para avaliação dos pães: peso cru, peso assado, volume, volume específico, densidade, indicador de conversão, taxa de evaporação, pontuação de qualidade para volume, composição centesimal, calorimetria e cor. Indicadores de análise visual foram considerados: elasticidade do miolo, gomosidade, uniformidade e estrutura celular da rede.

A qualidade do pão foi avaliada a partir de suas características externas (volume, cor da crosta, forma e simetria) e internas (características da crosta, cor do miolo, porosidade e textura do miolo), aroma e sabor, segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002) (Quadro 5). A avaliação foi realizada por um grupo restrito de 10 pessoas sem treinamento específico, celíacas, sócias da Associação dos Celíacos do Brasil, seção São Paulo - ACELBRA/SP. Foi realizada uma reunião para explicar o processo de participação na pesquisa, o procedimento de preenchimento das fichas, e a definição da idade que ficou entre 15 e 65 anos.

3.6 Avaliação sensorial e índice de aceitabilidade

As características sensoriais foram avaliadas 24 horas após o forneamento dos pães e as instrumentais 2 horas após. Para avaliar sensorialmente o pão, foi realizado teste de amostra única no Ginásio de Esportes da UNIFESP, São Paulo, num domingo das 13:00 às 18:00 horas. Solicitou-se aos provadores celíacos que preenchessem ficha de avaliação com escala de adjetivos correspondentes a cada atributo do pão de fôrma (de 0-1, 2-3, 4-5, 6-7, 8-9 e 10-11) segundo Ferreira et al. (2003). Participaram 10 provadores celíacos que avaliaram o produto a partir de 8 características sensoriais obtendo-se um total de 80 respostas.

Para a avaliação das características sensoriais, adotou-se os adjetivos correspondentes a cada atributo do pão de forma, de acordo com Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002) apresentada no Quadro 5. Esses critérios de avaliação foram estabelecidos para pão de trigo, mas foram utilizados para o pão sem glúten analisado por falta de outras referências específicas. Este instrumento foi construído levando-se em consideração os atributos sensoriais do produto, bem como as características relevantes observadas pelos provadores. Para quantificar cada atributo sensorial foi utilizada escala estruturada de 0 a 11, com descrição a cada dois pontos.

Para determinar o índice de aceitabilidade, solicitou-se aos celíacos o preenchimento de ficha de avaliação com escala hedônica (1 - 9) contendo 2 questões sobre "gostou" ou "desgostou" e com que frequência compraria. Obteve-se um total de 43 respostas. Posteriormente, calculou-se o índice de aceitabilidade do produto e fez-se a análise estatística univariada dos dados coletados segundo Teixeira et al. (1987). As respostas foram dadas pelo público celíaco selecionado e a análise dos dados foi feita pelo pesquisador.

Quadro 5: Planilha de avaliação das características sensoriais do pão

Escores	11 - 10	9 - 8	7 - 6	5 - 4	3 - 2	1 - 0
Cor da crosta	Dourada, natural, uniforme	Natural, levemente tostada	Ligeiramente alterada (clara ou escura) desuniforme	Alterada, muito amarela, manchas escuras, não agradável	Muito escura ou muito pálida	Coloração típica ausente, inaceitável
Forma e simetria	Simétrica	Simétrica, levemente modificada	Simétrica, casca ligeiramente rachada	Achatada, assimétrica, rachada, mas ainda aceitável	Muito deformada, afundada	Completamente deformada
Características da crosta	Fina, macia e crocante, uniforme	Macia e crocante	Levemente dura	Medianamente dura ou muito macia	Dura, borrachenta ou demasiadamente macia	Muito dura, borrachenta, grosseira
Cor do miolo	Uniforme, branca ou levemente creme	Uniforme creme	Uniforme, ligeiramente escurecida	Desuniforme com algumas manchas	Manchado	Escura com manchas
Porosidade do miolo	Células ovaladas, uniformes sem buracos, adequado ao produto	Células ovaladas, abertas uniformes, com pequenos buracos	Células uniformes, pouco fechadas	Células muito fechadas, paredes grossas	Células abertas, desuniformes, com paredes finas e buracos	Células muito abertas, paredes finas e grandes buracos
Textura do miolo	Excepcionalmente boa, muito suave e sedosa, elástica, granulação uniforme, compacta	Muito boa, macia, sedosa, ligeiramente desuniforme	Boa, macia, ligeiramente desuniforme	Alterada, desuniforme seca e áspera	Claramente alterada, desuniforme pegajosa, seca ou úmida	Inaceitável, muito dura, muito seca, pegajosa ou úmida
Aroma	Específico aceitável	Específico bom	Ligeiramente alterado, aceitável	Alterado, rançoso ou com aroma de fermento	Alterado atípico ácido	Repulsivo
Sabor	Específico, excepcionalmente agradável	Específico agradável	Levemente alterado, aceitável	Alterado, levemente insípido ou amargo	Completamente alterado, ácido, cru, amargo ou outro sabor estranho	Estranho desagradável, repulsivo, muito amargo

Fonte: Ferreira et al. (2003).

3.7.1 Cor da crosta

A cor da crosta deve ser dourada, homogênea e brilhante. A cor muito escura resulta de temperatura do forno muito alta ou excesso de cozimento, enquanto que a coloração muito clara é o resultado de massas super fermentadas ou forno com temperatura baixa, ou ainda tempo de cozimento muito curto (EL-DASH, et al., 1986). A cor da crosta, segundo Pylar (1988) é marcadamente afetada pelo nível de açúcar residual presente na massa, que sobra da fermentação e da atividade amilolítica.

Para a avaliação da cor da crosta foi atribuída nota de 1 a 10, levando em consideração os fatores uniformidade, brilho, atribuindo melhores notas aos pães que não possuíssem cor muito escura ou muito clara segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002).

3.7.2 Forma e Simetria

A simetria do pão é avaliada porque sua ausência é um índice de manuseio e processamento inadequado.

Massas com baixo conteúdo de água, com mistura e fermentação inadequadas, atividade diastática insuficiente ou manuseio grosseiro provavelmente terão as laterais encolhidas e as extremidades pequenas (EL-DASH, et al., 1986).

O pão deve possuir a parte superior da crosta arredondada, livre de asperezas e com as extremidades bem definidas (PYLER, 1988).

A forma e a simetria foram avaliadas sensorialmente, atribuindo-lhes valores de 1 a 10, sendo que os fatores indesejáveis considerados foram as laterais, pontas e parte superior desiguais, segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002).

3.7.3 Características da crosta

A crosta ideal deve ser fina e não dura ou borrachenta, mas que possua uma espessura e cor interna uniforme, com células bem definidas e homogêneas.

As características da crosta foram avaliadas sensorialmente, sendo atribuídas notas de 1 a 10. As características indesejáveis à crosta analisadas foram:

borrachenta, quebradiça, dura, muito grossa e muito fina segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002).

3.7.4 Cor do miolo

A cor do miolo é grandemente influenciada pelos ingredientes empregados na formulação. A uniformidade das células do miolo influencia a percepção da cor, a qual deve ser branca-levemente creme, livre de estrias e pontos mais escuros. A avaliação da cor do miolo deve ser realizada em superfícies recentemente cortadas, pois o miolo tende a escurecer após uma exposição prolongada, segundo Pylar (1988).

A cor do miolo foi avaliada sensorialmente, em superfícies recém cortadas, sendo os fatores indesejáveis a cor cinza, opaca desigual e tonalidade escura. A estes miolos foi atribuída uma nota oscilando de 1 a 10 segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002).

3.7.5 Porosidade do miolo

A porosidade do miolo é afetada tanto pelos ingredientes como pela etapa da fermentação. Para que a estrutura de células seja a ideal, deve ser bem homogênea, com células levemente alongadas, de paredes finas e sem buracos, pois caso contrário, as células muito abertas indicam falta de desenvolvimento e os buracos podem ser devido à fermentação e moldagem inadequada ou ao fermento de baixa qualidade ou contaminado, segundo El-Dash et al. (1986).

A porosidade do miolo foi avaliada sensorialmente com base nos fatores considerados indesejados como a falta de uniformidade, presença de buracos muito aberto ou fechados, atribuindo um valor de 1 a 10 segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002).

3.7.6 Textura do miolo

A textura do miolo é considerada segundo Pyler (1988) como um dos atributos mais importantes para a qualidade, por estar relacionada com a frescura do pão, sendo influenciada pela granulidade ou estrutura das paredes do miolo. As células de parede fina e uniformes proporcionam uma textura do miolo macia, suave e elástica. A textura do miolo foi avaliada sensorialmente com base nas características consideradas indesejadas como a falta de uniformidade, áspera, compacta, seca, atribuindo um valor de 1 a 10 segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002).

3.7.7 Aroma

O aroma é o atributo de qualidade percebido através do olfato. Por ser o maior componente do sabor, torna-se de vital importância na determinação da preferência do consumidor.

O aroma foi avaliado mantendo-se o pão próximo à narina para que a sua identificação fosse correta. A este aroma percebido foi atribuído uma nota entre 1 e 10, sendo que a falta de aroma, aroma desagradável, estranho, muito forte ou muito fraco levavam a uma redução na nota segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002).

3.7.8 Sabor

O sabor é o segundo maior componente, sendo impossível de ser avaliado pelos consumidores no momento da aquisição.

Segundo vários autores, o sabor é entendido como as sensações percebidas principalmente na língua e cavidade bucal, ativadas por meios químicos. São definidas quatro sensações básicas como ácido, salgado, doce e amargo, sendo as outras sensações degustativas provenientes da mistura destas quatro em diferentes proporções (GARRUTI, 1964; MC NAMARA e DANKER, 1968 apud MACHADO, 1996) (BARTLEY, 1969).

O pão deve desintegrar-se rapidamente durante a mastigação, sem formar uma massa pegajosa de difícil mastigação. No geral, segundo Pyler, (1988), toda a avaliação da qualidade de mastigação do pão que envolve vários fatores como a textura, sabor, mastigabilidade, densidade do miolo, entre outros, é altamente subjetivo além de ser um processo individual influenciado pela preferência. Para este trabalho o sabor foi avaliado sensorialmente, considerando-se como fatores indesejáveis o sabor ácido, estranho, a goma e o remanescente. Ao sabor foi atribuído uma nota oscilando entre 1 e 10 segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002).

4 Avaliações

4.1 Volume específico

O volume é o espaço ocupado pelo pão, trata-se de determinação instrumental por ser realizada através do deslocamento de sementes de painço. Esta determinação foi realizada uma vez em cada um dos dois pães obtidos em cada ensaio, considerando-se a média aritmética dessas medidas como o valor final. Com a média dos volumes e pesos obtidos, calculou-se a relação peso/volume. O valor expresso em mL/g⁻¹ obtido na relação, foi multiplicado pelo fator 2 estabelecido por Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002). O valor obtido pela multiplicação do peso específico pelo fator pode chegar no máximo a 20, e foi apresentado na tabela de avaliação como o volume do pão. Para ser considerado de boa qualidade, o pão de fôrma deve apresentar volume específico acima de 6,0 cm³ / g segundo El-Dash (1986) e Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002).

O volume dos pães foi determinado pelo deslocamento de um volume conhecido de sementes de painço em recipiente apropriado e o volume específico (mL/g⁻¹), obtido pela razão entre o volume (mL) e o peso final dos pães (g⁻¹) (FREITAS, 1997). A densidade foi medida a partir da relação entre o peso final (g⁻¹) e o volume (mL) dos pães. As perdas na cocção foram calculadas a partir da diferença entre o peso da massa crua (g) e o peso final (g⁻¹) dos pães. A avaliação de qualidade do volume específico dos produtos foi determinada a partir da tabela de classificação segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002) (Quadro 6) onde o valor medido de volume específico foi multiplicado por um fator 2.

A classificação do volume específico foi determinada a partir da tabela de classificação segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002) (Quadro 7). O indicador utilizado no preparo de alimentos para avaliar o grau de conversão mediu a relação entre o peso final (g^{-1}) e o peso da massa crua segundo Philippi (2003).

Quadro 6: Qualidade do volume específico dos pães por atributo

Qualidade	Fator
Volume específico	(0 – 10) x 2
Cor da crosta	(0 – 10) x 1
Forma e simetria	(0 – 10) x 1
Característica da crosta	(0 – 10) x 1
Textura do miolo	(0 – 10) x 1
Porosidade do miolo	(0 – 10) x 1
Cor do miolo	(0 – 10) x 1
Sabor	(0 – 10) x 1
Aroma	(0 – 10) x 1

Fonte: Adaptação de Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002)

Quadro 7: Classificação do volume específico do pão de fôrma

Volume específico	Classificação
Entre 6,5 e 8,0	Ótimo (10 pontos)
Entre 5,5 e 6,5	Muito bom (9 pontos)
Entre 4,5 e 5,5	Bom (7 pontos)
Entre 3,5 e 4,5	Regular (5 pontos)
Acima de 8,0	Muito grande – Ruim (3 pontos)
Abaixo de 3,5	Muito pequeno – Péssimo (1 ponto)

Fonte: Adaptação de Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002)

4.2 Cor da crosta, miolo e pré-mistura

A cor do pão (miolo e crosta) e da pré-mistura foram avaliados a partir de uma escala de cores chamada Pantone Color segundo Vanderbilt (2000).

4.3 Avaliação Energética e Econômica

A avaliação energética (Kcal e energia elétrica) e econômica (custo do produto: matéria-prima) foram estabelecidos a partir da análise do desenvolvimento de produtos e projetos de investimento aplicado a processos padrão de pão comercial e do processo desenvolvido (VENTURINI FILHO, 1993).

4.4 Composição centesimal

Foi determinada apenas na pré-mistura, segundo a metodologia da AOAC (1975).

4.5 Calorimetria

A energia bruta foi determinada em calorímetro do tipo Parr 1281 modelo 1131 com cilindro nº 843 - Bomba Calorimétrica de oxigênio - em 3 repetições e pH 6,4. O calor de combustão das amostras foi comparado com o padrão de ácido benzóico e o resultado expresso em kcal/100g segundo Silva (1994). A energia metabolizável foi calculada a partir dos dados de composição química das amostras da pré-mistura selecionada e do pão sem glúten feito com essa pré-mistura. No cálculo foi usado o fator de Atwater, ou seja, 4, 9 e 4 Kcal/g para proteína, lipídeos e carboidratos e os resultados expressos em kcal/ 100g da amostra seguindo a metodologia da AOAC (1975) segundo Farias et al. (2000).

4.6 Análise Estatística

A partir dos resultados obtidos em ensaios preliminares com doses de amido pré-gelificado e farinha de mandioca, estabeleceram-se as variáveis definidas nos indicadores, na expectativa de se analisar o efeito proporcionado às características de qualidade dos pães (ESCOUTO et al. 2003).

Os valores atribuídos aos indicadores: volume, volume específico, densidade, indicador de conversão, taxa de evaporação, pontuação da qualidade do volume específico e perdas na cocção foram analisados através da análise univariada dos dados (TEIXEIRA et al. 1987).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Seleção de amidos gelificados e teores de farinha de mandioca

A seleção da melhor formulação de pré-mistura foi obtida através da análise de indicadores de avaliação física e visual realizada através de ensaios preliminares com o objetivo de eliminar o escaldamento, assim partiu-se da substituição de clara desidratada, ingrediente fundamental na mecânica da formulação segundo Escouto et al. (2000a), por amido pré-gelificado. Num primeiro momento, os autores observaram entre os amidos avaliados a 10% (N80, Purê-flo e corn starch) que o amido pré-gelificado N80 respondeu melhor na massa, especialmente para os indicadores, volume, volume específico e pontuação da qualidade do volume. Selecionaram em seguida a melhor concentração do amido pré-gelificado N 80 (2,88, 5,60 e 8,18%) e 2,88% mostrou melhor influência nos indicadores volume específico, densidade e pontuação de qualidade do volume, e visualmente predominou um miolo mais elástico, leve gomosidade, células de gás mais uniformes e rede celular mais estruturada. A última fase do processo foi obtida com a avaliação da concentração da farinha de mandioca (12,98, 12,61 e 12,27%) e 12,98% apresentou melhor influência nos indicadores volume, volume específico, taxa de evaporação e pontuação de qualidade do volume.

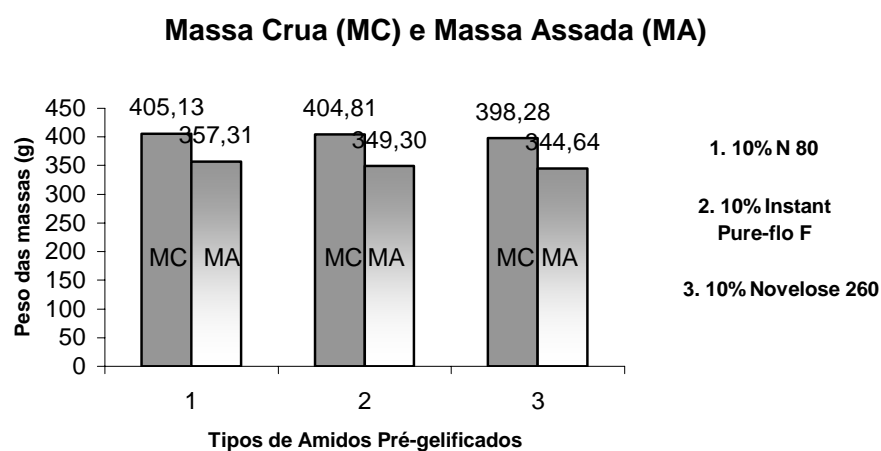


Figura 5: Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação para MC – massa crua, MA – massa assada e V – volume nos 3 tipos de amido pré-gelificado a 10% (peso/peso final da formulação)

Os resultados para avaliação massa crua mostraram não haver diferenças entre os 3 tipos de amido pré-gelificado (Figura 5), no que diz respeito ao valor médio do peso das massas, que variaram de 395g a 405g, com valor médio de aproximadamente 400g. Esses resultados mostraram que as 3 massas absorveram aproximadamente a mesma quantidade de água para alcançar a consistência ideal (média de 64,55%).

Os resultados obtidos para peso da massa assada (Figura 5) já indicaram uma pequena variação entre os valores de peso, com o amido pré-gelificado N 80 proporcionando peso um pouco maior (357,31g) que os obtidos pelos dois outros produtos, portanto retendo mais água, uma vez que não houveram diferenças para massa crua.

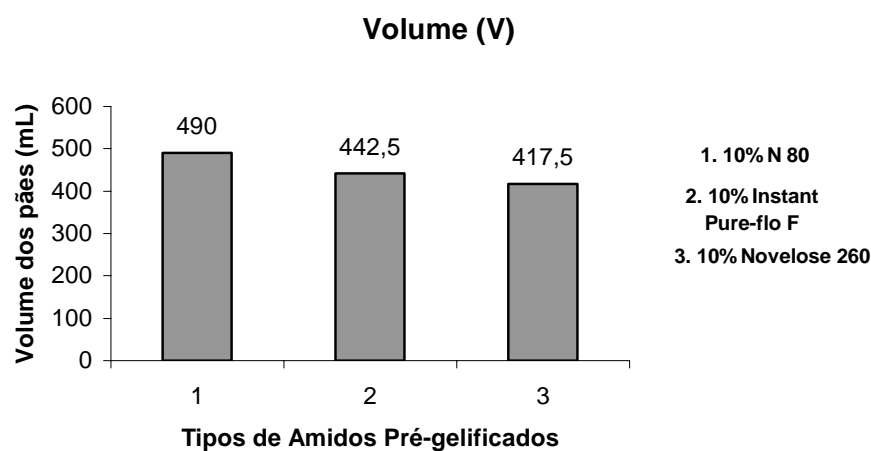


Figura 6: Distribuição dos valores do indicador de avaliação para V – volume nos 3 tipos de amido pré-gelificado a 10% (peso/peso final da formulação)

Os resultados para volume demonstraram que, dos 3 tipos de amido pré-gelificados, o N 80 proporcionou o maior volume (490 mL) (Figura 6).

A análise visual não permitiu verificar diferenças entre os amidos pré-gelificados para elasticidade do miolo, gomosidade, uniformidade e estrutura celular da rede.

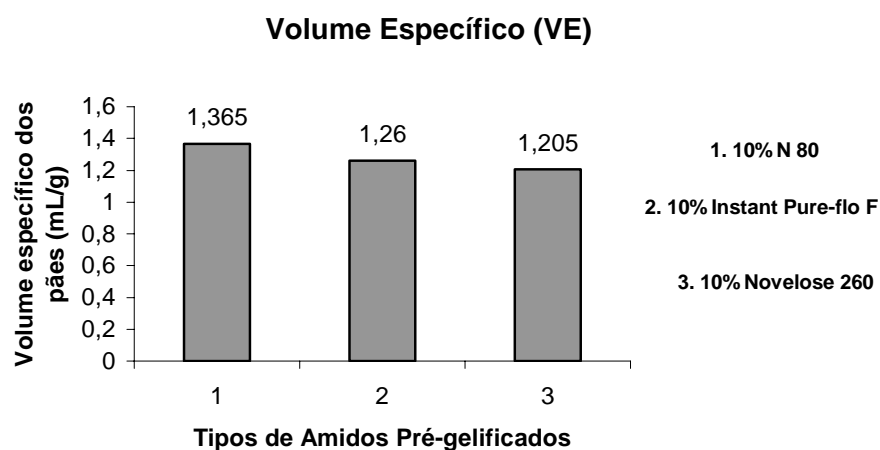


Figura 7: Distribuição dos valores do indicador de avaliação VE – volume específico, para 3 tipos de amido pré-gelificado a 10% (peso/peso final da formulação)

Os resultados para volume específico mostraram diferenças de efeito dos 3 tipos de amido pré-gelificado (Figura 7). Pelos resultados obtidos, o amido pré-

gelificado N 80 apresentou o maior volume específico. O maior volume específico, para a mesma quantidade de massa significa pão mais leve e alveolado. Escouto et al. (2000) obtiveram para volume específico em pão sem glúten valores superiores chegando a 2,16 mL / g. Como para El-Dash (1986) os valores de volume específico devem estar em torno de 6,0 mL / g, e de modo semelhante a Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002) os resultados obtidos ficaram com valores inferiores.

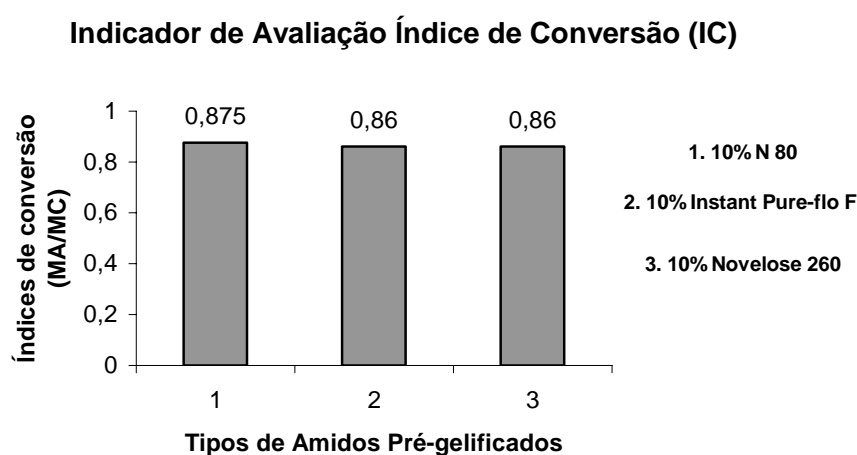


Figura 8: Distribuição dos valores do indicador de avaliação IC – índice de conversão, para 3 tipos de amido pré-gelificado a 10% (peso/peso final da formulação)

Os resultados do índice de conversão (Figura 8) não mostraram diferenças entre os amidos na relação entre o peso do alimento processado (massa assada) e o peso do alimento no estado inicial (massa crua). Os valores estiveram ao redor de 0,8. Portanto a proporção foi mantida.

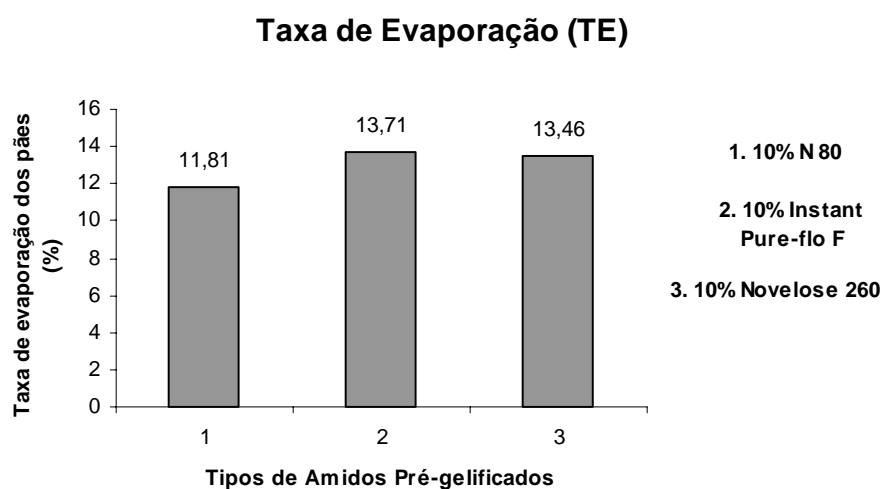


Figura 9: Distribuição dos valores do indicador de avaliação TE – taxa de evaporação, para 3 tipos de amido pré-gelificado a 10% (peso/peso final da formulação)

Os resultados da taxa de evaporação não apresentaram diferenças significativas entre os amidos (Figura 9) pois ambos permaneceram na faixa estimada de 10 à 20% de taxa de evaporação.

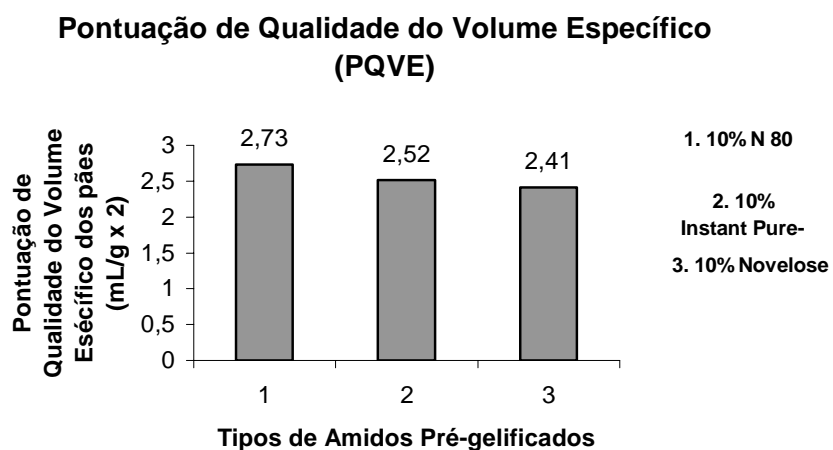


Figura 10: Distribuição dos valores do indicador de avaliação PQ – pontuação de qualidade do volume específico, para 3 tipos de amido pré-gelificado a 10% (peso/peso final da formulação)

A pontuação de qualidade para o volume específico do pão (Figura 10) apontou o amido pré-gelificado N 80 como o melhor entre os 3 tipos, ainda que seus valores permaneçam inferiores aos encontrados para pão de trigo comum em torno de 10 pontos para uma classificação do volume específico com 6,0 mL / g. (EL-DASH, 1986) e de modo similar a Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002).

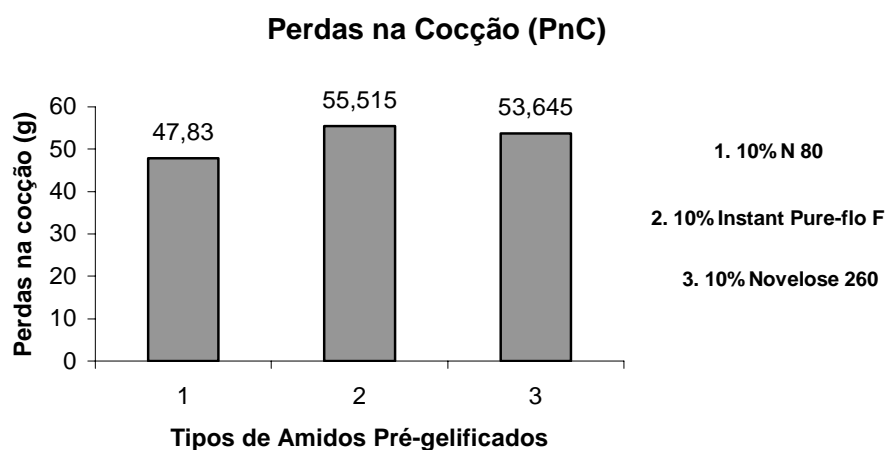


Figura 11: Distribuição dos valores do indicador de avaliação perdas na cocção, para 3 tipos de amido pré-gelificado a 10% (peso/peso final da formulação)

Os resultados das perdas na cocção apresentaram diferenças entre os amidos (Figura 11) indicando que o N 80 apresentou a menor perda na cocção.

Não houve diferenças visíveis de efeito dos amidos pré-gelificados para a elasticidade do miolo, gomosidade, uniformidade e estrutura celular da rede nos indicadores avaliados.

Adotou-se, portanto, o N 80 e foi feita a seleção da melhor concentração.

A seguir são apresentados os resultados da seleção da melhor concentração de amido pré-gelificado N 80, os teores avaliados foram 2,88, 5,60 e 8,18% calculados sobre o peso total da formulação.

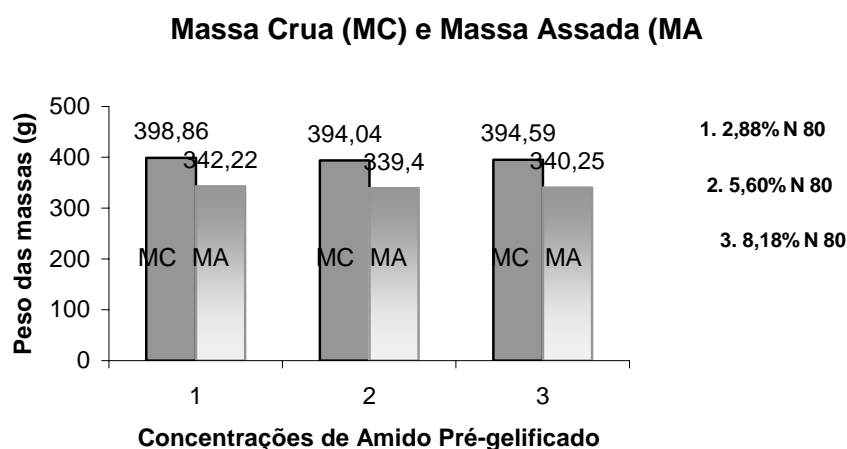


Figura 12: Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação MC – massa crua, MA – massa assada para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80 (2,88, 5,60 e 8,18%)

Os resultados para massa crua e massa assada não mostraram efeito das 3 concentrações de amido pré-gelificado (Figura 12) permanecendo os pães com mesmo peso na massa na média, aproximadamente 400g para massa crua e 345g para massa assada.

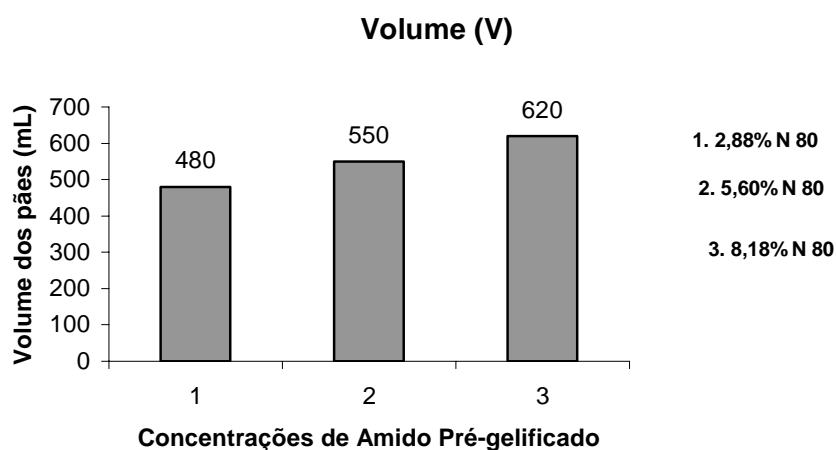


Figura 13: Distribuição dos valores do indicador de avaliação V – volume para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80 (2,88, 5,60 e 8,18%)

Entretanto as concentrações afetaram o volume dos pães (Figura 13), com o amido pré-gelificado N 80 a 8,18% apresentando o melhor volume.

Análise visual mostrou diferenças entre as concentrações de amidos pré-gelificados. A concentração de amido pré-gelificado a 8,18% embora tenha apresentado o maior volume não mostrou as características mais desejáveis conforme pode ser observado na figura 14.



Figura 14: Aspecto de pães sem glúten com variação de concentração de pré-gel N 80 a 2,88% (A), 5,60% (B) e 8,18% (C)

Com amido pré-gelificado a 2,88% predominou um miolo mais elástico, leve gomosidade, células de gás mais uniformes e rede celular mais estruturada (Figura 14 A). Já com amido pré-gelificado a 5,60% (Figura 14 B) o miolo permaneceu elástico, com gomosidade, células de gás pouco uniformes com rede celular estruturada. Finalmente, com amido pré-gelificado a 8,18% (Figura 14 C) o miolo se apresentou sem elasticidade, muito gomoso, células de gás sem uniformidade, e sem estrutura celular em rede.

Apesar da concentração de 8,18% ter proporcionado maior volume, as características conferidas à massa levaram a selecionar o amido pré-gelificado N 80 com concentração a 2,88% na formulação para pré-mistura para pão sem glúten.

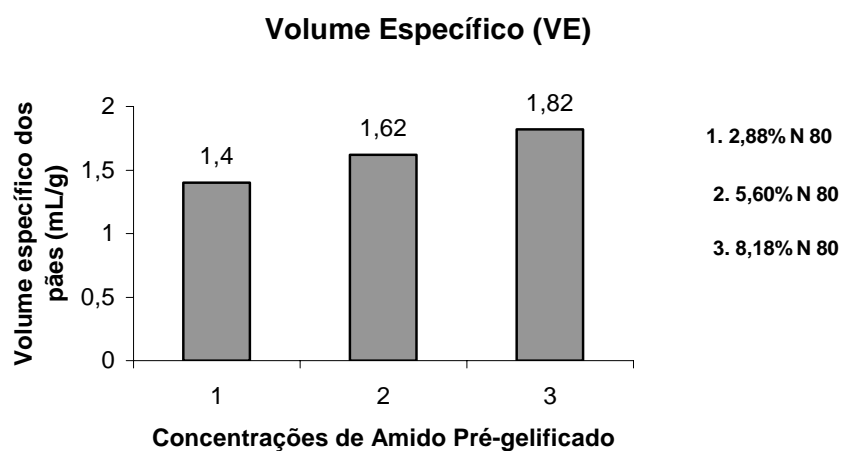


Figura 15: Distribuição dos valores do indicador de avaliação VE – volume específico para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80 (2,88, 5,60 e 8,18%).

Os resultados para volume específico mostraram haver leve diferença entre as 3 concentrações de amido pré-gelificado (Figura 15) embora os valores estivessem aquém na escala de classificação do volume específico do pão de forma segundo Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002), o amido pré-gelificado N 80 a 2,88% apresentou o maior volume específico maior que o obtido com 10%, que foi de 1,36 mL/g.

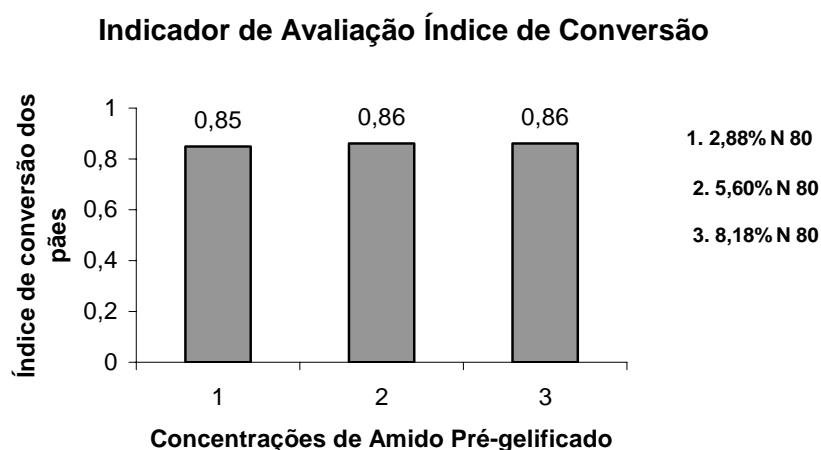


Figura 16: Distribuição dos valores do indicador de avaliação IC – índice de conversão, para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80 (2,88, 5,60 e 8,18%).

Os resultados para índice de conversão mostraram não haver diferença acentuada entre as 3 concentrações de amido pré-gelificado (Figura 16), mas o valor foi menor que para o mesmo amido com concentração de 10%, que foi de 0,88.

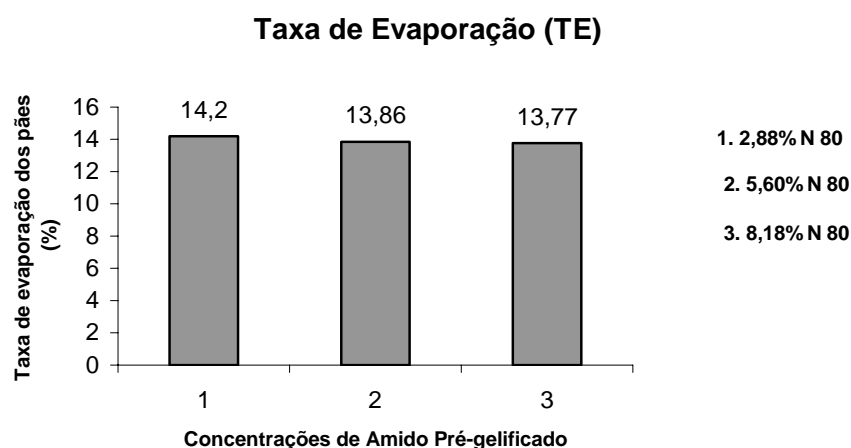


Figura 17: Distribuição dos valores do indicador de avaliação TE – taxa de evaporação, para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80 (2,88, 5,60 e 8,18%).

Os resultados para taxa de evaporação mostraram que as concentrações de amido pré-gelificado não influíram acentuadamente esta avaliação (Figura 17) com valor na faixa de 10 a 20%. A taxa de evaporação obtida com o mesmo amido na concentração de 10%, foi de 11,81%, ligeiramente maior que a da concentração mais baixa.

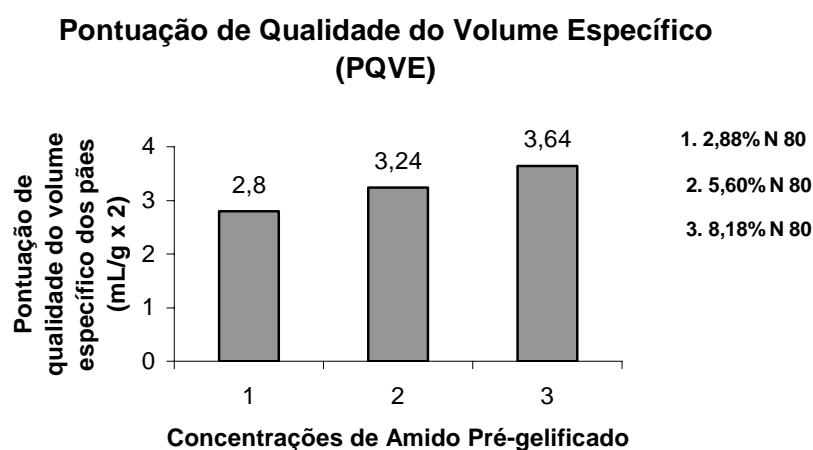


Figura 18: Distribuição dos valores do indicador de avaliação PQ – pontuação de qualidade do volume específico, para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80 (2,88, 5,60 e 8,18%).

Os resultados para pontuação de qualidade do volume específico apontaram a concentração a 2,88% de amido pré-gelificado como melhor (Figura 18), praticamente igual ao obtido com o mesmo amido a 10%, que foi de 2,73 mL/g.

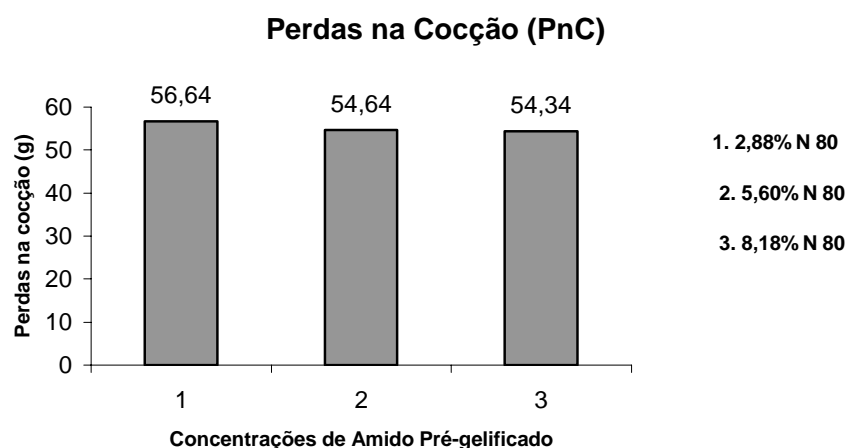


Figura 19: Distribuição dos valores do indicador de avaliação perdas na cocção, para 3 concentrações do amido pré-gelificado N 80 (2,88, 5,60 e 8,18%).

Os resultados de perdas na cocção não mostraram diferenças entre os amidos pesquisados (Figura 19), mas foram maiores que a obtida com o mesmo amido na concentração de 10% que foi de 47,83g. Houve, portanto menos água retida no pão.

A seguir são apresentados os resultados da seleção da melhor concentração de farinha de mandioca crua moída, usando a concentração selecionada do amido pré-gelificado N 80 à 2,88%. Os teores avaliados foram 12,98, 12,61 e 12,27% do peso total da formulação, calculados sobre o peso total da formulação.

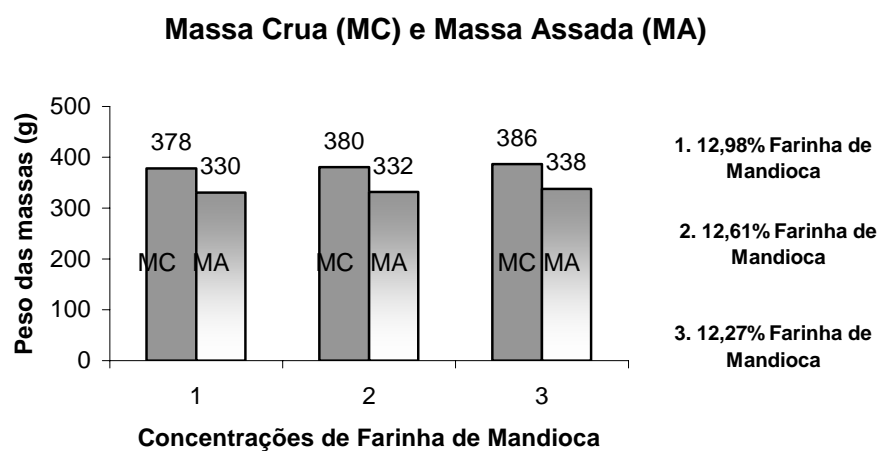


Figura 20: Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação MC = massa crua, MA – massa assada e V – volume para 3 concentrações de farinha de mandioca (12,98, 12,61 e 12,27%)

Os resultados para massa crua e massa assada mostraram não haver diferença entre as 3 concentrações de farinha de mandioca (Figura 20) permanecendo os pães com mesmo peso médio na massa (aproximadamente 380g para massa crua e 330g para massa assada). Em relação a experimentos anteriores obteve-se massas cruas e assadas com peso médio semelhantes.

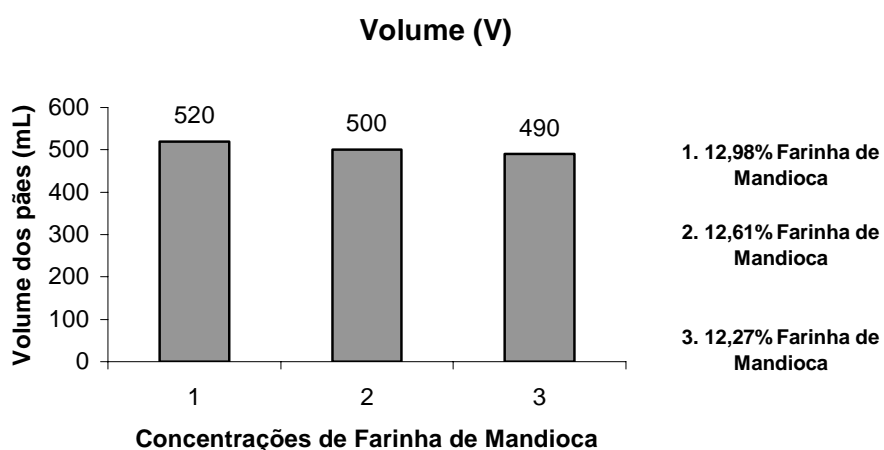


Figura 21: Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação MC = massa crua, MA – massa assada e V – volume para 3 concentrações de farinha de mandioca (12,98, 12,61 e 12,27%)

Os resultados para volume mostraram haver diferença entre as 3 concentrações de farinha de mandioca (Figura 21) e farinha de mandioca a 12,98% apresentou o maior volume. Em comparação aos resultados obtidos com amido pré-gelificado N 80 à 10% (490 mL) a adição de farinha de mandioca a 12,98% promoveu melhor volume.

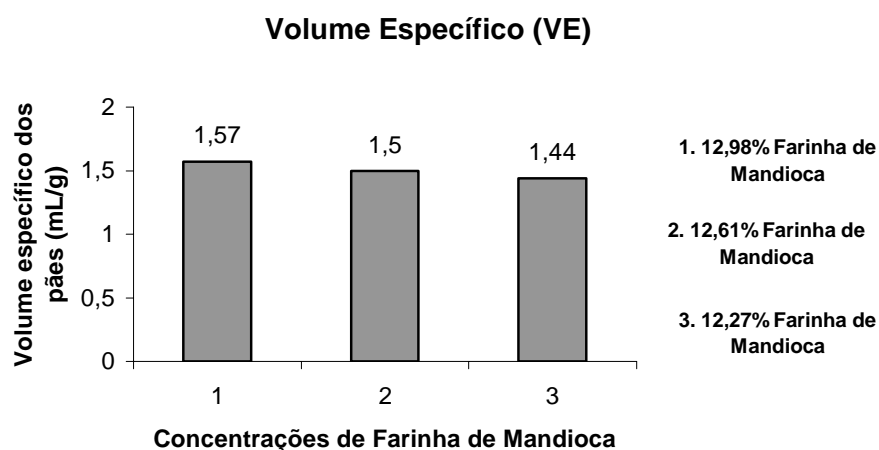


Figura 22: Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação VE – volume específico, para 3 concentrações de farinha de mandioca (12,98, 12,61 e 12,27%).

Os resultados para volume específico, embora os valores estivessem aquém na escala de classificação do volume do pão de forma que deve chegar a 6,0 mL/g (EL-DASH, 1986); guardaram entre si leve variação entre as 3 concentrações de farinha de mandioca (Figura 22) apontando a concentração a 12,98% de farinha de mandioca como melhor resultado.

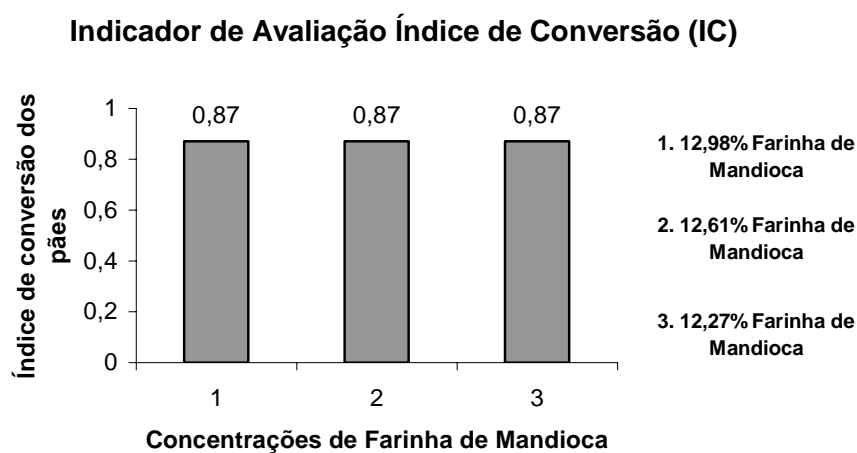


Figura 23: Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação IC – índice de conversão, para 3 concentrações de farinha de mandioca (12,98, 12,61 e 12,27%).

O indicador índice de conversão não apresentou diferença entre as concentrações de farinha de mandioca (Figura 23). Os valores encontrados nas 3 concentrações de amido pré-gelificado não diferiram dos resultados obtidos na média.

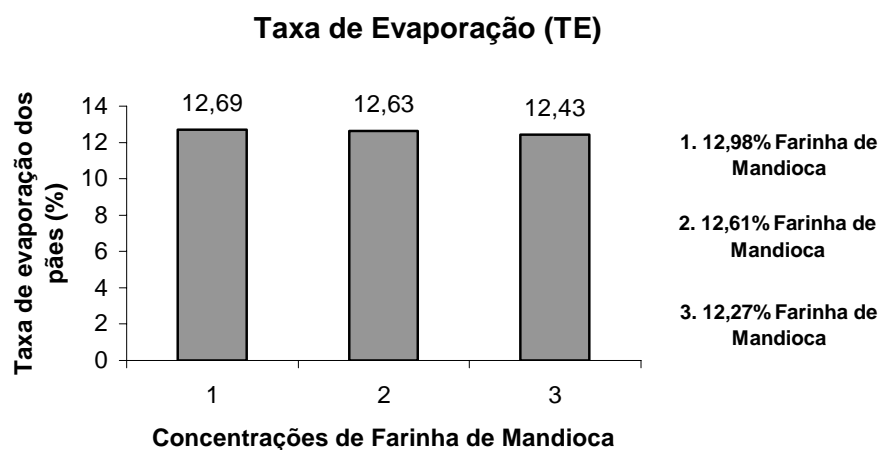


Figura 24: Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação TE – taxa de evaporação, para 3 concentrações de farinha de mandioca (12,98, 12,61 e 12,27%).

O indicador taxa de evaporação não apresentou diferença entre as concentrações de farinha de mandioca (Figura 24) ambos permanecendo na faixa de 10 à 20%.

A taxa de evaporação obtida com o mesmo amido N 80 nas concentrações de 2,88, 5,60 e 8,18% foi ligeiramente superior.

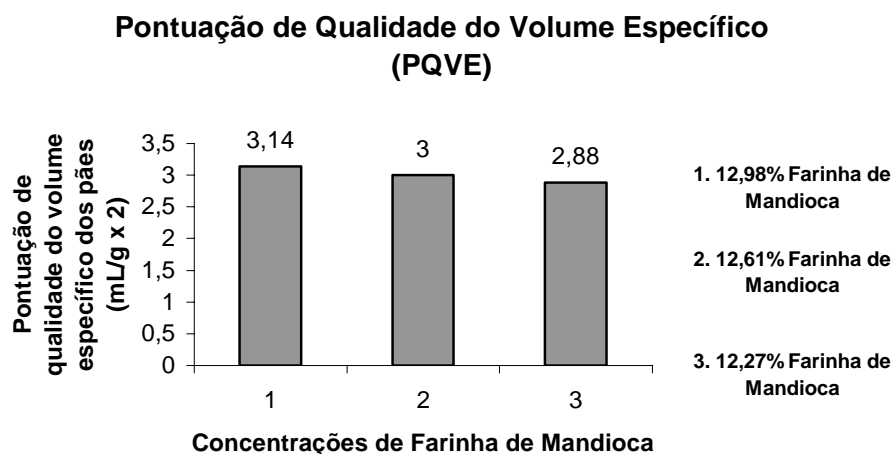


Figura 25: Distribuição dos valores dos indicadores de avaliação PQVE – pontuação de qualidade do volume específico, para 3 concentrações de farinha de mandioca (12,98, 12,61 e 12,27%).

O indicador pontuação de qualidade do volume específico não apresentou diferença entre as concentrações de farinha de mandioca (Figura 25) ambos com pontuação baixa, entretanto a concentração a 12,98% de farinha de mandioca obteve a melhor pontuação. Resultado superior ao obtido com o amido N 80 a 10%, que foi de 2,73 mL/g.

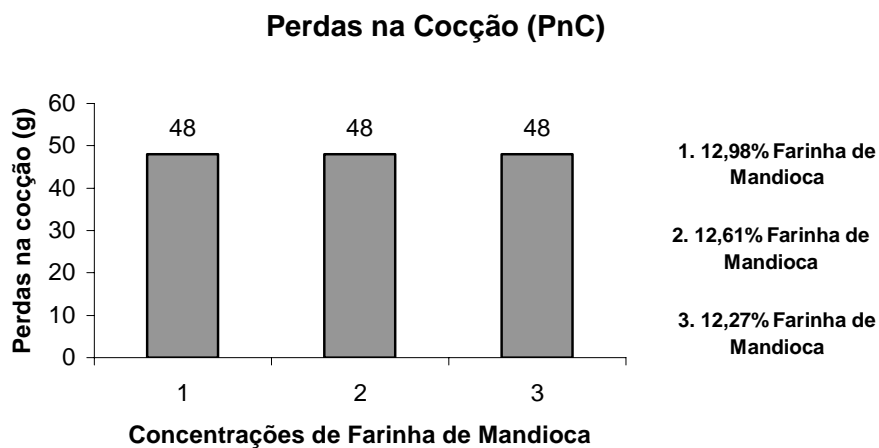


Figura 26: Distribuição dos valores do indicador de avaliação perdas na cocção, para 3 concentrações de farinha de mandioca (12,98, 12,61 e 12,27%).

O indicador perdas na cocção não apresentou diferença entre as concentrações de farinha de mandioca (Figura 26). Os dados obtidos são inferiores aos obtidos nas 3 concentrações dos amido pré-gelificado N 80 (2,88, 5,60 e 8,18%).

4.2 Avaliação da pré-mistura

Uma vez selecionados o tipo e quantidade de pré-gel e a concentração da farinha de mandioca crua moída, a formulação ajustada apresentou a seguinte composição:

Quadro 8: Formulação básica para pré-mistura sem glúten

Ingredientes	Peso (g)	%
Polvilho azedo	150	57,69
Amido pré-gelificado N 80	7,5	2,88
Leite em pó	10,5	4,03
Gordura vegetal hidrogenada	30	11,53
Sal	3,75	1,44
Lecitina	1,5	0,57
Fermento biológico seco	5	1,92
Açúcar refinado	18	6,92
Farinha de mandioca crua	33,75	12,98

4.2.1 Avaliação energética e econômica do preparo da pré-mistura

A análise energética foi realizada medindo-se o gasto energético em kw pelo circuito de equipamentos utilizados na produção da pré-mistura, levando em conta também o tempo de processamento, conforme o Quadro 9.

Quadro 9: Tempo gasto e energia requerida para a produção de 1 tonelada do produto em nível industrial

EQUIPAMENTO	TEMPO	kw/h
Batedeira	46,22 minutos	0,4199
Total	46,22 minutos	0,4199

Fonte: Informações fornecidas por Perfecta Equipamentos S&A

Na presente pesquisa os resultados obtidos mostraram necessidade de 0,4199 kw/h de energia com 46,22 minutos apenas para elaborar a pré-mistura (Quadro 9). É preciso lembrar que para fazer o pão, a partir da pré-mistura haverá outros tipos de gastos energéticos. Parte destes gastos foram medidos por Escouto e Cereda (2000) ao calcularem o

tempo e a energia para a produção de 1 tonelada de pão sem glúten em nível de padaria. Obtiveram 137,5 minutos de tempo gasto e 1,0102 kw/h de energia requerida. Desta energia 0,4199 kw/h é necessária para produzir o pão e 0,5903 kw/h apenas para o escaldamento. A substituição do escaldamento pelo pré-gel representou, portanto uma economia de mais de 50%.

A avaliação econômica do preparo da pré-mistura selecionada foi realizada a partir da análise de dados da planilha de custos com a descrição dos seguintes valores conforme o Quadro 10.

Quadro 10: Custo de processamento de 1 tonelada de pré-mistura sem glúten

INGREDIENTES	PORCENTAGEM (%)	CUSTO EM TONELADA (R\$)	CUSTO EM TONELADA %
Polvilho azedo	57,69	442,21 ¹	15,81
Amido pré-gelificado N 80	2,88	9,50 ³	0,33
Leite em pó integral	4,03	497,70 ⁴	17,80
Açúcar refinado	6,92	77,50 ⁴	2,77
Sal refinado	1,44	7,77 ⁴	0,27
Farinha de mandioca moída	12,98	546,45 ⁴	19,54
Fermento biológico seco	1,92	442,18 ⁴	15,81
Lecitina	0,57	9,29 ²	0,33
Gordura vegetal hidrogenada	11,53	763,28 ⁴	27,30
Total		2795,88	100,00

Fonte: (1) Agriannual -2004; (2) Bunge Alimentos; (3) National Starch; (4) Supermercados Central/Botucatu-SP / Dados coletados em dezembro de 2003.

Os preços coletados dão apenas uma idéia dos custos, pois os ingredientes adquiridos em supermercados locais não representam a realidade de preços para uso industrial. Sabe-se que a aquisição em grande quantidade reduz grandemente o preço de

compra. O custo estabelecido pode ser considerado, portanto, o mais alto possível. A participação percentual dos ingredientes no custo em tonelada da pré-mistura mostrou que ingredientes como amido pré-gelificado, sal refinado e lecitina representam juntos menos de 1% do total do custo e assim como o açúcar refinado (2,77%) não podem onerar a formulação. O fermento biológico seco com 15,81%, o leite em pó integral ficou com 17,80% e a gordura vegetal hidrogenada com 27,30% já representam um custo razoável. Os custos maiores ficaram por conta dos derivados de mandioca juntos perfizeram mais de 35% sobre o total da formulação, mas também representam cerca de 70% do peso da formulação.

O custo de processamento de 1 tonelada de pré-mistura sem glúten (Quadro 2) totalizou R\$ 2795,88 (US\$ 93/t.) estimados, sem considerar a embalagem e a mão de obra.

4.2.2 Avaliação de cor da pré-mistura

Segundo a Granotec (2004), a cor, bem como adsorção d'água, tempo de masseira, tolerância à fermentação, granulometria e odor são requisitos que caracterizam a pré-mistura durante o processo de definição de especificações do controle da qualidade do produto final.

A pré-mistura apresentou-se como uma mescla de cores de branco pérola com cinza e creme bem claros característicos dos ingredientes que a constituíram.

O aspecto apresentado na figura 27 não reflete essa descrição. Para definir a cor e permitir a comparação, a pré-mistura foi comparada com uma escala Pantone.

A equivalência em escala Pantone: Pantone 7527 V (Pantone black 1.0 – ¼ pt ; Pantone yellow .5 – 1/8 pt ; Pantone trours. wt 98.5 – 24 5/8 pt).



Figura 27: Aspecto da pré-mistura selecionado

4.2.3 Avaliação calorimétrica da pré-mistura

A avaliação calórica depende da composição química do alimento. A pré-mistura elaborada proporcionou a seguinte composição centesimal.

Quadro 11: Análise Centesimal da pré-mistura

Componentes	Média (g/100g massa úmida)
Umidade	3,38
Carboidratos	70,41
Proteínas	3,72
Lipídios	11,62
Minerais	2,12
Fibras	8,41

A avaliação calorimétrica da pré-mistura foi obtida em bomba calorimétrica a partir da média de 3 amostras da formulação selecionada e expressa em calorias por grama (Quadro 12).

Quadro 12: Energia bruta das calorias fornecidas nas três amostras de pré-mistura selecionada

AMOSTRAS	PESO (g)	CAL/g
A	0,8283	4,28
B	0,8239	4,31
C	0,8615	4,26
Média	0,8379	4,28

Para cada 100g do produto tem-se em média 428,59 Kcal.

Segundo os resultados obtidos a energia bruta tem semelhança com a energia metabolizável, porém, com teores mais elevados devido à forma pela qual a mesma é calculada (Quadro 12).

4.3 Avaliação do pão

Uma vez caracterizada a pré-mistura, foram elaborados pães que foram por sua vez avaliados sensorialmente por celíacos e caracterizados.

4.3.1 Características sensoriais

As características sensoriais foram avaliadas por 10 provadores celíacos, devido a não terem na memória alimentar o padrão do pão de trigo comum.

A avaliação da qualidade de pães foi realizada, analisando-se as características externas, internas, sabor (aroma e gosto), segundo um critério de notas pré-estabelecido por Dutcoski (1996 apud FERREIRA, 2002).

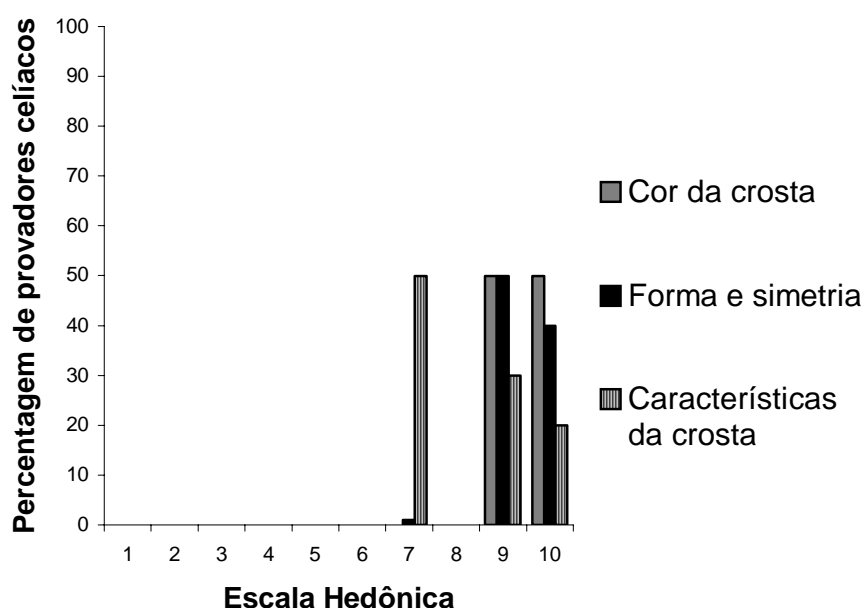


Figura 28: Distribuição da porcentagem de aceitação dos provadores celíacos em função dos valores hedônicos para atributos sensoriais: cor da crosta, forma e simetria e características da crosta

Os resultados para as características externas da cor da crosta na figura 15 foram: notas 9 – Muito Bom: natural, levemente tostada representando 5 provadores em 50% das opiniões e 10 – Ótimo: dourada, natural, uniforme mostrou a distribuição com 5 provadores em outros 50%. Conclui-se que houve grande aceitação da característica, obtendo-se as notas máximas para o pão sem glúten com a pré-mistura selecionada.

Os resultados para as características externas, forma e simetria (Figura 28), foram notas: 7 – simétrica, casca ligeiramente rachada com 1 provador em 10% das opiniões, 9 – simétrica, levemente modificada, 4 provadores com outros 40% e 10 – simétrica, totalizando 5 provadores 50% das respostas. A aceitação foi significativa, predominando as notas máximas.

Os resultados para as características internas da crosta foram expressos pelas notas 7 – levemente dura com 5 provadores em 50% das respostas, 9 – macia e crocante com 3 provadores 30%, e 10 – fina, macia e crocante, uniforme com 2 provadores 20% das opiniões entre celíacos (Figura 28). A aceitação foi considerada boa, uma vez que a avaliação do pão sem glúten foi feita 24 horas após o forneamento.

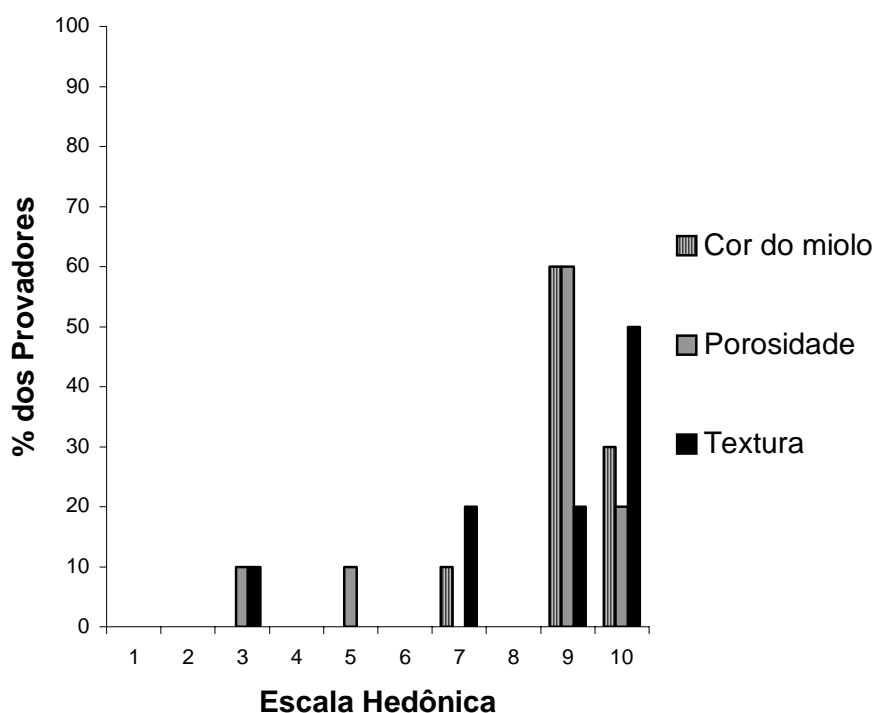


Figura 29: Distribuição da porcentagem de aceitação dos provadores celíacos (%) em função dos valores hedônicos para atributos sensoriais: cor do miolo, porosidade e textura

Os resultados obtidos para cor do miolo (Figura 29) foram representados pela nota 7 – uniforme, ligeiramente escurecida com 1 provador representando 10% das respostas, 9 – uniforme, creme 6 provadores com 60% e 10 – uniforme, branca ou levemente creme totalizando 30% com 3 provadores. A cor creme foi a mais aceita na maioria das opiniões dos provadores.

Os resultados para porosidade podem ser observados na figura 29 e foram representados pelas notas: 3 – células abertas, desuniformes com paredes finas e buracos, com 1 provador para 10% das respostas, 5 – células muito fechadas, paredes grossas 10% na opinião de 1 provador, 9 – células ovaladas abertas uniformes, com pequenos buracos representando 6 provadores e 60% das respostas e 10 – células ovaladas uniformes, sem buracos, adequado ao produto com 2 provadores e 20% das opiniões de celíacos. A estrutura alveolar do pão mostrou ser significativa na preferência dos provadores.

Os resultados para textura (Figura 29) foram notas: 3 – claramente alterada, desuniforme pegajosa, seca ou úmida com 1 provador representando 10% da respostas, 7 – boa macia, ligeiramente desuniforme com 20% em 2 provadores, 9 – muito boa, macia, sedosa ligeiramente desuniforme também com 2 provadores e 20% das respostas e 10 – excepcionalmente boa, muito suave e sedosa, elástica, granulação uniforme, compacta com 5 provadores em 50% na preferência dos participantes. A textura superou as expectativas da maioria dos provadores celíacos.

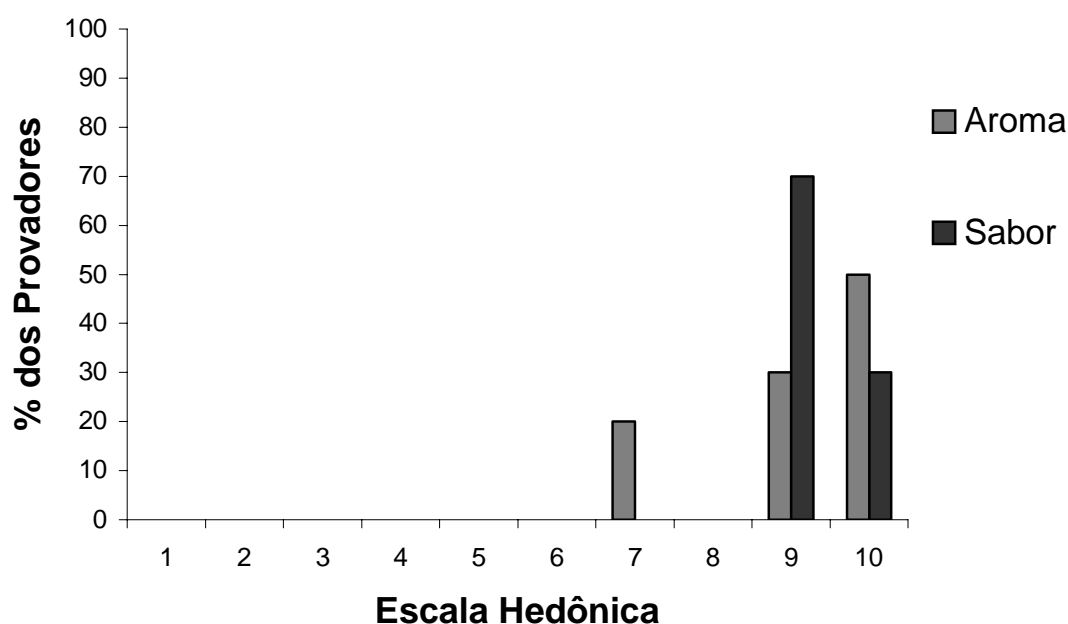


Figura 30: Distribuição da porcentagem de aceitação dos provadores celíacos (%) em função dos valores hedônicos para atributos sensoriais: aroma e sabor

Os resultados de aroma (Figura 30) foram expressos pelas notas 7 – ligeiramente alterado, aceitável com 2 provadores em 20% das opiniões, 9 – específico, bom 3 provadores com 30% e 10 – específico, agradável com 7 provadores a percentagem de 70%. Os provadores celíacos aprovaram o aroma do pão sem glúten com a pré-mistura selecionada.

Os resultados para sabor (Figura 30) foram representados pelas notas 9 – específico, agradável com 7 provadores e 70% das respostas e 10 – específico, excepcionalmente agradável com 3 provadores e restantes 30%. Para a maioria dos provadores celíacos o sabor foi bem aceito.

Os resultados para cor, textura, aroma e sabor do pão sem glúten feito com pré-mistura e avaliado por público celíaco, obtiveram muito boa aceitação.

4.3.2 Índice de aceitabilidade

Ao mesmo tempo em que se fazia a avaliação dos pães as questões A e B foram apresentadas aos provadores celíacos por ocasião da coleta de dados em ficha elaborada antecipadamente para verificar a aceitabilidade e se tivessem oportunidade de comprar como procederiam. Os valores mínimo (1. Desgostei muito) e máximo (9. Gostei extremamente) das questões A e B (1. Nunca compraria e 4. Compraria sempre que tivesse oportunidade) mostraram os limites das respostas dos consumidores.

Quadro 13: Resultados da análise univariada para índice de aceitabilidade de pão sem glúten para duas questões por 43 provadores celíacos

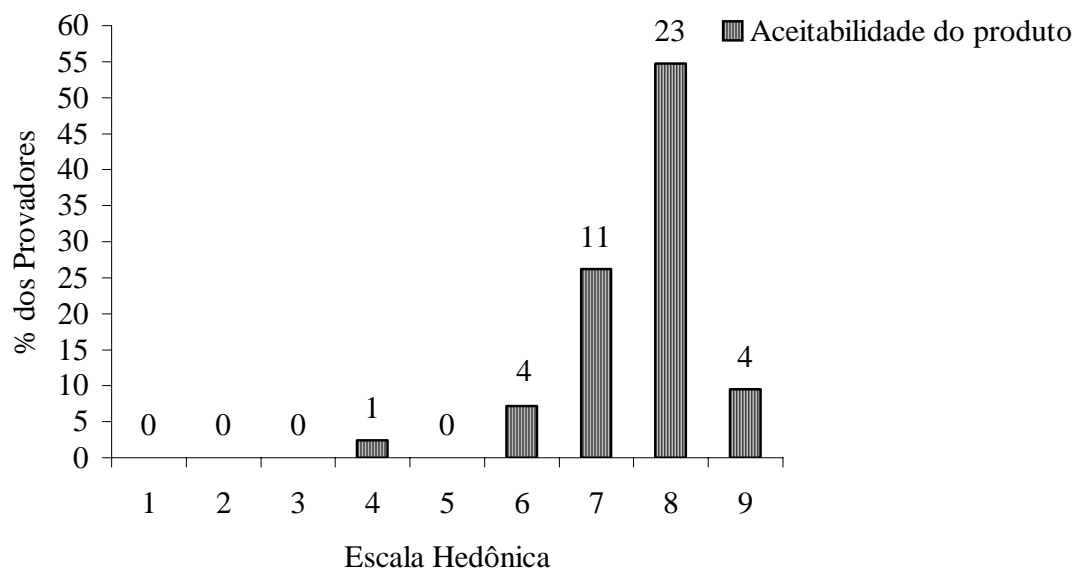
VALORES	QUESTÃO A	QUESTÃO B
Mínimo	4,00	1,00
Máximo	9,00	4,00
Média	7,77	3,60
Mediana	8,00	4,00
Moda	8,00	4,00
Coefficiente de aceitação	86,33%	90%

Como se pode observar no Quadro 13 a média está próxima da mediana, indicando distribuição normal com valor da média representativo.

A determinação do índice de aceitabilidade através do teste de amostra única proporciona discriminações e precisão tão perfeitas quanto os métodos de estímulos constantes, dizem que a avaliação pode obedecer a uma escala numérica pré-estabelecida ou indicar a presença ou ausência, assim como, a intensidade de determinado atributo. Dentre os métodos utilizados para prever a preferência e aceitabilidade estão: ordenação, comparação pareada e escalas de avaliação conforme Teixeira et al. (1987). A escala hedônica é flexível e

apresenta uma faixa de aplicação muito ampla, desde que se avalie a situação com algum critério de preferência humana. Nos testes com a escala hedônica, as amostras podem ser apresentadas, simultaneamente em ordem ao acaso, ou método da amostra única, onde as amostras são servidas individualmente, em sucessão. Os resultados mostraram que o teste de amostra única com escala hedônica respondeu ao objetivo de identificar o percentual de aceitabilidade do produto pelos consumidores (Quadro 13) conforme pode ser observado na Figura 31.

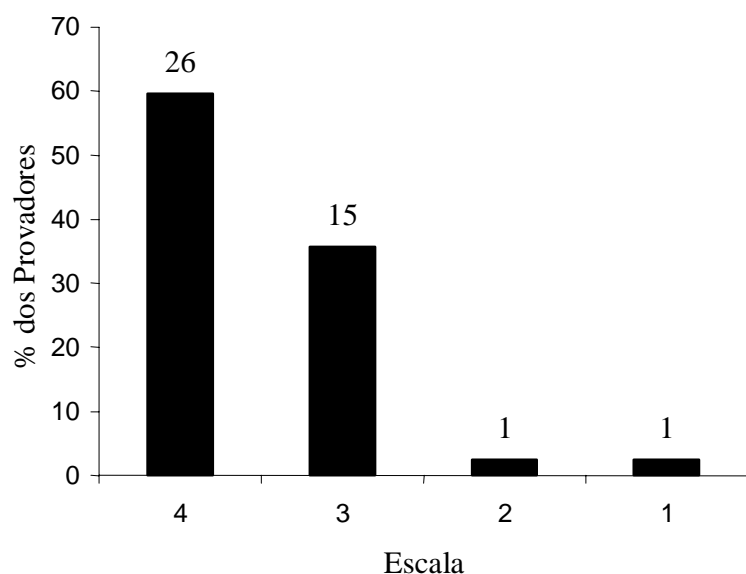
Os índices objetivos de aceitação mais comumente usados são: a quantidade de alimento consumido, frequência de escolha de um alimento entre alimentos competitivos e frequência de aquisição na área de mercado conforme Teixeira et al. (1987). O índice de aceitabilidade é calculado tomando qualquer escala de avaliação e considerando-se como 100% o máximo de pontuação alcançada pelo produto que está sendo testado, e para que um produto seja considerado como aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha um índice de aceitabilidade de no mínimo 70%. O Quadro 13 apresenta os coeficientes de aceitação das questões A (86,33%) e B (90%) com valores superiores ao mínimo considerado pelos pesquisadores citados.



Legenda: Escala Hedônica, 1. Desgostei extremamente, 2. Desgostei muito, 3. Desgostei moderadamente, 4. Desgostei ligeiramente, 5. Nem gostei / nem desgostei, 6. Gostei ligeiramente, 7. Gostei moderadamente, 8. Gostei muito, 9. Gostei extremamente

Figura 31. Aceitabilidade dos pães sem glúten elaborados com a pré-mistura expressa em porcentagem e número de 43 provadores em escala Hedônica

Os valores mínimo (1. Desgostei muito) e máximo (9. Gostei extremamente) das questões 1 e 2 (1. Nunca compraria e 4. Compraria sempre que tivesse oportunidade) mostraram os limites das respostas dos consumidores. Na maioria das respostas a média, a mediana e moda apresentaram valores ascendentes tanto para a questão A (7,59 ; 8,00 ; 8,00) (Quadro 13), (Figura 31) quanto para a questão B (3,52 ; 4,00 ; 4,00), (Quadro 12) respectivamente expressos na Figura 32.



Legenda: 4. Compraria sempre que tivesse oportunidade ; 3. Compraria eventualmente , 2. Compraria raramente , 1. Nunca compraria

Figura 32: Distribuição da percentagem dos 43 provadores celíacos em função da escala para compra do pão sem glúten elaborado com a pré-mistura selecionada

Escouto e Cereda (2000b) avaliaram a aceitabilidade de pão sem glúten em público não celíaco obtendo 86,22% de aceitabilidade para a questão 1 com notas entre 8 – gostei muito e 9 – gostei muitíssimo, outros 92,25% para a questão 2 com notas 3 – compraria eventualmente e 4 – compraria sempre que tivesse oportunidade sobre a compra do pão. Os resultados para aceitabilidade do pão sem glúten foi obtida através da análise univariada dos dados coletados em escala hedônica sendo que 86,33% (Figura 31) dos provadores celíacos atribuíram notas entre 8 – gostei muito e 9 – gostei muitíssimo e, 90% (Figura 32) dos mesmos provadores atribuíram notas 3 – compraria eventualmente e 4 – compraria sempre que tivesse oportunidade para a questão referente a compra do pão sem glúten mostrando excelente aceitação do produto.

4.3.3 Avaliação de cor da crosta e miolo do pão

A cor muito escura resulta de temperatura do forno muito alta ou excesso de cozimento conforme observado por El-Dash, et al. (1986). Pyler (1988 a) considera que a cor é marcadamente afetada pelo nível de açúcar residual presente na massa, que deriva da fermentação e da atividade amilolítica.

Os resultados apresentaram pães com crosta dourada provavelmente devido à temperatura utilizada (220°C por 30 minutos) para o assamento e a presença de açúcar residual conforme observada pelos autores, uma vez que neste caso não tem atividade amilolítica porque não é farinha de trigo que tem amilase. A equivalência em escala Pantone elaborada pela comparação da crosta dos pães ficou assim apresentada crosta marron avermelhado caramelizado Pantone 154 C (Pantone yellow 66.7 – 12 pts ; Pantone worm red 22.2 – 4 pts; Pantone black 11.1 – 2 pts) e miolo creme claro levemente acinzentado Pantone 726 C (Pantone Or. 021 – 1.1 – 1 pt ; Pantone black .4 – 3/8 pt ; Pantone trours. wt 98.5 – 86 5/8 pts).

4.3.4 Avaliação calorimétrica do pão

Pode-se observar no Quadro 14 que a composição do pão acompanhou de perto a composição da pré-mistura (Quadro 11).

Quadro 14: Análise Centesimal de pão sem glúten

Componentes	Média (g/100g)
Umidade	3,96
Carboidratos	76,88
Proteínas	2,17
Lipídios	6,25
Minerais	2,27
Fibras	7,87

Era de se esperar que com a adição e parcial fixação de água no pão, a composição do pão mostrasse algum tipo de diluição, entretanto a quantidade de carboidratos

foi maior que na formulação da pré-mistura (70,41%). A proteína apresentou redução, passando de 3,72% na pré-mistura para 2,17% no pão. Minerais foram semelhantes (2,12%) e fibra um pouco menor (8,41%), assim como os lipídios (11,62), provavelmente pelo aumento dos carboidratos.

O valor calórico total do pão foi 372,46 Kcal/100g. A energia metabolizável foi calculada a partir dos dados de composição química das amostras de pão sem glúten em 3 repetições. No cálculo foi usado o fator de Atwater, ou seja, 4, 9 e 4 Kcal/g para proteína, lipídeos e carboidratos e os resultados expressos em Kcal/ 100g da amostra conforme pode ser observado no Quadro 13. O pão apresentou menor poder calórico que a pré-mistura que apresentava em média 428,59 Kcal para cada 100g.

Farias et al. (2000) consideram como energia metabolizável somente os constituintes químicos digeríveis e absorvidos pelo organismo. Assim, os valores encontrados são relativamente menores do que os encontrados pela energia bruta confirmando os resultados expressos no Quadro 13. Em relação ao pão de forma que contém 350,00 Kcal/100g dados apresentados por Franco (1996) o pão sem glúten apresentou teores menores (Quadro 13). A ampliação da discussão sobre o potencial dietético e funcional deste produto já foram estabelecidos pela agência nacional da vigilância sanitária (ANVISA).

Em relação às calorias geradas pela análise centesimal observou-se um aumento de 127,34 Kcal das 245,12 Kcal citadas por Escouto e Cereda (2000b) em pão sem glúten para 372,46 Kcal por 100 gramas de pão sem glúten elaborado através da pré-mistura devido às características dos componentes da formulação.

4.4 Considerações gerais

Os resultados obtidos da análise econômica mostraram um aumento significativo de R\$ 1029,84 no custo do processamento de 1 tonelada de pão sem glúten de R\$ 3816,61 segundo Escouto e Cereda (2000b) para R\$ 2795,88 de pré-mistura sem glúten devido a variações sazonais no preço dos derivados de mandioca e na forma de obtenção das matérias primas em nível de mercado.

Nos resultados obtidos por Escouto e Cereda (2000), houve a preocupação com a fonte de fibra e optou-se por farinha de mandioca moída crua por possuir amido em sua composição, além de fibra. Os autores obtiveram para pães sem glúten com 2,12g de fibras para cada 100g de pão. Nos resultados da análise centesimal de pão sem glúten, foram encontrados 7,87g para cada 100g de pão indicando um aumento de 5,75g de fibras no pão feito com a nova formulação de pré-mistura.

Escouto e Cereda (1999 a,b) observaram que, a farinha de mandioca (26%) e polvilho azedo a 39% apresentaram a propriedade de formar gel mais coesivo quando hidratados com tratamento térmico e melhoraram a consistência da massa tornando-a mais macia conforme já observado por Eggleston et al. (1992) que pesquisando o uso de farinha de mandioca com farinha de soja observaram a formação de gel, porém estes usaram aditivos como: goma xantana, clara de ovo e margarina para dar estabilidade a massa.

Os resultados do pão feito com pré-mistura sem glúten demonstraram que além da farinha de mandioca a 12,98% e o polvilho azedo a 57,69% o amido pré-gelificado a 2,88% desenvolveram a propriedade de formar gel coesivo melhorando a consistência da massa tornando-a mais macia somente com a adição de lecitina de soja a 0,57%.

Escouto e Cereda (2000a) tentaram substituir o escaldamento feito em laboratório utilizando amido pré-gelificado feito em laboratório (10%). O resultado não foi o mesmo do N 80, pois o produto apresentou crosta excessivamente dura ao final do forneamento sendo descartado seu uso nos demais.

Segundo Mestres et al. (1996) o polvilho azedo tem a capacidade de produzir e reter gases bastando estar hidratado e receber tratamento térmico, proporcionando uma textura semelhante ao pão de trigo que requer leveduras para a produção de gás carbônico

e glúten para formar células e reter gases. Esses resultados confrontam a afirmação de Hosoney (1984) de que somente produtos formadores de glúten é que são capazes de reter gases. Nos resultados obtidos o polvilho azedo foi fundamental para estabelecer ligações intermoleculares com o amido pré-gelificado livre estruturando a formação de filme por onde os gases produzidos durante a fermentação e o assamento organizaram células e toda estrutura celular.

Embora Escouto e Cereda (1999b) tenham conseguido elaborar pão sem glúten com 48% de polvilho azedo, o miolo apresentou-se sem alveolação definida e muita gomosidade, crosta endurecida embora de cor, aroma e sabor próprios de pão e Shen et al. (1998) produzindo pães com 80% de polvilho azedo acrescidos de 20% de farinha de soja, os resultados obtidos em massa para pré-mistura sem glúten com polvilho azedo a 57,69% demonstraram seu papel tecnológico na estrutura da alveolação reduzindo a gomosidade, crosta mais fina e macia bem como aroma e sabor de pão.

Pyler (1988) e Dubois (1984 apud MACHADO, 1996) observaram que para o pão de trigo passada a etapa de mistura dos ingredientes houve incorporação de ar, obtendo-se uma massa homogênea de consistência adequada e estrutura uniforme, com oxigenação abundante, houve, também fornecimento de núcleos para formação de células de gás no miolo. Os resultados obtidos confirmam que o pão produzido da massa de pré-mistura sem glúten aproximou-se, tanto quanto possível, do pão de forma comercial por apresentar internamente núcleos de células de gás abundantes embora sem uniformidade comportando-se de modo semelhante com determinada elasticidade, rede estruturada e maciez conforme já observado por Escouto e Cereda (2000 b).

Escouto e Cereda (2000 a, b) ao optarem pelo método direto conforme El-Dash (1986) para produzir produtos do tipo pão à base de polvilho azedo e farinha de mandioca, se diferenciaram por apresentar escaldamento com mistura a 97°, e tempos de mistura e assamento da massa mais longos (15 minutos e 30 minutos). Os resultados obtidos a partir da reestruturação da formulação sem glúten num formato de pré-mistura sugerem o método direto conforme Granotec (2004) onde não foi preciso o escaldo.

Escouto e Cereda (2000b) utilizaram fermento biológico fresco a 6% observou influência sobre as características da crosta, cor e estrutura das células do miolo, aroma e gosto e a textura após 3 e 24 horas do forneamento. Nos resultados o fermento

apresentou influência basicamente no aroma e gosto do pão, camuflando o aroma forte dos ácidos orgânicos característicos do polvilho azedo.

Em pesquisas futuras possivelmente se poderá substituir o polvilho azedo por produtos comerciais.

5 CONCLUSÕES

A pré-mistura elaborada proporcionou a seguinte composição centesimal em g/100g: umidade 3,38, carboidratos 70,41, proteínas 3,72, lipídios 11,62, minerais 2,12 e fibras 8,41. Essa formulação foi selecionada considerando todas as características físicas e sensoriais do pão sem glúten obtido por provadores celíacos. Os pães com esta formulação apresentaram miolo elástico, leve gomosidade, células de gás mais uniformes, rede celular estruturada, aroma e sabor de pão.

Para elaborar essa pré-mistura foi necessário 0,4199 kw/h em 46,22 minutos. Dos ingredientes utilizados, mais de 70% foi dos derivados de mandioca, polvilho azedo (58%) e farinha crua (13 %). O custo dos ingredientes calculados para tonelada de pré-mistura em dezembro de 2003 foi de R\$ 2795,88, mas esse preço não corresponde ao de produção comercial. Os menores percentuais de custo foram de amido pré-gelificado, açúcar refinado, sal refinado e lecitina, que juntos representam menos de 1% do total. O fermento biológico seco, leite em pó integral e a gordura vegetal hidrogenada já representam um custo razoável. Os custos maiores ficaram por conta dos derivados de mandioca juntos perfizeram mais de 35% sobre o total da formulação, mas também representam cerca de 70% do peso da formulação.

A pré-mistura apresentou cor equivalente a mescla de cores de branco pérola com cinza e creme bem claros, com equivalentes de: Pantone 7527 V (Pantone black 1.0 – ¼ pt ; Pantone yellow .5 – 1/8 pt ; Pantone trours. wt 98.5 – 24 5/8 pt).

A pré-mistura é eminentemente calórica com 428,59 Kcal /100g em energia metabolizável e 401,10 Kcal/100g de energia bruta.

A avaliação sensorial mostrou que a formulação desenvolvida proporcionou pães com 86,33% de aceitabilidade entre celíacos, considerados como consumidores alvo, propiciando boa potencialidade para o produto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association official analytical chemists**. 12. ed. Washington, 1975. 1094 p.

ACS, E.; KOVACS, Z.; MATUZ, J. Bread from corn starch for dietetic purposes. I. Structure formation. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 24, n. 4, p. 441-449, 1996a.

ACS, E.; KOVACS, Z.; MATUZ, J. Bread from corn starch for dietetic purposes. II. Formation of the visual and technological properties. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 24, n. 4, p. 451-459, 1996b.

ACELA. Disponível em: www.aceia.org.ar. Acesso em 27 fev. 2004.

¹ UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agronômicas. Normas para a elaboração de dissertações e teses. Botucatu, 1997. 35p.¹

AMIDO pré-gelificado. Disponível em: www.nationalstarch.com/. Acesso em 26 fev. 2004.

ARRANZ, E. Enfermedad celíaca: factores genéticos. **Pediátrika**, Valladolid, v. 23, n. 4, p. 145-148, 2003.

ASTÉ, M. **Evolution des propriétés physico-chimiques de l'amidon de manioc (Mcol 1522) au cours de la fermentation**: mise en évidence du rôle de l'acide lactique et de l'exposition au soleil sur l'acquisition du pouvoir de panification de l'amidon aigre. Paris: Programme CEE/STD3 "Valorisation di manioc en Amérique Latine", CIRAD-SAR/CIAT, 1994. p.

ATZINGEN, M. C. B. C. VON ; SILVA, M. E. M. PINTO E. Inhame na formulação de pão sem glúten. **Nutrire**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 33-48, 2001.

BARTLEY, S. H. Taste and smell perceptions. **In: BARTLEY, S.H. Principles of perception**. New York: cap. 14, 1969, p. 379-384.

BERMEJO, A. M. ; ALLUÉ, I. P. Alterações neurológicas en la enfermedad celíaca. **Pediátrika**, Madrid, v. 23, n. 4, p. 162-165, 2003.

BOURSIER, B. Applications alimentaires des amidons modifiés. **In: BOURSIER, B. Industries alimentaires et agricoles**, "Les additifs alimentaires", Paris, n. 9, p. 583-592, 1994.

CARDENAS, O. S. ; BUCKLE, T. S. de. Sour cassava sour starch production: a preliminary study. **Journal of Food Science.**, Chicago, v. 45, n. 1, p. 1509-1528, 1980.

CALVO, C. Tratamento da enfermidade celíaca. **Pediátrika**, Valladolid, v. 23, n. 4, p. 174-177, 2003.

CAMARGO, C. et al. Functional properties of sour cassava (*Manihot utilissima*) starch: polvilho azedo. **Journal of the Science of Food and Agriculture.**, v. 45, n. 2, p. 273-289, 1988.

CAPDEVILLA, E.F. Manifestaciones cutáneas en la enfermedad celíaca. **Pediátrika**, La Coruña, v. 23, n. 4, p. 166-167, 2003.

CATASSI, C. et al. Coeliac disease in the year 2000: exploring de iceberg. **Lancet**, Ancona, v. 343, p. 200-203, 1994.

CEREDA, M. P. Padronização para ensaios de qualidade de fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). I – Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 287-295, 1983.

CEREDA, M. P. ; VILPOUX, O. ; NUNES, O. L. G. da S. & CHUZEL, G. Modificação de fécula por fermentação. In: BORZANI, W. **Biotechnologia Industrial**. São Paulo, Edgard Blucher, Ed. da Universidade de São Paulo, v. 3, cap. 20, p. 413-460, 2001. (Biotechnologia).

CEREDA, M. P.; NUNES, O. L. G. S. Effect of ultraviolet radiation on the functional properties of the cassava starch treated with lactic acid. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL ROOT AND TUBER CROPS, 2000, Trivandrum, Thiruvananthapuram. **Anais...** Thiruvananthapuram, 2000, v. 3, p. 76.

CEREDA, M. C.; VILPOUX, O. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas: o amido com aplicação em produtos para alimentação saudável**. Campinas: Cargill. 2003, v. 3, c. 10, p. 355-376.

CHRISTHIANSON, D.D. Bread foods fortified with vegetable protein. **Bakers Digest**, Shawnee Mission, v. 50, n. 3, p. 34-36, 1976.

EGGLESTON, G. ; OMOAKA, P.E. ; IHEDIOHA, D.O. Development and evaluation of products from cassava flour as new alternatives to wheaten breads. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Barking, v. 59, n. 3, p. 377-385, 1992.

EL-DASH, A. A. **Fundamentos da tecnologia de panificação: tecnologia agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. 1986. 347 p.

EL-DASH, A. A. Molecular structure of gluten and viscoelastic properties of dough: a new concept. In: BRAZILIAN CONGRESS OF PROTEIN, 1., 1991, Campinas. **Proceedings: Campinas: Unicamp, 1991. p. 511-530.**

ESCOUTO, L. F. S. ; CEREDA, M. P. Ajustes de formulação para pães sem glúten. In: I SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. **Anais... Botucatu: FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS, UNESP, 1999^a. p. 251-256.**

ESCOUTO, L. F. S. ; CEREDA, M. P. Ajustes de formulação para pães sem glúten de polvilho azedo. In: Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, 3., 1999. **Anais... Campinas: Unicamp, 1999b. p. 133.**

ESCOUTO, L. F. S. ; CEREDA, M. P. Use of fermented cassava starch in the development of a formulation for bread without gluten. In: 2000. TWELFTH SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS, 2000, Tokio. **Proceedings... 2000a. Tóquio: 2000^a. p.98.**

ESCOUTO, L. F. S. ; CEREDA, M. P. Utilização de polvilho azedo no desenvolvimento de formulação para pão sem glúten. Fortaleza. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000. Fortaleza. **Anais... Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará, 2000b. p. 11.98.**

ESCOUTO, L. F. S. ; CEREDA, M. P. **Desenvolvimento de produto panificável à base de produtos de mandioca visando os hipersensíveis ao glúten**. 2000. 145f. Dissertação

(Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

ESCOUTO, L. F. S. ; CEREDA, M. P. Efeito de amido pré-gelificado em pré-mistura para pão sem glúten à base de polvilho azedo e farinha de mandioca. Botucatu. SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO DE PESQUISAS DO CERAT, 20., 2003. Botucatu. **Anais...** Botucatu: CERAT/UNESP, 2003. p. 23 - 24.

FAO. Disponível em: www.fao.org/. Acesso em: 26 fev 2004.

FARIAS, M. A. ; PEREIRA, S. M. N. ; MOURA, M. R. L. Avaliação do valor calórico total de bolachas tipo “cracker”. Fortaleza. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará, 2000. p .7.4.

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

FERREIRA, S. M. R. ; ALVES, S. P. M. Avaliação da qualidade do pão de fôrma em sistema de alimentação coletiva: uma proposta. **Higiene Alimentar**, Curitiba, v. 17, n. 107, p. 34-42, 2003.

FRANCISCHI, M. L. Doença celíaca. **Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate**. Campinas, v. 4, n. 1, p. 6, 1998.

FREITAS, R. E. ; STERTZ, S. C. ; WASZCZYNSKYJ, N. Viabilidade da produção de pão, utilizando farinha mista de trigo e mandioca em diferentes proporções. **Boletim do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Paraná**, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 197-208, 1997.

GAMBUŚ H. et al. The effect of use of guar gum with pectin mixture in gluten-free bread. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities**, Cracow, v. 4, n. 2, p. 1-13, 2001.

GRANOTEC. Disponível em: www.granotec.com.br. Acesso em: 20 fev. 2001.

GRANOTEC. Disponível em: www.granotec.com.br. Acesso em: 26 fev. 2004.

HOLUB, S. Development of gluten free extruded bakery products. **Ernaehrung**, v. 14, p. 208-209, 1990.

HOSENEY, R. C. Gas retention in bread doughs. **Cereal Foods World**, St Paul, v. 29, n. 5, p. 305-308, 1984.

LEHNINGER, A. L. **Biochimie**: Bases moléculaires de la structure et des fonctions cellulaires, Flammarion Médecine, 1979. p. 245-273.

LEHNINGER, A. L. ; NELSON, D. L. ; COX, M. M. **Principles of biochemistry**. New York: Worth Publishers, n. 11, p. 308-309, 1993.

LINDEN, G. ; LORIENT, D. **Bioquímica agroindustrial**. Zaragoza: Acribia, 1996. p. 285.

LÓPEZ, A. C. B. ; JUNQUEIRA, R. G. Desenvolvimento de um sucedâneo para pão de forma isento de glúten. In: Semana da Pós-Graduação da UFMG, 3., 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Disponível em: www.ufmg.br/prpg/anais3_agrarias.htm. Acesso em: 30 nov. 2003.

KACZMARSKI, M. ; KURZATKOWSKA, B. The contribution of some environmental factors to the development of cow's milk and gluten intolerance in children. **Roczniki Akademii Medyaznej im Juliana Marchleuskiego w Białymstoku**, Warsaw, v. 33, p. 151-165, 1988.

KEETELS, C. J. A. M. et al. Structure and mechanics of starch bread. **Journal of Cereal Science**, Wageningen, v. 24, n. 1, p. 15 – 26, 1996a.

KEETELS, C. J. A. M. ; VLIET, T. Van ; WALSTRA, P. Relationship between the sponge structure of starch bread and its mechanical properties. **Journal of Cereal Science**, Wageningen, v. 24, n. 1, p. 27 – 31, 1996b.

KOKKE, F. T. et al. A new biscuit free of cow's milk , chicken egg protein, lactose and gluten for children with food hipersensitivity. **Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde**, Amsterdam, v. 17, n. 1, p. 2549-2552, 1994.

KULP, K. ; HEPBURN, F. N.; LEHMANN, T. A. Preparation of bread without gluten. **Baker's Digest**, Shawnee Mission, v. 48, n. 3, p. 34-7, 1974.

KULP, K. Enzymes as dough improvers. In: KAMEL, B.S.; STARFFER, C.E. **Advances in baking technology**. Blackie Academic & Professional, 1993. cap. 7, p. 152-178.

MACHADO, L. M. P. **Pão sem glúten**: otimização de algumas variáveis de processamento. 1996. 186f. Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

MESTRES, C. ; ZAKHIA, N. ; DUFOUR, D. Functional and physicochemical properties of sour cassava starch. In: FRAZIER, P.J.; RICHMOND, P.; DONALD, A . M. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 24, n. 4, p. 441-449, 1996.

METCALFE, D. D. Food hipersentivity. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, St Louis, v. 73, n. 3, p. 749-761, 1984.

MIRANDA, A. R. ; GONZÁLEZ, I. M. ; PÉREZ, T. G. Orientaciones dietéticas para el paciente celíaco. La Habana. **Revista Cubana de Alimentación y Nutrición**, La Habana, v. 12, n. 1, p. 58 – 61, 1998.

NAKAI, K. et al. Enzyme-mix dough improver. **Trends in Food Science & Technology**. Aichi-ken. v. 7, n. 8, p. 272, 1996.

NAKAMURA, I. M.; PARK , Y. K. Some physico-chemical properties of fermented cassava starch (“polvilho azedo”). **Die Stärke**, v. 27, n. 9, p. 295-297, 1975.

COMPANHIA QUÍMICA DE AMIDO NACIONAL. Boletim Técnico. Disponível em: <www.nationalstarch.com> Acesso em: 26 fev. 2004.

NUNES, O. L. G. S. **Otimização de parâmetros de tratamento com radiação ultravioleta em fécula de mandioca modificada com ácido láctico**. Botucatu: Centro de Raízes e Amidos Tropicais, Universidade Estadual Paulista, 1999. (Relatório Final apresentado à FAPESP).

PAPINI, S. D. ; NICOLAS, Y. ; POPINEAU, Y. Efficiency and limitations of immunochemical assays for the testing of gluten-free foods. **Journal of Cereal Science**, London, v. 30, n. 2, p. 121-131, 1999.

PÉREZ, E. S. Epidemiologia de la enfermedad celíaca. **Pediátrika**, Segovia, v. 23, n. 4, p. 141 – 144, 2003.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**. Barueri: Manole, 2003. p. 27 – 35.

PYLER, E. J. **Baking science & technology**. 3.ed. Kansas: Sosland Publishing Company, 1988. v. 1, cap. 4, p. 132-182.

ROMALDINI, C. C. **Estudo das concentrações séricas do receptor solúvel da interleucina-2, da interleucina-6 e do fator de necrose tumoral- α em crianças com doença**

celíaca. São Paulo, 2000. Introdução. p. 2 – 18. Tese (Doutorado em Pediatria) Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

RUITER, D. de. Composite flours. **Advances in Cereal Science and Technology**. v. 2, n. 1, St. Paul, p. 349-385, 1978.

SALGADO, J. M. **Faça do alimento o seu medicamento**. In: SALGADO, J.M. Doença Celíaca: o único remédio é o alimento. 7. ed. São Paulo: Madras, 2003. cap. 16, p. 93 – 97.

SANCHEZ, H. D. ; OSELLA, C. A. ; TORRE, M. A. de la. Optimization of gluten-free bread prepared from corn starch, rice flour, and cassava starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 1, 2002.

SHEN, H. ; WANG, M. Fermentation technology for producing cassava sour starch. **Wuxi. Wuxi – Qin – Dax – Xue**. v. 17, n. 4, p. 5-9, 1998.

SDEPANIAN, V. L. ; MORAIS, M. B. ; FAGUNDES-NETO, U. Doença celíaca: a evolução dos conhecimentos desde sua centenária descrição original até os dias atuais. **Arquivos de Gastroenterologia**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 244-257, 1999.

SILVA, D. J. Determinação de energia bruta. In: SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. p. 129-136.

SINDIPAN. Disponível em: <www.sindipan.org.br.> Acesso em: 26 fev. 2004.

SUPORTE BRASWEY. Disponível em: <www.suportebraswey.com.br.> Acesso em: 26 fev. 2004.

TANABE, S. ; ARAI, S. ; WATANABE, M. Modification of wheat flour bromelain and baking hypoallergenic bread with added ingredients. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**. Tokyo, v. 60, n. 12, p. 1269-1272, 1996.

TEIXEIRA, E ; MEINER, E. M. ; BARBETA, P. A. **Análise sensorial de alimentos.**

Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1987. 180 p.

THIBAUT, J. F.; COLONNA, P. Propriétés fonctionnelles: pectines et amidon. **Cah
l'ENSBANA**, Paris, n. 6, p. 157-169, 1988.

TOUFEILI, I. et al. Formulation of gluten-free pocket-type flat breads: optimization of methylcellulose, gum Arabic, and egg-albumen levels by response surface methodology. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 71, n. 1, p. 594-601, 1994.

VANDERBILT, T. Pantone, The world's littest - know corporate giant, launches a consumer effort of a different color. **I.D. Magazine**, New York, p. 50-57, may, 2000.

VENTURINI FILHO, W.G. **Fécula de mandioca como adjunto de malte na fabricação de cerveja.** Botucatu, 1993. 233f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

WINTZ, E.; KUNTZE, R. Specific features of the manufacture of dietetic bakery products for particular groups of consumers. **Getreid Mehl und Brot**, Bochum, v. 50, n. 4, p. 235-240, 1996.

YLIMAKI, G et al. A survey of the management of the gluten-free diet and the use of gluten-free yeast breads. Edmonton. **Journal of the Canadian Dietetic Association**, Toronto, v. 50, n. 1, p. 26-30, 1989.

YLIMAKI, G. et al. Response surface methodology in the development of rice flour yeast breads: Sensory evaluation . **Journal Food Science**, Chicago, v. 56, n. 3, p. 751-755, 759, 1991.