

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos

**Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de
diferentes processos fermentativos**

Vanessa Cukier de Aquino

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientadora:
Profa.Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2012

Ficha Catalográfica

Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

Aquino, Vanessa Cukier de
A675e Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de
diferentes processos fermentativos / Vanessa Cukier de Aquino. --
São Paulo, 2012.
87p.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
da Universidade de São Paulo. Departamento de Tecnologia
Bioquímico-Farmacêutica.

Orientador: Lannes, Suzana Caetano da Silva

1. Tecnologia de alimentos 2. Panificação I. T. II. Lannes,
Suzana Caetano da Silva, orientador.

664 CDD

Vanessa Cukier de Aquino

Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes
processos fermentativos

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Prof. Dr. Adalberto Pessoa Junior
presidente

1º. examinador

2º. examinador

São Paulo, _____ de ____.

Resumo

AQUINO, V. C. **Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes processos fermentativos.** 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Tecnologia Bioquímico-farmacêutica, Universidade de São Paulo, 2012.

Massas de pães são preparadas a partir da mistura de farinha de trigo, água, sal e fermento. Ao entrar em contato com a água e sofrer amassamento mecânico, a farinha de trigo tem a propriedade, quase exclusiva, de produzir uma massa coesa e viscoelástica, por conter proteínas formadoras de glúten. O processo de mistura pela qual passam as massas de pães, seguido de etapas de fermentação é fundamental para o bom desenvolvimento da massa e qualidade final do pão acabado.

As análises de textura (*back extrusion* e extensibilidade) e volume, em massa crua de pão, podem avaliar o desenvolvimento e a qualidade de massas, eficácia de formulações e a eficiência dos ingredientes usados na melhoria do desenvolvimento da massa e do pão acabado.

O projeto teve como objetivo elaborar formulações de massas de pães por diferentes processos de fermentação e testá-las através das análises de textura por extensibilidade e *back extrusion*, e volume sendo esta última sugerida para esse fim. Também foi testada a substituição de parte da farinha de trigo por triticale.

As formulações utilizadas incluíram diferentes métodos de preparo de massas, como método direto e indireto, sendo nove formulações propostas. Pelo método direto o fermento seco instantâneo é adicionado diretamente à farinha e em seguida os demais ingredientes da formulação são adicionados, em uma única fase, seguido das etapas de mistura e fermentação.

Já para as massas elaboradas de forma indireta, preparou-se uma massa fermentada denominada esponja, que foi feita com parte da farinha e da água e todo fermento seco instantâneo da formulação, deixada fermentar durante uma hora. Em uma segunda fase, a esponja foi adicionada ao restante dos ingredientes, seguido das etapas de mistura e fermentação.

Os resultados das análises mostraram as diferenças do comportamento reológico de massas preparadas por diferentes processos fermentativos e a

influência dos ingredientes como, o iogurte, adicionado por conter substâncias que são encontradas em pães fermentados naturalmente, resultando no aumento dos parâmetros reológico das massas contendo esse ingrediente.

Palavras-chave: textura de massa, *back extrusion*, fermentação

Abstract

AQUINO, V. C. Study of the dough structure of bread made from different fermentation processes. 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Tecnologia Bioquímico-farmacêutica, Universidade de São Paulo, 2012.

Dough of bread are prepared from the mixture of flour wheat, water, salt and yeast. By contacting the water and suffer mechanical kneading the flour has property, almost exclusively, to produce a cohesive dough and viscoelasticity, which contain gluten-forming proteins. The mixing process through which runs the dough of bread, followed stages of fermentation is essential for the dough development and final quality of the finished bread.

The analysis of texture (back extrusion and extensibility) and the volume dough of raw bread, can measure the development and quality of dough, formulation's effectiveness and efficiency of ingredients used in enhancing development of dough and the finished bread.

The project had the object to develop formulations of dough for different fermentation processes and test them through the analysis of texture by extensibility and back extrusion, the latter being suggested for this purpose. Also was tested the substitution of part of the flour for triticale.

The formulations used included different methods of preparation of dough, as a direct and indirect method, being nine formulations proposed. Through direct method the instant dry yeast is added directly to flour and then other ingredients formulation are added in a single phase, followed by stages of mixing and fermentation.

To the dough produced in an indirect way, has been prepared a fermented dough called sponge, which is made with part of the flour and water and all instant dry yeast used in the formulation, and left to ferment for one hour. In a second phase, the sponge was added to the rest of the ingredients, followed the steps of mixing and fermentation.

The analysis results showed the differences of rheological behavior of doughs prepared by different fermentation processes and the influence of ingredients as yogurt, added to contain substances that are found in naturally

fermented breads, resulting in the increase of rheological parameters of the dough containing this ingredient.

Keywords: dough texture, back extrusion, fermentation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura anatômica de um grão de trigo.....	14
Figura 2 - Representação da estrutura da amilose.....	16
Figura 3 - Representação da estrutura da amilopectina.....	16
Figura 4 - Estrutura do glúten: gliadina e glutenina.....	18
Figura 5 - Brotamentos de células de levedura com formação de cadeias curtas	20
Figura 6 - <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	21
Figura 7- Após hidratação, glutenina pura (esquerda) e gliadina pura (centro) mostram diferenças físicas. Glúten, no entanto, apresenta propriedades que combinam os extremos de seus dois componentes.....	33
Figura 8 - Apresentação esquemática da interação entre os diferentes ingredientes (amido, lipídio, células de ar e glúten) após a etapa de mistura e fermentação.....	34
Figura 9 - Fluxograma utilizado no preparo das amostras e análises de textura e volume.....	53
Figura 10 - Ingredientes pesados.....	54
Figura 11- Mistura e sova da massa.....	55
Figura 12 - Ponto de véu da massa.....	55
Figura 13 - Massa boleada.....	55
Figura 14 - Divisão da massa.....	56
Figura 15 - Massa aberta.....	56
Figura 16 - Massa rolada.....	56
Figura 17 - Amostras de massa crua de pão tipo baguete após a 2 ^a fermentação.....	57
Figura 18.- Amostra de massa crua de pão tipo baguete cortada em partes de 7 cm depois da 2 ^a fermentação para análise de textura – <i>back extrusion</i>	57
Figura 19 - Amostra no copo acrílico do aparelho.....	57
Figura 20 - Análise de extrusão.....	58
Figura 21 - Amostra de massa crua de pão tipo baguete antes da 2 ^a fermentação para análise de extensibilidade.....	58
Figura 22 - Análise de extensibilidade em massa de pão crua tipo baguete....	59

Figura 23 - Teste de volume – antes da 2º fermentação.....	59
Figura 24 - Teste de volume – após 2º fermentação.....	60
Figura 25 - Gráfico médio da análise de <i>back extrusion</i> da amostra ETG.....	64
Figura 26 - Gráfico comparativo dos resultados das análises de <i>back extrusion</i>	65
Figura 27 - Gráfico comparativo dos resultados da análise de Extensibilidade.....	71
Figura 28 - Gráfico comparativo dos resultados de crescimento do volume das amostras.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição da farinha com 72% de extração.....	15
Tabela 2 - Leveduras identificadas em massa azeda.....	22
Tabela 3 - Leveduras para diferentes aplicações em panificação	24
Tabela 4 - Compostos produzidos durante a fermentação e / ou panificação..	38
Tabela 5 - Formulações Experimentais de Massa de Pão tipo Baguete.....	52
Tabela 6 - Formulações Experimental de Fermento do Método Indireto (Esponja).....	52
Tabela 7 - Resultados do Ponto de Quebra (N), Firmeza (N), Consistência (N.s), Coesividade (N) e Índice de Viscosidade (N.s) das amostras no teste de <i>back extrusion</i>	64
Tabela 8 - Resultados médios da análise de extensibilidade medida das amostras.....	70
Tabela 9 - Resultados médios de volume medido das amostras.....	74

LISTA DE SÍMBOLOS

N newton

N.s newton por segundo

°C graus celsius

mL mililitro

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Definição.....	13
1.2 Ingredientes Utilizados.....	13
1.2.1 Farinha de Trigo.....	13
1.2.2 Triticale.....	18
1.2.3 Fermento Biológico (levedura).....	20
1.2.4 Água.....	24
1.2.5 Sal.....	25
1.2.6 Gordura.....	26
1.2.7 Iogurte.....	29
1.3 Processo de Produção de Massa de Pão.....	30
1.4 Etapas Básicas na Produção de Pães.....	32
1.4.1 Mistura, Amassamento e Desenvolvimento da Massa de Pão.....	32
1.4.2 Divisão, Boleamento e Modelagem.....	35
1.4.3 Fermentação.....	36
1.4.3.1 Fermentação com Levedura Comercial.....	36
1.4.3.2 Fermentação Natural.....	39
1.4.4 Incisão.....	43
1.4.5 Assamento.....	43
1.4.6 Resfriamento.....	43
1.5 Retenção de Gás na Massa de Pão.....	43
1.6 Propriedades Reológicas de Massa de Pão.....	46
1.7 Análise de Textura.....	48
2 OBJETIVO.....	50
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	51
3.1 Material.....	51
3.2 Métodos.....	51
3.2.1 Preparo das Amostras.....	51
3.2.2 Análise de Textura.....	56
3.2.2.1 Back extrusion.....	56
3.2.2.2 Extensibilidade.....	58
3.2.3 Análise de Volume.....	59

3.4	Análise dos Dados.....	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
4.1	<i>Back Extrusion</i>	62
4.2	Extensibilidade.....	69
4.3	Volume.....	73
5	CONCLUSÃO.....	77
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
	ANEXO I – LAUDO TÉCNICO DA FARINHA DE TRIGO.....	85
	ANEXO II – FICHA TÉCNICA MARGAINA PROBISC LT 80.....	86
	ANEXO III - FICHA TÉCNICA GORDURA VEGETAL PROPAN 00LT.....	87

1 INTRODUÇÃO

1.1 Definição

Pães são os produtos obtidos da farinha de trigo e/ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descharacterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (BRASIL, 2005).

Há cerca de 12.000 anos a espécie humana começou a comer um tipo de massa crua feita apenas de água e farinha. Acredita-se que os egípcios, foram os primeiros a consumir massa fermentada e assada há 3.000 anos a.C. As primeiras fermentações começaram, provavelmente, a partir de microrganismos que estavam presentes no ar (POMERANZ, 1987).

O que chamamos hoje de pão representa o desenvolvimento e o aprimoramento técnico progressivo dos produtos fermentados à base de trigo ao longo de milhares de anos. Tradicionalmente, origina-se da farinha derivada do trigo. Diversos outros tipos de cereais, leguminosas e até legumes podem ser moídos, produzindo uma farinha. No entanto, a capacidade das proteínas presentes no trigo de transformar o mingau de farinha e água em uma massa glutinosa, que se torna pão, limita-se em geral ao trigo e a algumas outras sementes de cereais habitualmente utilizadas (CAUVAIN; YOUNG, 2009a).

1.2 Ingredientes Utilizados

1.2.1 Farinha de Trigo

O trigo é um cereal da família das gramíneas que dá fruto seco sob a forma de espiga. Entre as diversas espécies existentes, o *Triticum aestivum* L (trigo comum) representa mais de 90% da produção mundial, sendo a espécie de maior interesse comercial, pois é usada na fabricação de pães, bolos, biscoitos e produtos de confeitoria (ORNELAS; KAJISHIMA; VERRUMA-BERNARDI, 2007).

A farinha de trigo indicada para o uso em panificação é a do tipo forte ou especial, por ser rica em proteínas de ótima qualidade, formadora de glúten, consequentemente o resultado obtido será uma massa de boa consistência. A

quantidade de proteína na farinha de trigo em base seca deve variar de 10,5% a 12%, 72% a 78% de carboidratos, 2,5% de lipídeos e menos de 0,5% de cinzas (SINGER, 2006).

Os cereais integrais fornecem quantidades significativas, na dieta, de vitaminas do complexo B, principalmente tiamina, riboflavina, niacina e piridoxina. Trigo, cevada e aveia também são moderadas fontes de biotina (10 - 100 mg / 100 g) e, juntamente com o centeio, de ácido fólico (30 - 90 mg / 100 g). Como os cereais contém, naturalmente, baixo teor de lipídios, eles tendem a ter baixos teores de vitaminas lipossolúveis A, D, E e K. Os cereais contêm cerca 1,5 - 2,5% de minerais. Os minerais em maior concentração (16 - 22% do teor de cinzas totais) em todos os cereais são, fósforo, geralmente associado a fitatos, cálcio e magnésio. Trigo, centeio e aveia são classificados como fontes ricas em fósforo (200 - 1200 mg / 100 g), enquanto a cevada é considerada como uma fonte moderada (100 - 200 mg / 100 g). Os níveis de potássio são elevados no trigo, centeio, cevada e aveia, mas nenhum cereal é considerado fonte de sódio na dieta. Também são classificados como fonte moderada de cálcio (100 - 200 mg / 100 g), magnésio (100 - 200 mg / 100 g), ferro (1 - 5 mg / 100 g), zinco (1 - 5 mg / 100 g) e cobre (0,1 - 1 mg / 100 g). O trigo é uma importante fonte alimentar de selênio, um micronutriente essencial. Os cereais são importantes fontes de minerais, mas também contêm ácido fítico (1 - 4%), que é considerado um fator antinutricional. Ácido fítico possui alta atividade quelante que pode diminuir a biodisponibilidade de minerais (DEWETTINCK *et al.*, 2008).

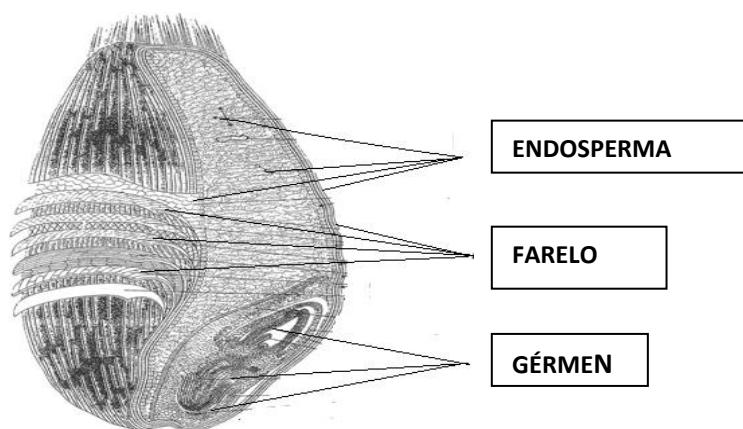


Figura 1. Estrutura anatômica de um grão de trigo
(DEWETTINCK *et al.*, 2008).

Na Figura 1 é observada a estrutura de um grão de trigo, e consiste em três principais partes: gérmen, farelo e endosperma. O gérmen de trigo (2 – 4% do peso do grão) compreende o embrião. O farelo de trigo (7 – 8% do peso do grão) consiste de várias camadas distintas e são ricos em polissacarídeos não amiláceos, como arabinoxilanios (70%), celulose e β -glucanos. O endosperma está localizado dentro da camada do farelo e é composto de endosperma amiláceo (81 – 84% do peso do grão) e uma camada chamada aleurona (5 – 8% do peso do grão) (DEWETTINCK et al., 2008).

A farinha de trigo representa em média 72% do grão de trigo. Uma extração maior levaria a uma incorporação de casca na farinha, pela impossibilidade dos rolos separarem o endosperma da casca. Essa farinha é designada como farinha com 72% de extração e sua composição está apresentada na Tabela 1 (CIACCO; CHANG, 1986).

Tabela 1- Composição da farinha com 72% de extração (CIACCO; CHANG, 1986).

Componente	%
Umidade	11-14
Proteína	8-15
Lipídeos	0,8-1,1
Cinzas	0,44
Carboidratos	72-78

O grânulo de amido presente na farinha é constituído de 24% de amilose e 76% de amilopectina. A amilose, (Figura 2), é um polímero linear contendo aproximadamente 4.000 unidades de glicose unidas por ligações α (1 - 4). A amilopectina, (Figura 3), tem uma estrutura altamente ramificada onde cada ramificação contém de 20 a 30 unidades de glicose e cada molécula de amilopectina contém centenas de ramificações. As unidades de glicose são unidas por ligações α (1 - 4) e os pontos de ramificações são efetuados por meio das ligações α (1 - 6) (CARR, 2003).

Na panificação, além da importância na formação do miolo, o amido é fonte de açúcares que são formados através da sua quebra pelas enzimas amilases, tornando-se substrato para a levedura durante a fermentação.

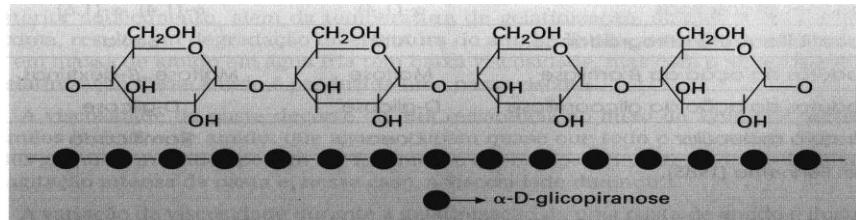


Figura 2. Representação da estrutura da amilose (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

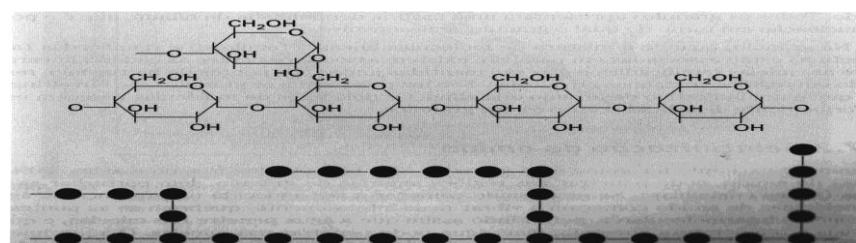


Figura 3. Representação da estrutura da amilopectina (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

As pentosanas são polissacarídeos (não amido) que representam apenas 2% a 2,5% da farinha. São um grupo de macromoléculas heterogêneas compostas por unidades de xilosas unidas por ligações β (1 - 4) e outros açúcares ligados à cadeia principal por ligações α (1 - 3), como a arabinose, glicose e frutose. Devido a sua alta absorção de água, as pentosanas influenciam no comportamento viscoelástico da massa (CARR, 2003).

A fibra dietética inclui amido resistente, celulose e outros polissacarídeos complexos, como arabinoxilanios, β -glucanos, pectinas e arabinogalactanos, juntamente com a lignina. Cereais, como trigo, são ricos em fibra alimentar insolúvel. Embora contenham apenas cerca de 1,5 a 7,0% de lipídios nos grãos de cereais, incluem-se ácidos graxos essenciais, vitaminas lipossolúveis e fitosteróis. Trigo, centeio e cevada têm, geralmente, na composição ácidos graxos, ácido palmítico e ácidos linoléico, e o centeio contém um pouco a mais de ácido linolênico (DEWETTINCK et al., 2008).

A farinha de trigo contém cerca de 2,5% de lipídeos, sendo quase 1% lipídeos não-polares (triglicerídeos, diglicerídeos, ácidos graxos livres e ésteres de esterol). Os dois principais grupos de lipídeos polares são os glicerídeos galactosil (0,6%) e os fosfolipídeos (0,9%). No processo de mistura, ambas as classes de lipídeos formam complexos com o glúten (CAUVAIN; YOUNG, 2009a).

A farinha de trigo deve ter propriedades tecnológicas específicas para a fabricação de diferentes produtos. Dentre essas características, uma das principais é à força da massa, que está relacionada à quantidade de proteínas formadoras de glúten e à atividade da enzima α -amilase. Os fatores que determinam a qualidade da farinha podem ser inerentes ao trigo, que resultam das condições de cultivo, ou induzidos pelo processamento de conversão do trigo em farinha (SINGER, 2006).

As proteínas do trigo são divididas em dois grupos, um deles formado pelas albuminas e globulinas, representando 15% das proteínas totais e, o outro, formado pela gliadina e glutenina que representam 85% das proteínas, as quais formam o glúten, essencial na formação da massa.

A gliadina tem peso molecular na faixa de 25.000 a 100.000 e é caracterizada pela alta extensibilidade e baixa elasticidade. É solúvel em etanol 80%. A glutenina tem peso molecular de 40.000 a milhões e apresenta baixa extensibilidade e alta elasticidade. É solúvel em álcali ou ácido. A gliadina e a glutenina são ricos em asparagina, prolina e aminoácidos sulfurados. A cistina e a cisteína (aminoácidos sulfurados) são os principais responsáveis pela característica de estrutura elástica e extensível das proteínas do glúten. A gliadina apresenta apenas ligações intramoleculares, o que resulta no seu baixo peso molecular e na sua baixa elasticidade. Por outro lado, além das ligações intramoleculares, a glutenina apresenta ligações intermoleculares que justificam seu alto peso molecular e sua alta elasticidade (EL-DASH et al., 1983) .

A estabilidade das gliadinas e gluteninas é devida principalmente às pontes de hidrogênio entre os grupos amidas da glutamina com outros radicais suscetíveis a esse tipo de interação, às pontes de dissulfeto e às interações hidrofóbicas. Acredita-se que, nas gliadinas, as pontes de dissulfeto ocorram preponderantemente dentro da molécula, unindo porções da mesma proteína. Nas gluteninas, as pontes de dissulfeto unem cadeias de proteínas, formando agregados de alto peso molecular. Na farinha, as gliadinas e gluteninas formam agregados protéicos estáveis. Entretanto, quando a farinha é misturada com água, esses agregados são

destruídos, formando pequenas unidades com seus grupos reativos mais expostos. Esses grupos rearranjam-se e, através de ligações, formam uma rede com propriedades viscoelásticas. Esse complexo protéico formado pelas gluteninas e gliadinas é denominado glúten (Figura 4) (CIACCO; CHANG, 1986).

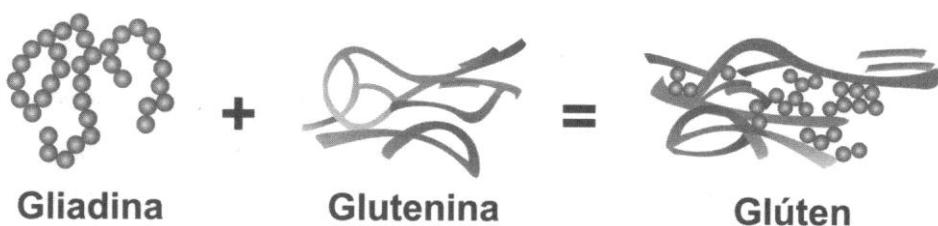


Figura 4. Estrutura do glúten: gliadina e glutenina (ARAÚJO et al., 2008).

1.2.2 Triticale (*Triticosecale wittmack*)

O triticale é um pseudo cereal resultante do cruzamento do trigo (*Triticum spp.*) com o centeio (*Secale Cereale L.*). No triticale combina-se a capacidade de alta produtividade do trigo com a tolerância ao estresse do centeio (LUKASZEWSKI, 2006).

O triticale (*x Triticosecale sp. Wittmack*) foi o grão de cereal relatado pela primeira vez a ser produzido intencionalmente, e foi desenvolvido em 1875 pelo cruzamento do trigo, pai do sexo feminino (*Triticum spp. Linnaeus*) com o centeio, pai do sexo masculino (*Secale cereale Linnaeus*), e foi desenvolvido para mesclar os atributos positivos de ambos os “pais” em uma única planta, ou seja, o utilitário do trigo em produtos alimentares e à tolerância do centeio de crescimento em ambientes que não são ideais para cultivo. Variantes de triticale apresentam anfiploide genomas do trigo (AABBDD) e (RR) do centeio. Estáveis tetraplóides, hexaplóides (AABBR / D) e octoploides cultivares (AABBDDRR) de triticale foram criados. O resultado do cruzamento do trigo e centeio resulta em cultivares primários; cultivar de triticale secundário resulta do cruzamento de dois cultivares de triticale ou um cultivar de triticale com um cultivar de trigo ou centeio. Os cultivares de triticale são ainda classificados pelas condições necessárias ao progresso do estado vegetativo para reprodutivo; cultivares de triticale de inverno requerem tratamento

pelo frio, enquanto os cultivares de primavera não, e cultivares de triticale facultativo têm requisitos intermediários de tratamento pelo frio (MCGOVERIN et al., 2011).

O triticale tem o alto potencial de rendimento e a qualidade do grão de trigo, e a ótima resistência a patógenos do centeio. Sua farinha é rica em proteínas, desenvolvendo bom sabor após assamento e mostra estabilidade às variações ambientais. Além disso, a lisina, que é limitante no trigo, está presente em quantidade superior no triticale. Os dados indicam que a qualidade nutricional do triticale é considerada superior à do trigo, considerando seu maior teor de cinzas. Seu menor rendimento de moagem, volume e textura do pão desencorajam seu uso em panificação (EREKUL; KOHN, 2006)

O teor de proteína na farinha é extremamente importante porque quase todas as propriedades da farinha (teor de glúten, absorção de água, requerimento de mistura e volume do pão) são altamente correlacionadas com os teores de proteína. Em 1999 - 2001 o teor de proteína nos cultivares de triticale investigados variaram 9,7-14,5% com a média de 11,8% e com d.p. de 1,44. O teor de glúten foi geralmente baixo e, em alguns casos não foi detectado. A ausência de glúten mostra que a proteína do triticale se comporta como a do centeio, e é muito baixa para produzir pão de boa qualidade (TOHVER et al., 2005).

O triticale foi introduzido no Brasil em 1961 e o primeiro cultivo comercial ocorreu em 1982, a partir de então a área cultivada aumentou substancialmente, ultrapassando os 130 mil hectares em 2004. Maiores incrementos ocorreram nos estados de São Paulo e no norte do Paraná, devido à melhor adaptabilidade do triticale ao estresse hídrico, a solos ácidos e ao menor custo de produção, quando comparado a outros cereais. Nesses locais, o grão colhido tem qualidade superior e a farinha é utilizada em mesclas com farinha de trigo, para a fabricação de biscoitos e massas para usos diversos, além de formulações de rações para suínos e aves. A farinha é utilizada para compor misturas ou “blends”, para produtos específicos, a fim de melhor adequar a farinha nos diversos processos industriais, como a produção de massas alimentícias, biscoitos e bolachas, reduzindo, com isso, alguns custos de produção (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2008)

O potencial de uso da farinha de triticale em panificação pode ser mais promissor quando utilizado em misturas com farinha de trigo (DOXASTAKIS et al., 2002).

Na alimentação animal, o triticale é utilizado, predominantemente, como fonte energética na formulação de dietas, possuindo ampla gama de usos potenciais, quer sob a tradicional forma de grãos secos, como também de forragem verde, de silagens de planta inteira ou de grãos úmidos, de pré-secados e fenos, e mesmo, por meio de pastejo direto (LOPES et al., 2008).

1.2.3 Fermento Biológico (levedura)

Entende-se por leveduras um grupo particular de fungos unicelulares, também conhecidos como fermentos, amplamente distribuídos na natureza (água, ar, solo, plantas e animais). Exigem menos umidade que as bactérias, porém mais do que os bolores. Como os bolores, preferem temperaturas de 20°C a 30°C pra se desenvolver. Podem-se desenvolver tanto na presença como ausência de oxigênio (leveduras fermentativas), e meios com pH ácido favorece o seu desenvolvimento. São caracterizados por sua capacidade de transformar os açúcares mediante mecanismos redutores (fermentação) e também oxidantes. As células de leveduras se apresentam de forma pequena e dão origem por germinação a novas células iguais (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008). Este processo de divisão mitótica é iniciado pelo núcleo da célula de levedura madura, que se dividem em duas partes, cada uma com cromossomos e genes complementar e idêntico. Em seguida, a célula forma um pequeno nódulo ou "broto" (Figura 5) que gradualmente aumenta de tamanho. Citoplasma e um dos núcleos recém-formados migra da célula "mãe" para o broto, que quando atinge um determinado tamanho, há a formação de uma parede, separando a nova "filha" da célula mãe (PYLER; GORTON, 2008).

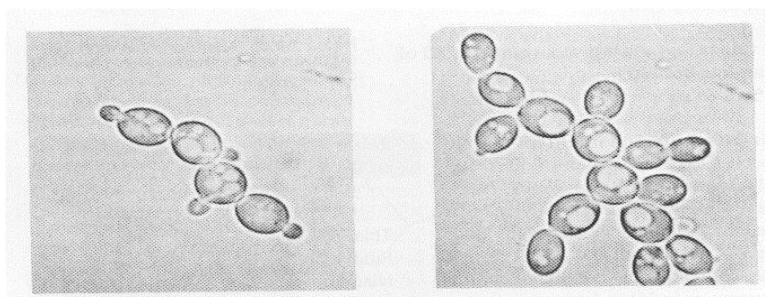


Figura 5. Brotamentos de células de levedura com formação de cadeias curtas (PYLER; GORTON, 2008).

As leveduras do gênero *Saccharomyces* possuem suas células redondas, medindo 5 a 10 micra, ovais ou alongadas e que podem formar pseudomicélio. A reprodução por germinação é particularmente ativada em condições de aerobiose e de uma nutrição suficiente e apropriada. Os fatores químicos que influenciam a atividade das leveduras são o pH, os nutrientes disponíveis e a presença de substâncias capazes de bloquear o desenvolvimento e de inibir a atividade de fermentação. Para a fermentação de massas se utiliza a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, (Figura 6), capaz de fermentar os açúcares produzindo dióxido de carbono e álcool (QUAGLIA, 1991; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

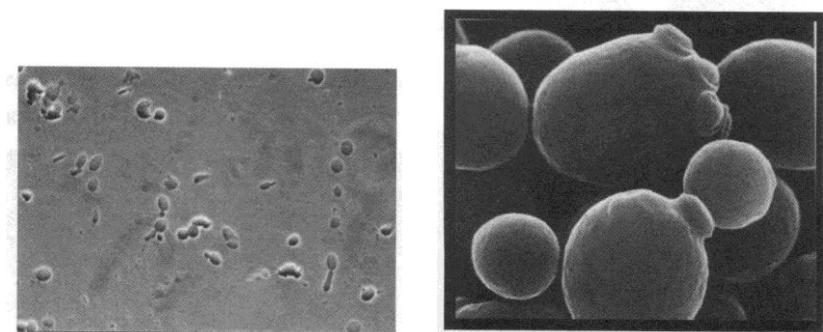


Figura 6. *Saccharomyces cerevisiae* (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

Historicamente, muitas espécies diferentes de leveduras *Saccharomyces* foram definidas com base em diferenças na sua capacidade de fermentar carboidratos. Leveduras *Saccharomyces* são cultivadas por humanos há milhares de anos: a produção de vinho remonta a, pelo menos, 5400-5000 aC, e leveduras de cerveja desidratada têm sido encontrado em resíduos de cerveja egípcia e pão feito a cerca de 1000 aC. Ao longo do tempo, *Saccharomyces cerevisiae* evoluiu para uma espécie bastante diferente de seus parentes selvagens, e tornou-se especializada na produção rápida de dióxido de carbono e etanol a partir de açúcares. A Tabela 2 lista as espécies de leveduras identificadas em uma amostra de massa azeda de trigo e centeio (KULP; LORENZ, 2003).

Tabela 2- Leveduras identificadas em massa azeda (KULP; LORENZ, 2003).

Espécies de Levedura	Fonte
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Massa azeda de Centeio, milho e trigo
<i>S. chevalieri</i>	
<i>S. curvatus</i>	Massa azeda de Centeio e trigo
<i>S. exiguum (T. holmii, C. milleri)</i>	Massa azeda de trigo
<i>S. fructuum</i>	Massa azeda de trigo
<i>S. inusitatus</i>	Massa azeda de trigo (São Francisco)
<i>S. Panis fermentati</i>	
<i>Candida boidinii</i>	
<i>C. crusei</i>	Massa azeda de Centeio e trigo
<i>C. guillermondii</i>	Massa azeda de trigo
<i>C. norvegensis</i>	Massa azeda de trigo
<i>Hansenula anômala</i>	Massa azeda de trigo
<i>H. subpelluculosa</i>	Massa azeda de trigo
<i>Pichia satoi</i>	Massa azeda de centeio
<i>Torulopsis delbrueckii</i>	Massa azeda de centeio e milho

O uso das leveduras em alimentos processados é de origem pré-histórica. O cozimento e a preparação dependem da habilidade do fermento em realizar fermentação anaeróbica dos açúcares, produzindo dióxido de carbono e etanol. Enquanto a maioria das leveduras não pode crescer na ausência de oxigênio (leveduras aeróbicas), a maioria das leveduras complexas *Saccharomyces* podem sobreviver sem oxigênio, utilizando o processo de fermentação. Como o próprio nome diz leveduras *Saccharomyces sensu stricto* espécies são especializados para o crescimento em hidratos de carbono. Na ausência de oxigênio, elas transformam hidratos de carbono, geralmente seis moléculas de carbono como a glicose, em etanol e CO₂ através do processo de fermentação (SICAR; LEGRAS, 2011). Na preparação de vinhos, álcool é o primeiro produto de interesse, enquanto que na panificação, a obtenção do dióxido de carbono da fermentação é mais importante. Até meados do século dezenove, a pesquisa de Louis Pasteur sobre a aplicação e seleção de leveduras de fermentação era mais uma arte do que ciência. Com os esclarecimentos de Pasteur de aspectos quantitativos da fermentação e com o trabalho de microbiologia de Koch, Hansen, e outros, a capacidade de identificar, isolar, e preservar determinadas cepas desejáveis de levedura para vários propósitos foi desenvolvida (STAUFFER, 1990).

O fermento de padeiro (*Saccharomyces cerevisiae*) é propagado sob condições rigorosas, controladas e definidas de modo a garantir a qualidade do produto final que atenda aos requisitos de forma consistente de muitos clientes. Fermento de padeiro deve exibir metabolismo respiratório eficiente durante sua produção a fim de produzir biomassa, economicamente, a partir de matérias-primas. A função mais importante da levedura de padeiro em panificação é a produção de CO₂ na massa durante o processo de panificação através da fermentação alcoólica de açúcares. Além disso, é capaz de produzir compostos de sabor e aroma desejável a partir de produtos do metabolismo secundário, aumentando assim o sabor e aroma característico de produtos panificados (PATTISON; HOLY, 2001).

Em panificação, normalmente utiliza-se fermento biológico que pode ser de três tipos: fresco, seco, e seco instantâneo (GUARENTI, 2004).

O fermento biológico fresco deve apresentar característica de massa prensada, homogênea, pastosa de consistência firme. Cor creme claro, característico, cheiro e sabor próprio. A umidade máxima permitida é 75% e cinzas de 5%. O fermento biológico seco e seco instantâneo deve apresentar características de pó, escamas, grânulos ou cilindros de tamanhos variáveis, cor do branco ao castanho claro, cheiro próprio e sabor próprio. A umidade máxima deve ser 12% (BRASIL, 1977).

Na grande maioria das padarias em regiões temperadas do mundo, a levedura a ser usada para fazer o pão chega na forma de fermento prensado contendo cerca de 25% de água e uma massa com consistência semelhante a blocos, e é geralmente comprimido e embalado em recipientes de plástico ou de papel, que precisam ser armazenados em refrigerador, porque, em temperaturas muito acima de 10 ° C, os carboidratos de armazenamento são metabolizados e por sua vez leva à produção de calor. Quando pressionado o fermento é desidratado sob condições controladas, após ser misturado com vários componentes protetores, uma suspensão com um teor de 6-8% de água é obtido. Isto é referido como fermento de levedura seca ativa. Um desenvolvimento tem sido a produção de fermento biológico seco instantâneo, também muitas vezes referido como pequenas partículas de fermento biológico seco, considerando que a levedura seca ativa precisa ser reconstituída pela suspensão em água quente antes de ser misturada com a massa, e o fermento biológico seco instantâneo não requer

tal reconstituição. O produto perde instantaneamente a atividade na presença de oxigênio, e assim precisa ser embalado a vácuo ou embalado na presença de um gás inerte, como nitrogênio (ROSE; HARRISON, 1993).

Duas categorias de fermento de padeiro (*Saccharomyces cerevisiae*) são usadas na indústria de panificação moderna. Existem cepas de leveduras otimizados (Tabela 3) para utilização na massa sem adição de açúcar e leveduras que são especializados para o uso em massa de pão doce onde o açúcar é adicionado em até 30% em relação ao peso da farinha. Tal concentração alta de sacarose exerce estresse osmótico severo na levedura. Cepas de leveduras que têm maior tolerância ao alto estresse da sacarose são desejadas em produtos de levedura de padeiro. A cepa de levedura para uso em uma ampla gama de massas de pão tem a necessidade de combinar o metabolismo eficiente da maltose, o que é relevante para a atividade fermentativa na massa sem adição de açúcar, com forte adaptação ao hiper-osmótico, o que é relevante para a massa de pão adoçado, capaz de exercer o estresse hiper-osmótico perto do limite de crescimento do *S. cerevisiae*. Por isso, procurou-se gerar linhagens de leveduras com estas características combinadas (HIGGINS et al., 2001; ANDO et al., 2006).

Tabela 3 - Leveduras para diferentes aplicações em panificação (HUI et al., 2004).

Aplicações	Gênero	Espécies
Multipropósito	<i>Saccharomyces</i>	<i>cerevisiae</i>
Massa com alta quantidade de açúcar	<i>Saccharomyces</i>	<i>rosei</i>
	<i>Saccharomyces</i>	<i>rouxii</i>
Melhora de sabor	<i>Saccharomyces</i>	<i>delbruki</i>
Massa azeda	<i>Candida</i>	<i>lusitaniae</i>
	<i>Saccharomyces</i>	<i>exiguus</i>
	<i>Torulopsis</i>	<i>holmii</i>
	<i>Candida</i>	<i>milleri</i>

1.2.4 Água

A água possui a função de hidratar a farinha, dissolver parte das proteínas, incha os grãos de amido assegurando a união das proteínas que darão origem à

rede de glúten na qual se insere o amido. Ao mesmo tempo promove a formação de um meio úmido favorável às atividades fermentativas e enzimáticas (SCHMIDT-HEBBEL, 1981; MATUDA, 2008).

Sua dosagem nas formulações é determinante na consistência final da massa contribuindo para a maciez e textura do pão. A insuficiência de água provoca uma baixa hidratação do glúten, que não desenvolve adequadamente sua elasticidade, enquanto, uma quantidade excessiva de água resulta em uma massa grudenta com baixa resistência à extensão. A temperatura da água adicionada deve ser ajustada a fim de se obter uma massa com temperatura adequada no final do batimento, controlando assim a atividade da levedura. A determinação da temperatura da água a ser adicionada leva em consideração os seguintes fatores: temperatura do ambiente, temperatura da farinha, coeficiente de atrito e temperatura final desejada da massa (CARR, 2003).

A água atua também como solvente e plastificante e permite que, durante o processo de cozimento do pão, ocorra o fenômeno de gelatinização do amido (PAVANELLI, 2010).

1.2.5 Sal

O sal é indispensável em qualquer formulação de pão. O sal exerce basicamente duas funções principais: a primeira é contribuir para o sabor do pão. A segunda função do sal relaciona-se com as propriedades reológicas da massa, pois o sal faz com que a massa fique mais “forte”, ou seja, o sal aumenta a resistência à extensão do glúten (PAVANELLI, 2010).

O sal atua principalmente sobre a formação do glúten, a gliadina, um de seus componentes, tem baixa solubilidade em água com sal, o resultado de uma massa obtida com água e sal é uma maior quantidade de glúten formado com fibras curtas, como consequência das forças de atração eletrostáticas que ocorrem na rede formada com o sal, apresentando uma massa rígida e mais compacta (QUAGLIA, 1991).

O sal tem propriedade anti-séptica e atua também durante a fermentação, retardando especialmente as fermentações secundárias dos microorganismos produtores de ácidos, diminui o desenvolvimento de dióxido de carbono, com uma relativa diminuição da porosidade do produto final, sua adição às vezes é atrasada

até que a massa esteja parcialmente fermentada. Também favorece a coloração da superfície do pão, dando a casca uma coloração mais viva e confere um aroma mais intenso, comparado a pães sem sal (QUAGLIA, 1991; KENT; EVERIS, 1994).

O sal também influencia na duração e conservação do produto, devido a sua capacidade de absorver água (higroscopicidade). Em um pão conservado em ambiente seco, o sal reduz a transferência da umidade do produto ao ar retardando o ressecamento e endurecimento da casca, e em pão conservado em ambiente úmido, o sal tende a adquirir a umidade do ar, introduzindo-a no produto, exercendo um efeito negativo sobre o tempo de conservação (QUAGLIA, 1991).

1.2.6 Gordura

Óleos Vegetais e Gorduras Vegetais: são os produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos de espécie(s) vegetal (is). Podem conter pequenas quantidades de outros lipídeos como fosfolipídeos, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou na gordura. Os óleos vegetais se apresentam na forma líquida à temperatura de 25°C e as gorduras vegetais se apresentam na forma sólida ou pastosa à temperatura de 25°C (BRASIL, 2005).

Gordura, óleos, gordura vegetal, são usadas na produção de pães por várias razões. Na panificação eles conferem maciez, melhorando o sabor e a qualidade dos produtos (SULTAN, 1976).

Na formulação de certos pães se introduz uma quantidade mínima de gordura (entre 1 e 6%) com a finalidade de obter massas mais extensíveis, mais estáveis na fermentação e com maior aumento de volume após forneamento. Os produtos obtidos apresentam maior volume, textura mais suave, alvéolo mais fino e maior vida útil (RIBOTTA; TADINI, 2009).

Em pão que será armazenado por um período significativo de tempo após ser assado, a gordura vegetal é um ingrediente essencial, pois pode funcionar como um auxiliar no aumento da vida de prateleira. Pão contendo gordura na formulação permanece mais palatável por um período mais longo de tempo do que pão preparado sem gordura vegetal. Em adição a sua propriedade antienvelhecimento, gordura vegetal tem outra função em panificação. O aumento de volume é

significativo, em pães elaborados com gordura vegetal, por volta de 10%. A gordura ou gordura vegetal também age como plastificante de massa (HOSENEY, 1994).

Quando a gordura vegetal é adicionada há um "encurtamento" da massa, o glúten é menos desenvolvido, mas, ao mesmo tempo, os cristais de lipídios podem contribuir para a estabilização das bolhas de ar incorporadas. Lipídios cristalinos com pontos de fusão mais elevados, que permanecem sólidos no final da prova são mais eficazes para a retenção de gás, porque gotículas de óleo não adsorvem na interface líquido-gás. Óleo ou gordura com ponto de fusão mais baixo e, portanto, pouco ou nenhum cristais de lipídios presentes durante a prova, não provocam as mesmas melhorias na qualidade do pão, atribuídos a gordura sólida (PAREYT et al, 2011).

O termo '*Shortening*' foi originalmente usado para descrever a função de um lipídio sólido utilizado em produtos de panificação, no qual lubrifica ou enfraquece a massa de pão, conferindo uma textura macia ou efeito 'curto' aos produtos nos quais ela é usada. Mais tarde, '*shortening*' foi usado para definir um grupo de lipídios sólidos formulados especialmente para aplicações em produtos de panificação. *Shortenings* são feitas a partir da origem cristalinas dos lipídios e óleos vegetal e / ou animais e são constituídos de quase 100% de lipídios. Durante o fabrico de *shortening*, os lipídios são (parcialmente ou totalmente) hidrogenados para aumentar o seu teor de sólidos. *Shortenings* são geralmente feitos de uma fase de óleo e uma fase lipídica sólida e, portanto, são considerados como material semi-plástico (PAREYT et al, 2011).

Entende-se por margarina o produto gorduroso em emulsão estável com leite ou seus constituintes ou derivados, e outros ingredientes, destinados à alimentação humana com aroma e sabor característico. A gordura láctea, quando, presente não deverá exceder a 3% m/m do teor de lipídios totais (BRASIL, 1997).

A manteiga e a margarina são emulsões de água e óleo, com uma fase plástica contínua. Elas contêm cerca de 80% de gordura e o resto consiste de sal, proteína e água. A fase gordurosa na manteiga é a gordura do leite; na margarina pode ser uma variedade de gorduras ou óleos de origem animal ou vegetal. O *flavor* na margarina é devido à adição de leite pasteurizado, inoculado com microrganismos selecionados que promovem, por fermentação, um *flavor* semelhante ao da manteiga. A estabilidade das emulsões na manteiga e na

margarina é mantida pela consistência semi-sólida da fase contínua e não por uma perfeita emulsão (ARAÚJO et al., 2008).

As propriedades físicas dos lipídeos consistem em um critério útil para avaliar a utilidade de uma gordura para aplicação em um produto específico. Essas propriedades estão diretamente relacionadas com a composição química dos triglicerídeos.

O ponto de fusão de mistura de triglycerídeos diferentes é a temperatura na qual o último traço de sólido se funde. Nos triglycerídeos puros, o ponto de fusão é função do comprimento da cadeia (quanto maior o peso molecular, maior o ponto de fusão); das ramificações (ácidos graxos com cadeias lineares têm ponto de fusão maior que os ramificados); do grau de insaturação de seus ácidos graxos constituintes (quanto maior o grau de insaturação, menor o ponto de fusão). As gorduras têm em sua composição, diferentes triglycerídeos, cada um com um ponto de fusão. Dessa forma, uma gordura não tem um ponto de fusão definido, mas sim uma faixa de temperatura de fusão, onde abaixo dessa faixa, todos os triglycerídeos componentes estarão sólidos (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

As misturas de triglycerídeos são líquidas na temperatura de fusão e quando resfriados até sua temperatura de solidificação, formarão cristais. Os triglycerídeos são polimórficos, isto é, eles podem existir em vários arranjos cristalinos diferentes, cada um com um ponto de fusão característico. As formas mais conhecidas são três e são denominadas de α , β e β' . A estrutura e as propriedades dos cristais, os quais são produzidos pelo resfriamento de uma mistura complexa de triglycerídeos, são fortemente influenciadas pela velocidade de resfriamento e temperatura. A consistência e as propriedades funcionais (entre as quais maleabilidade ou plasticidade) das gorduras também são muito influenciadas pelo estado de cristalização. Entre as seguintes gorduras alimentícias: manteiga de cacau, óleo de coco, óleo de milho, óleo de girassol e toucinho predomina a forma β , e nas seguintes: óleo de algodão, óleo de palma e creme de leite, predomina a forma β' .

A utilidade de uma gordura, em uma aplicação em alimentos, é totalmente dependente de suas características de fusão e cristalização. Por exemplo, na manteiga e margarina, deseja-se uma textura plástica para que não adquira dureza no resfriamento, que dificulte o deslizamento sobre o pão, ou pelo contrário, fique tão fluido que escorra pelo pão (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

1.2.7 iogurte

O iogurte é um gel ácido produzido pela fermentação de uma mistura de leite padronizado, pela cultura de bactérias produtoras de ácido lático, cepas de *Streptococcus thermophilus* (ST) e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (LB). O componente sólido não gorduroso do leite pode ser elevado para 12% ou mais para produzir um creme como gel. A gordura no produto é ajustada para se qualificar como de baixo teor de gordura ou iogurte sem gordura (HUI et al., 2004).

O catabolismo da lactose pelo *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*, *L. acidophilus* e bifidobactéria resulta principalmente na produção de ácido lático ou ácidos lático e acético quando a bifidobactéria é utilizada na cultura inicial. O ácido lático é importante na produção do iogurte primeiro pela desestabilização das micelas de caseína pela progressiva conversão do complexo coloidal cálcio/fosfato em fração solúvel de fosfato de cálcio que difunde para a fase aquosa do leite. Isto resulta na micela sendo gradualmente depletado pelo cálcio, levando a coagulação da caseína em pH 4.6 – 4.7 e a formação do gel de iogurte. Uma vez que essa condição física foi estabilizada, é formado o solúvel lactato de cálcio. O ácido lático também dá ao iogurte sabor característico distintivo aumentando e contribuindo com o sabor aromático do produto. Diferentes formas de ácido lático podem ser produzidas (por exemplo L(+), D(-) ou DL(±)). Na cultura inicial do iogurte *S. thermophilus* produz principalmente ácido lático L(+) e ácido lático D(-) é produzido pelo *L. delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*. Geralmente o iogurte contém 45-60% ácido lático L(+) e 40-55% ácido lático D(-) e a taxa de ácido lático L(+):D(-) pode ser usado para avaliar a qualidade do iogurte (TAMIME; ROBINSON, 1999).

Além do efeito de redução do pH e formação de sabor, *S. thermophilus* desempenha um papel importante na criação da textura do iogurte através da produção de exopolissacarídeos. Exopolissacarídeos produzido pelas culturas iniciais de fermentos afetam a textura do iogurte e melhoram as características sensoriais, tais como sensação na boca, brilho, corte e cremosidade (PURWANDARI; SHAH; VASILJEVIC, 2007)

Os exopolissacarídeos são produzidos por muitas culturas de bactérias produtoras de ácido lático durante a fermentação. Numerosos estudos têm documentado seus efeitos significativos sobre as propriedades de textura de produtos lácteos fermentados. Exopolissacarídeos são carboidratos com alto peso

molecular com um suporte principal de subunidades repetidas de monossacarídeos (FOLKENBERG et al., 2006).

1.3 Processo de Produção de Massa de Pão

Na panificação, os métodos pelos quais se obtém o desenvolvimento da massa podem ser enquadrados em quatro grupos principais de processamento: método direto, esponja e massa, processamento rápido e desenvolvimento mecânico da massa (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

No método indireto ou esponja e massa, um dos mais aplicados em preparações de massas fermentadas, os ingredientes são misturados em dois estágios distintos: uma mistura é previamente elaborada (*levain* ou pré-fermento ou esponja), tornando o fermento plenamente ativo sem a presença dos demais ingredientes, que poderiam retardar ou até mesmo inibir a reprodução do fermento e o próprio processo de fermentação. Após essa fermentação, a esponja retorna à batedeira e os demais ingredientes são adicionados. Um *levain* de *levure*, ou esponja, é a mistura líquida de água, parte da farinha da massa e do fermento biológico comercial, resultando na criação de uma ‘esponja’ leve e arejada com CO₂. Antes de passar para a próxima fase de preparo da massa, é dada à esponja uma extensa pré-fermentação variando o período de 1 à 4h ou até mesmo 16h. Os restantes dos ingredientes são misturados na esponja e a massa resultante é então dividida, modelada e levada à fermentação final antes de assar (CANELLA-RAWLS, 2009; CAVANAGH et al., 2010).

Segundo Hicsasmaz et al., (2003) o processo industrial mais comum de fazer pão é pelo método esponja, envolvendo de 10-20 minutos para a mistura, 2-3 h de fermentação, 10-15 minutos de modelagem e fermentação da massa, seguida de 45-60 minutos de fermentação final no total de 4-5 h. *Do-Maker* e *AMFLOW* são modificações do processo de massa esponja que envolvem pré-fermentação (2-4 h) seguida de adição de ingredientes secos, mistura intensa, modelagem e fermentação final, levando à diminuição no tempo de processo.

O processo mais simples de se elaborar pão é o sistema de método direto. Nesse sistema todos os ingredientes da formulação são misturados para desenvolver a massa que é em seguida deixada fermentar. Durante a fermentação, a massa é usualmente sovada uma ou mais vezes. Depois da fermentação, ela é

dividida em pedaços do tamanho do pão, arredondada, modelada na forma do pão, e colocada em assadeira. A massa é deixada em uma fermentação adicional (prova) até o aumento de tamanho. Depois de atingido o tamanho desejado, ela é colocada no forno e assada (HOSENEY, 1994).

No processamento rápido um tempo muito curto (menos de uma hora) ou nenhum tempo de fermentação é dado à massa depois do processo de mistura e antes da divisão. Há a inclusão de melhoradores para auxiliar no desenvolvimento da massa e na redução do período de fermentação. Entre os processos incluem o desenvolvimento de massa ativada, onde à adição de agente redutor (cisteína), adição de agentes oxidantes, adição de uma gordura ou emulsificante, adição de água extra à massa, para compensar a falta de amaciamento natural, e fermento extra para manter o tempo normal de fermentação; massa sem descanso é produzida com amassadeira em espiral onde não é requerida uma estrutura celular fina no produto assado, havendo redução do tempo de mistura; e o método de massa não desenvolvida onde a massa é misturada em amassadeira em espiral ou é dada uma mistura extra em uma amassadeira de baixa velocidade convencional acelerada, e dividida imediatamente após o processo de mistura, passando por um ou dois período de descanso.

E no desenvolvimento mecânico da massa a função fundamental do processo de mistura é gerar quantidades significativas de energia, facilitando o desenvolvimento da massa, e esta vai sem demora da amassadeira para a divisora para o processamento adicional (CAUVAIN; YOUNG, 2009a).

No desenvolvimento mecânico da massa não há um período de fermentação após desenvolvimento da massa e as mudanças causadas pelo período de fermentação são alcançadas na amassadeira pela adição de melhoradores, água extra e pela energia mecânica. O único processo de desenvolvimento mecânico da massa que resistiu ao tempo foi o CBP (*Chorleywood Bread Process*) ou Método Chorleywood de Panificação. Nesse método o processo de mistura e desenvolvimento da massa é feito em uma operação única, entre 2 e 5 minutos, com um insumo de energia fixo; adição de um melhorador oxidante; adição de água extra, para deixar a consistência da massa comparável à da fermentação de larga escala; adição de fermento extra, para manter o tempo de fermentação final, comparável ao da fermentação em larga escala; inclusão de uma gordura com alto ponto de fusão, emulsificante ou combinação de gordura e emulsificante; e controle

do espaço livre da amassadeira, para obtenção das estruturas celulares determinadas do pão (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

1.4 Etapas Básicas na Produção de Pães

1.4.1 Mistura, Amassamento e Desenvolvimento da Massa de Pão

Baguete é um pão longo, normalmente de massa branca e magra (sem adição de gordura), crocante em seu exterior - devido à alta temperatura de cocção e do vapor de água aplicado no início do assamento, com cortes diagonais feitos imediatamente antes de ser colocado no forno. A palavra baguete é francesa e significa “bastão” (CANELLA-RAWLS, 2009).

O processo de mistura da massa de pão passa por diversos estágios até a formação: hidratação, mistura, desenvolvimento do glúten e ruptura. A mistura da massa de pão, em particular, o nível de energia transmitida é parte integrante do desenvolvimento da massa. É bem conhecido que o aumento do nível de energia transmitida para a massa durante a mistura aumenta o volume do pão e a maciez do miolo. Durante a formação da massa ocorre o incremento da consistência (resistência crescente ao processo de mistura), denominada desenvolvimento da massa (KILCAST, 2003; CAUVAIN; YOUNG, 2009a).

O amassamento é a transferência de energia à massa que, na quantidade adequada, possibilitará a formação das características viscoelásticas necessária para se obter o pão (CARR, 2003).

Durante o amassamento a farinha absorve a água. A quantidade de água absorvida depende de diversos fatores como a granulometria, conteúdo protéico, qualidade e umidade da farinha, umidade do ambiente e grau de consistência que se queira dar a massa. A porcentagem de hidratação da farinha é em torno de 60%, e em farinhas de trigo com elevado teor protéico a porcentagem de hidratação chega até 68-70% (QUAGLIA, 1991).

Em massa de pão os principais elementos estruturalmente relevantes são grânulos de amido, proteínas solúveis e insolúveis em água e aprisionado. Após a adição de energia, quando a farinha é misturada com a água, durante o amassamento, as proteínas começam a se tornar hidratadas resultando em uma interligada e contínua rede, viscoelástica, que é classificadamente descrita

como a fase contínua de glúten (Figura 8). Os lipídios naturalmente presentes na farinha também participam da formação dessa rede por meio de glicolipídios e monodiglicerídos que se ligam ao amido por meio de interações com a amilose. A viscoelástica rede de proteína é constituída de glutenina (propriedades elásticas) e gliadina (propriedades viscosas) que são as principais proteínas insolúveis em água, capazes de interceptar e reter bolhas de gás (Figura 7).

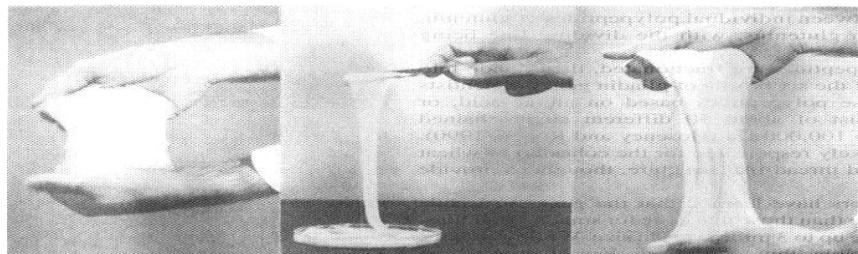


Figura 7. Após hidratação, glutenina pura (esquerda) e gliadina pura (centro) mostram diferenças físicas. Glúten (direita), no entanto, apresenta propriedades que combinam os extremos de seus dois componentes (PYLER; GORTON, 2008).

Uma segunda fase contínua consiste de água livre, onde grânulos de amido e componentes solúveis em água estão localizados, e uma terceira fase consiste de gás disperso. As três fases resultam na microestrutura da massa. A microestrutura de alimentos determina, entre outras coisas, a aparência, a vida de prateleira, percepção do sabor e reologia (ESKIN, 1990; CHIN; CAMPBELL, 2005a; JEKLE; BECKER, 2011; ARAUJO et al., 2011).

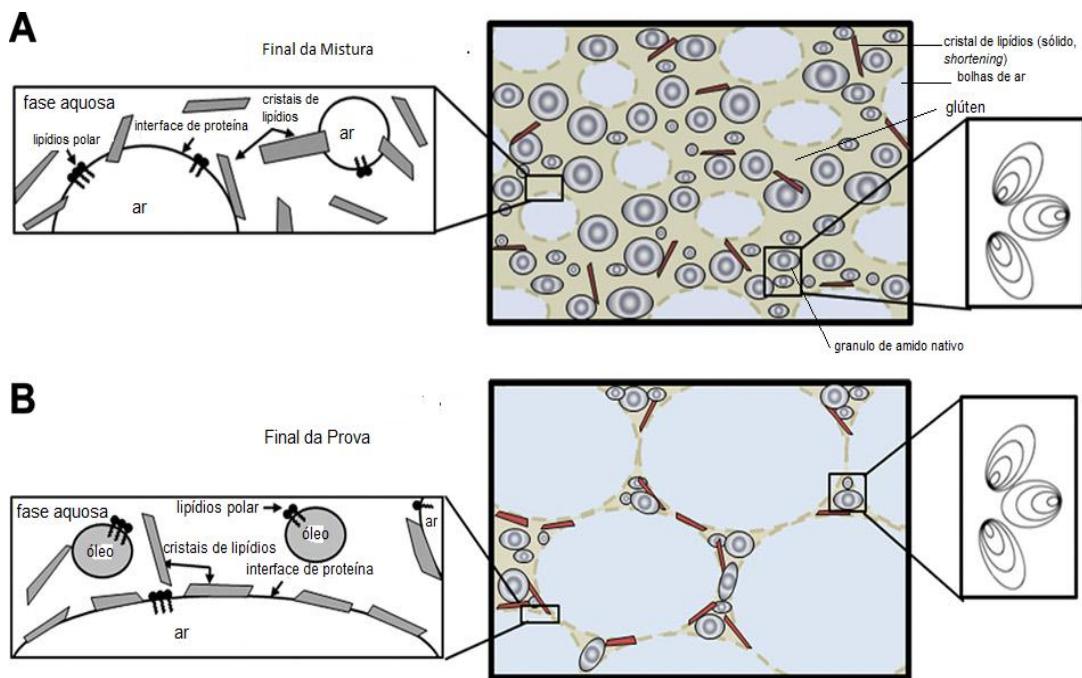


Figura 8. Apresentação esquemática da interação entre os diferentes ingredientes (amido, lipídio, células de ar e glúten) após a etapa de mistura e fermentação (PAREYT et al, 2011).

Segundo Ktenioudaki et al. (2009), a aeração durante processo de preparo do pão é um importante aspecto para determinar a textura do produto final depois de assado e, recentemente, tem recebido muita atenção. A aeração começa com a mistura, onde ar é incorporado no sistema de massa sob a forma de bolhas. Durante a fermentação, o gás produzido pela atividade da levedura se difunde nas bolhas de ar anteriormente incorporadas e faz com que a massa se expanda.

Segundo Baker e Mize¹, (1941 apud Peighambardoust et al., 2010) a aeração da massa de pão durante a mistura foi estudado e foi estabelecida que o estado de aeração da massa imediatamente após a mistura pode ter enorme influência sobre a textura do pão assado. Demonstrou-se a necessidade de incorporação de bolhas de ar durante a mistura para fornecer os locais de nucleação durante a fermentação.

A qualidade do pão de trigo é determinada largamente pelo volume. O principal papel da levedura é o aumento do volume da massa pelo desenvolvimento do gás dióxido de carbono resultante da fermentação alcoólica do açúcar da massa.

¹ J.C. Baker and M.D. Mize, The origin of the gas cell in bread dough, *Cereal Chemistry* 19 (1941), pp. 84–94. Baker and Mize, 1941.

O volume final obtido durante a fermentação ocorre em uma temperatura constante a cerca de 30 °C. O volume obtido no final da etapa de fermentação é chamado de volume da massa, e o volume adicional obtido durante o assamento é chamado de “salto de forno” (CARTER, 1989; ROSE; HARRISON, 1993).

Um tempo de fermentação abaixo do ideal produz pães de volume reduzido, células do miolo muito fechadas, crosta grossa e de cor marrom-avermelhado. Já no caso do tempo que excede o ideal, os pães apresentam casca de cor pálida, alveolagem grosseira, textura ruim e sabor e aroma excessivamente ácidos (GUARENTI, 2004).

A capacidade da massa de ser estendida em membrana fina é um importante parâmetro no processo, pois indica o batimento ótimo, mais conhecido como ponto de véu. Se a mistura continuar após o pico de resistência, a massa torna-se mole, menos resistente à ação mecânica e perde a habilidade de reter gás durante a fermentação. Uma boa massa é definida por sua habilidade de reter o gás e pela promoção de sua propriedade viscoelástica, assim o volume da massa pode expandir adequadamente durante a fermentação e nas etapas que antecedem o assamento (MATUDA, 2008).

1.4.2 Divisão, Boleamento e Modelagem

Uma vez que o volume promovido pela fermentação estiver completo, poderá ser iniciada a modelagem do pão. A divisão e a pesagem são etapas sucessivas ou simultâneas que se seguem à fermentação e, às vezes, ao amassamento. Elas têm por objetivo a obtenção de frações de massa de peso determinados, regulares e apropriados aos pães que devem ser fabricados. Quando se modela o pão, é gerada uma tensão, como no desenvolvimento, amassamento e mistura da massa. A modelagem, realizada antes da fermentação, ou após, dependendo do tipo de pão, tem por finalidade dar à peça de massa a forma apropriada ao pão (ALLAM; MCGUINNESS, 2004; GUARENTI, 2004).

O boleamento consiste em circundar a massa com equipamento apropriado, ou com as mãos em formato de concha, no caso de formulações caseiras, mantendo as mãos sempre em contato com a massa, em movimento sentido anti-horário, começando a rolar a massa para criar uma bola, apertando contra a superfície de trabalho, depois deixando massa descansar por 20 minutos antes de modelar

(ALLAM; MCGUINNESS, 2004). Um bom boleamento simplifica a modelagem posterior, e ainda auxilia na retenção de gases produzidos pelo fermento. Nesse procedimento uma película é formada em volta da massa, devido ao esticamento do glúten exterior em uma camada lisa, retendo o gás gerado durante a fermentação (CANELLA-RAWLS, 2009).

1.4.3 Fermentação

1.4.3.1 Fermentação com Levedura Comercial

A maioria dos produtos de panificação, principalmente pães são fabricados usando leveduras como agentes de fermentação. As leveduras usadas são cepas de *Saccharomyces cerevisiae* que, quando incorporados à massa, transformam o amido em açúcares pela ação enzimática. Os açúcares alimentam o fermento produzindo etanol e dióxido de carbono (CAUVAIN; YOUNG, 2009a; ROSE; HARRISON, 1993).

A fermentação da massa constitui uma etapa básica do processo de panificação, responsável pela textura e aroma do pão, pela formação dos alvéolos internos e pelo crescimento da massa (GUARIENTI, 2004).

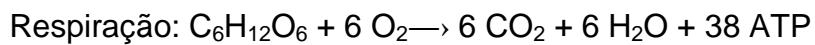
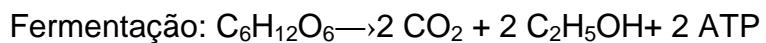
Do ponto de vista bioquímico, dá-se o nome de fermentação às trocas ou decomposições químicas produzidas nos substratos orgânicos mediante a atividade de microrganismos vivos. Assim, há várias classes de fermentações, dependendo dos tipos de organismos que as produzem e dos substratos. Segundo a origem, a palavra fermentação (*fermentare* = ferver) significa simplesmente uma leve condição de ebulação e foi empregada primeiramente na produção de vinhos. A liberação de gás carbônico ocasiona uma movimentação violenta suficiente para dar a impressão de um líquido em ebulação. Depois que Gay-Lussac estudou o fenômeno trocou o significado da palavra, entendendo-se por fermentação a cisão do açúcar em álcool e gás carbônico. Com o aumento do conhecimento através das investigações de Pasteur sobre as causas dessas trocas na natureza da matéria em fermentação, associou-se a palavra aos microorganismos e depois às enzimas.

Hoje em dia, no amplo sentido em que se emprega a palavra, pode-se definir fermentação como um processo no qual existem trocas químicas em um substrato

orgânico pela ação das enzimas elaboradas por certos tipos de microrganismos (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

Os ingredientes essenciais de fermentação em panificação são: fermento, farinha e água. Durante a fermentação, o fermento sofre metabolismo anaeróbico, produzindo gás dióxido de carbono no qual areja a massa. Em adição ao efeito da fermentação, o fermento também confere sabor ao produto de panificação (ESKIN, 1990).

Crescimento (aumento da massa) e reprodução (germinação, maturação e separação) requerem energia. Esta energia é obtida por catabolismo da glicose, por fermentação ou respiração. O primeiro ocorre quando o oxigênio é essencialmente ausente e o último tendo lugar na presença de oxigênio. As equações são as seguintes:



A escolha é determinada em nível fisiológico com a concentração de oxigênio na água em torno da levedura. O ponto crucial nessas reações é o piruvato. Na ausência de oxigênio, o fermento converte este composto em dióxido de carbono e etanol (fermentação), enquanto que, se o oxigênio está disponível, o piruvato entra no ciclo de Krebs e é convertido em dióxido de carbono e água (respiração) (STAUFFER, 1990).

Durante a fermentação, uma série de elementos tais como enzimas proteolíticas, vários ácidos orgânicos e inorgânicos (Tabela 4) alteram às características coloidais do glúten, que se torna capaz de formar paredes em torno de cada célula de gás que se forma, ao mesmo tempo em que conserva sua extensibilidade e elasticidade, podendo então reagir, sem ruptura, às pressões desenvolvidas na massa.

Tabela 4 - Compostos produzidos durante a fermentação e / ou panificação (PYLER; GORTON, 2008).

Ácidos orgânicos	Álcoois	Aldeídos e cetonas	Compostos carbonílicos
Butírico	Etanol	Acetaldeído	Furfural
Succinico	<i>n</i> -propanol	Formaldeído	Metional
Propiônico	Isobutanol	Isovaleraldeído	Gioxal
<i>n</i> -butírico	álcool Amil	<i>n</i> -Valeraldeído	3-Metil butanol
Isobutírico	álcool Isoamil	2-Metil butanol	2-Metil butanol
Isovalérico	2,3-Butanediol	<i>n</i> -hexaldehido	Hidróximetil
Heptanôico	B-álcool feniletil	Acetona	furfural
Pelargônico		Propionaldeído	
Piruvico		Isobutiraldeído	
Palmitico		Metil etil cetona	
Crotonico		3-butonona	
Itaconico		Diacetil	
Levulinico		Acetoina	
Acético			
Lático			
Fórmico			
Valérico			
Capróico			
Caprilico			
Laurico			
Mirístico			
Hidrocinamico			
Benzílico			

Uma das reações mais importantes que ocorre e que tem efeito nas características da massa é seu aumento de acidez. A farinha contém bactérias do ácido lático e ácido acético. As bactérias do ácido lático fermentam glicose produzindo ácido lático de acordo com a seguinte equação:

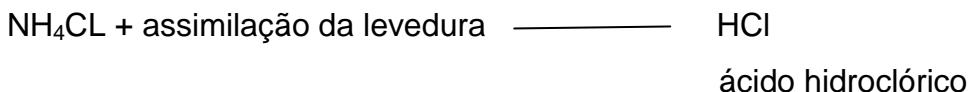
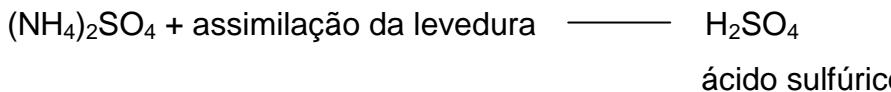


Este ácido lático exerce um efeito mensurável na redução do pH da massa. As bactérias do ácido lático simultaneamente convertem álcool em ácido acético como segue:



O ácido acético, entretanto, é um ácido mais fraco que o ácido lático e ioniza apenas muito ligeiramente, portanto, seu efeito no pH é menos pronunciado (EL-DASH et al., 1983).

A presença de sais de amônia nos nutrientes do fermento ajuda a acidificação posterior da massa. A levedura assimila a amônia para dar o nitrogênio necessário para seu metabolismo, ela libera os ácidos sulfúrico e hidroclórico, como mostrado pelas seguintes equações simplificadas:



O ácido sulfúrico e o ácido hidroclórico ionizam quase completamente, abaixando o pH na massa. O pH da massa logo após a mistura é de aproximadamente 5,3, mas ele pode ser reduzido a valores tão baixo, com 4,5 no final da fermentação. Essa redução no pH tem efeito marcante na hidratação e intumescimento do glúten, na velocidade de ação da enzima e sobre várias reações químicas que envolvem o processo de oxidação-redução (EL-DASH et al., 1983).

1.4.3.2 Fermentação Natural

Quando os primeiros seres humanos colheram e aprenderam a moer as sementes de gramíneas em farinha, misturar farinha com água e assar, resultando em uma massa que dá um pão, eventos esses que foram comprehensivelmente perdidos na antiguidade. Esta descoberta também permitiu a massa descansar e tornar-se infectada com micro-organismos produtores de ácido e gás, provavelmente uma mistura de levedura e bactérias do ácido láctico. O pão assado tinha muito mais textura atraente que o pão não levedado achatado (ROSE; HARRISON, 1993).

Bactérias produtoras de ácido láctico têm uma longa história de uso em uma ampla variedade de fermentação de cereais em geral e, especificamente, na produção de pão (TIEKING; GÄNZLE, 2005). A primeira evidência de panificação de massa fermentada é datada por volta de 1500 a.C. por pinturas de

murais egípcios. A massa azeda foi usada como um agente de fermentação na produção de pão, até que foi substituída por fermento de padeiro, no século 19, a partir de então, seu uso foi reduzido para pão artesanal e pão de centeio. Hoje em dia, massa azeda é empregada na fabricação de uma variedade de produtos como pães, bolos e biscoitos, sua aplicação continua aumentando (CORSETTI; SETTANNI, 2007).

Denomina-se fermento natural o fermento de massa azeda de farinha e água que se deixa ao ar durante um tempo mais ou menos longo. Durante este tempo, como conseqüência da contaminação por microorganismos do ar (fermentos lácticos e acéticos), há o surgimento do fenômeno de fermentação (formação de álcool, ácido láctico, ácido acético e ácido butírico) e fenômenos de reprodução de microorganismos, os mais importantes dos quais são os sacaromicetos. Uma parte dessa massa (fermento natural) é introduzida em uma nova massa de farinha e água e atua como agente fermentador (QUAGLIA, 1991).

Um estudo realizado com massas de fermentação natural, conhecida como massa azeda, colheu amostras de padarias e os microorganismos presentes foram isolados. Farinhas de trigo e centeio são utilizadas no preparo dessas massas azedas, e foram constatados ecossistemas onde ocorrem interações fundamentais entre as bactérias produtoras de ácido láctico e leveduras. Como regra geral, bactérias produtoras de ácido láctico foram os organismos predominantes, embora em muitos casos, as células de levedura também estão presentes em números significativos (GÜL et al., 2005).

Cada massa azeda pode ser considerada um micro habitat em que leveduras e bactérias lácticas coexistem em equilíbrio dinâmico. Os primeiros são responsáveis pelo processo de fermentação, enquanto o segundo determina a acidificação da massa. O estudo da biodiversidade de leveduras em massa azeda é importante para o conhecimento ecológico básico e suas respectivas aplicações práticas. O número e as espécies de leveduras presentes em massa azeda são influenciados pelo grau de tolerância do fermento aos ácidos orgânicos produzidos pelas bactérias lácticas e as fontes disponíveis de carbono. No entanto, os parâmetros tecnológicos, tais como temperatura, composição da farinha, grau de hidratação da massa, teor de cloreto de sódio e o tempo entre a reconstrução da massa, são importantes para a seleção da micro biota. Todos esses fatores, bem como a interação entre si contribuem para o desenvolvimento de uma

micro biota específica. A investigação da composição da micro biota específica foi objeto de numerosos estudos, revelando uma grande diversidade de bactérias lácticas (LAB), principalmente *Lactobacillus* (L.) espécies, e leveduras. As espécies de leveduras mais freqüentes detectados em massa azeda são *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida krusei*, *C. milleri*, *Pichia anomala*, *P. subpelliculosa*, *S. exiguum*, *Torulaspora Holmi* e *C. Humilis* (PULVIRENTI et al., 2004; VOGELMANN; HERTEL, 2011).

A fermentação com massa azeda tem recebido uma popularidade crescente devido aos seus efeitos benéficos sobre o sabor, textura, vida de prateleira, nutricional e de promoção das propriedades de saúde dos pães resultante. Massa azeda desenvolve por fermentação espontânea de leveduras e bactérias lácticas em misturas de farinha de cereais e água, com as bactérias produtoras de ácido láctico sendo responsável pela acidificação da massa e as leveduras pela fermentação através da ação de CO₂ produzido. Normalmente, uma comunidade microbiana estável surge durante o período de descanso da mistura de farinha / água (VRANCKEN et al., 2010).

A produção de ácido durante a fermentação com massa azeda aumenta a atividade de enzimas, como amilases e proteases. As alterações químicas e microbianas em massa azeda dependem do tipo de farinha, quantidade de água, temperatura, tempo, tipo e quantidade de cultura inicial. Massa azeda é tradicionalmente um dos principais métodos para melhoria do sabor e textura de pães. Fermentação com massa azeda também pode modular as propriedades nutricionais em uma série de maneiras, tais como aumento dos níveis ou biodisponibilidade de compostos bioativos, e retardando a digestibilidade do amido (FLANDER et al., 2011). Fermentação com massa azeda é geralmente avaliado pela medição de parâmetros tais como pH, acidez e microflora. Pão produzido com massa azeda espontânea com pH baixo e uma alta taxa de ácido láctico e ácido acético têm maior volume e mais baixas taxas de endurecimento durante o armazenamento (GÜL et al., 2005).

Na fermentação de leveduras e bactérias lácticas são produzidos metabolitos, que possuem efeito positivo sobre a textura e envelhecimento do pão, por exemplo, ácidos orgânicos, exopolissacarídeos e / ou enzimas. Exopolissacarídeos produzido por bactérias produtoras de ácido láctico têm potencial para substituir hidrocolóides mais caros utilizados como corretivos orgânicos para pães. Além de

melhorar as qualidades de textura do pão, a fermentação com massa azeda também resulta no aumento da biodisponibilidade de minerais e reduz o teor de fitato. Moléculas de amido podem ser afetadas por enzimas produzidas por bactérias do ácido láctico, causando uma variação nas propriedades de retrogradação do amido. Por sua vez, diminui a taxa de envelhecimento (ARENDT; RYAN; BELLO, 2007).

As bactérias produtoras de ácido láctico (LAB) e produtoras de exopolissacarídeos (EPS) ganharam atenção considerável na indústria de laticínios fermentados devido à sua aplicação potencial da viscosidade, de textura e como agente emulsificante. Os exopolissacarídeos produzidos por esses microorganismos tem categoria alimentar com estatus GRAS (geralmente reconhecido como seguro) e é uma importante fonte alternativa natural para os aditivos comerciais de origem vegetal ou animal. A maior parte desses aditivos utilizados são quimicamente modificados para melhorar as propriedades reológicas do produto e, portanto, não são permitidos na maioria dos países da União Européia (LIN; CHIEN, 2007). Polissacarídeos que são secretados por bactérias para o meio ambiente são chamados de exopolissacarídeos (EPS). Duas classes de EPS de bactérias lácticas podem ser distinguidas, homo polissacarídeos extracelular sintetizado (HoPS), composto de apenas um tipo de monossacarídeo e são sintetizados extracelularmente por glucan e fructosiltransferase (glicosiltransferases), usando sacarose como o doador de glicosil, e hetero polissacarídeos (HePS), com regulares unidades de repetição. As unidades de repetição de HePS são compostas de 3-8 porções de carboidratos que são sintetizados intracelularmente a partir de precursores de nucleotídeo de açúcar.

A aplicação de HePS está atualmente limitada a culturas iniciais lácteas "viscosas" empregado para melhorar a textura de iogurte e outros produtos lácteos fermentados, enquanto HoPS são geralmente aplicadas para melhorar as características estruturais de assados. Um dos lactobacilos chave de massa azeda *Lb. sanfranciscensis*, tem sido bem caracterizado por sua contribuição para o aprimoramento do conteúdo de polissacarídeo de massa azeda, devido à produção de EPS. A formação de EPS é uma característica bem aceita de bactérias produtoras de ácido láctico em massa azeda, uma vez que esta característica influencia a viscosidade da massa azeda (CORSETTI; SETTANNI, 2007).

1.4.4 Incisão

Incisão é o corte na superfície da massa após a fermentação. Tendo como objetivo aliviar a pressão da massa durante o assamento, aumentando a área da casca durante a expansão. É chamada de pestana e propicia uma aparência característica e atrativa ao pão francês (CARR, 2003).

1.4.5 Assamento

No início do assamento é realizada uma breve vaporização. O vapor se condensa sobre a superfície do pão e causa uma diferença de temperatura entre o forno (220 - 250°C) e a massa (25 - 30°C), formando uma película sutil. Este fenômeno torna a massa mais suave e cria uma barreira à saída de gás carbônico, permitindo maior desenvolvimento e crescimento, conferindo maior volume. A película de água sobre a massa, formada pela condensação do vapor, se evapora lentamente. Assim, os processos químicos na superfície são lentos permitindo a obtenção de uma casca menos dura e mais crocante. O cozimento da casca torna-se regular e a abertura da pestana é retardada. As reações de Maillard e caramelização são influenciadas pela umidade do ambiente, assim a cor da casca é diferente. Em fornos saturados de vapor, a cor da casca é amarela dourada e com brilho que não é obtido na ausência de vapor (MATUDA, 2004).

1.4.6 Resfriamento

O resfriamento é uma etapa tão importante quanto às demais. O produto deve ser resfriado em ambiente limpo e livre de contaminações, principalmente por esporos de mofo. Sugere-se que o resfriamento do pão seja feito em temperatura ambiente, protegido de corrente de ar (GUARENTI, 2004).

1.5 Retenção de Gás na Massa de Pão

Dois fatores principais parecem ser importantes para o volume final e textura do pão assado. O primeiro é a capacidade das propriedades reológicas da massa, que precisa ter um equilíbrio ótimo entre a força e a extensibilidade para o

melhor desempenho. Como mencionado, as propriedades da massa são fundamentais na determinação da capacidade de expansão. O segundo fator é a estrutura da célula de gás e sua estabilidade. Vários mecanismos influenciam a estabilidade das células de gás. Um deles é o desproporcionamento em que as células de gás grandes crescem em detrimento das menores devido à pressão de Laplace. A outra é a coalescência das membranas, que separam o gás, com a ruptura das bolhas no contato. Os compostos ativos naturais da superfície da farinha de trigo, proteínas e lipídios podem absorver o gás / interface líquido entre a lamela líquida ao redor das células de gás, e da fase gasosa influenciando esses dois mecanismos (GANDIKOTA; MACRITCHIE, 2005).

O segundo maior componente específico das células do amido na célula do endosperma, e o mais importante em termos de propriedades funcionais da farinha, são as proteínas do glúten. Proteínas do trigo, especialmente proteína do glúten e suas frações, são geralmente reconhecidos como os fatores mais importantes que regem as propriedades viscoelásticas da massa de farinha e na sua qualidade em panificação. A qualidade do trigo é determinada pelo alto peso e distribuição molecular das subunidades de glutenina. Este pertence à família de proteínas prolaminas de grãos de cereais de armazenamento e são caracterizados por seu alto teor de aminoácidos prolina e glutamina. São classicamente divididos em gliadinas monoméricos e gluteninas poliméricos, com os últimos compreendendo subunidades que são divididos com base em suas massas moleculares em subunidades de alto peso molecular de glutenina (HMW-GS) e de subunidades de baixo peso molecular de glutenina (LMW-GS) (PECIVOVÁ; PAVLÍNEK; HRABE, 2010; TOSI et al, 2011).

As proteínas de armazenamento do endosperma são excelentes preditores de desempenho do glúten de trigo. Variações na distribuição do peso molecular de proteínas do endosperma do trigo têm sido, significativamente associadas com a elasticidade e a extensibilidade da massa e a qualidade dos produtos finais de classes diferentes de trigo (TSILO et al., 2011).

A idéia de que a estrutura da massa é baseada em uma rede tridimensional e extensiva de interações de subunidades de proteínas gliadina e glutenina através de ligações covalentes e não covalentes para formar o complexo glúten, resultando em uma massa viscoelástica unida por ligações cruzadas de dissulfeto, parece ser suprimido gradualmente, e o papel da ligação não covalente é ser estressado, não

deixando dúvida de que os grupos tiol e as pontes de dissulfeto desempenham um papel importante na determinação do glúten e nas propriedades da massa.

Ambos, gliadina e glutenina, contêm pontes de dissulfeto. As de gliadina são principalmente intramoleculares, que promovem conformações moleculares envolvidas ou globulares. Em comparação, muito mais pontes de dissulfeto ocorrem entre as cadeias polipeptídicas de glutenina e dão origem a grandes agregados moleculares. A diferença entre gliadina e glutenina em sua tendência para formar pontes de dissulfeto intra e intermolecular é devido à diferente seqüência de aminoácido. As propriedades viscoelásticas da glutenina são baseadas na presença de proporções adequadas de ambas, intra e intermoleculares pontes de dissulfeto.

As proteínas do glúten contêm quantidades relativamente pequenas de cistina e cisteína (em média 2 a 3%). A cisteína, é um aminoácido com um grupo tiol, é facilmente oxidado a cistina, que pode formar uma -SS- ponte entre duas cadeias polipeptídicas adjacentes. Grupos sulfidrila, assim, tornam-se envolvido no desenvolvimento da massa por um mecanismo em que os pares desses grupos são ligados por oxidação para formar grupos de dissulfeto, com ligação enxofre-enxofre tornando-se uma ligação covalente. Se esta ligação envolver os grupos -SH- ligados a diferentes cadeias polipeptídicas, em seguida, ligações cruzadas de dissulfeto são estabelecidas entre essas (LÁSZTITY, 1996; PYLER; GORTON, 2008; MARIOTT et al, 2009).

Os espirais das moléculas de proteína são mantidos juntos por vários tipos de ligações incluindo ligação dissulfeto (-SS-), e é o rompimento dessas ligações, permitindo a molécula desenrolar, e se rejuntar em posições diferentes, que liga as separadas moléculas de proteína conjuntamente, constitui uma parte importante do desenvolvimento da massa. Os grupos sulfidril (-SH) também estão presentes nas moléculas de proteína como grupos laterais do aminoácido cisteína. A reação entre o grupo -SH- e ligação - SS- permite novas relações inter e intra-proteína/ polipeptídeo a ser formado via ligação -SS-, e o efeito deste intercâmbio é o relaxamento da massa pelo alívio da tensão induzida pelo processo de mistura. O fator mais importante no fortalecimento do complexo de proteínas de glúten é a oxidação de grupos -SH- com formação de intermolecular e intramolecular ligação - SS-. Tem sido demonstrado que oxidantes e agentes redutores podem alterar as

propriedades funcionais de proteínas do glúten durante o amassamento da massa (KENT; EVERS1994;PERMYAKOVA, TRUFANOV, 2011).

Oxidantes são usados em sistemas de massa de pão para branquear a farinha e posteriormente o miolo do pão e para promover a formação de ligação dissulfeto entre as proteínas, o que melhora a força da massa e geralmente resulta em maior volume específico do pão (SANDHU; MANTHEY; SIMSEK, 2011). O uso de aditivos como antioxidantes, enzimas, emulsificantes e hidrocolóides é uma prática comum para melhorar o desempenho na panificação de uma farinha inferior ou misturas de farinhas. Em geral, a adição de hidrocolóides em massa tem consequências importantes no processo de panificação: eles requerem uma adição suplementar de água e as interações que estabelecem com os outros componentes da massa levam a mudanças nas propriedades reológicas da massa (CORREA et al, 2010).

1.6 Propriedades Reológicas de Massa de Pão

A reologia é o estudo de como os materiais deformam, fluído ou não, quando uma força é aplicada. As propriedades reológicas de alguns materiais podem ser descritas por um único valor. Na literatura de química do cereal, as medições são feitas com farinógrafo ou mixógrafo e referidas como medições reológicas. Estes instrumentos medem como a massa deforma e flui. Portanto, eles se ajustam claramente à definição do estudo reológico. O problema com o uso desses instrumentos para estudos reológicos, é que não podemos definir a tensão sobre a amostra em qualquer momento durante o período do teste (HOSENEY, 1994).

Massa de pão é um complexo e não linear, sistema viscoelástico dependente do tempo, e suas propriedades reológicas são difíceis de caracterizar. A massa de pão apresenta comportamento reológico intermediário entre um líquido viscoso e um sólido elástico. A massa pode ser esticada como uma borracha, mas ao contrário da borracha, que se recupera completamente após a libertação, a massa recupera apenas parcialmente. Assim, a massa apresenta ambas as características, elástica e viscosa. A elasticidade é uma propriedade importante em massa de pão, porque é considerada um requisito para reter os gases formados pela fermentação. Sem a expansão da massa e retenção das bolhas de gás durante a fermentação em processo de panificação, pães não teriam a textura aberta nem seriam mastigáveis.

Da mesma forma que a elasticidade pode ser crucial para as qualidades do produto acabado, ela pode causar problemas na produção industrial de produtos de massa, onde pedaços grandes de massas são moldados em formas finas utilizando rolos de laminação. Propriedades viscoelásticas de massa de farinha de trigo têm efeitos profundos na maquinabilidade da massa, característica de textura e capacidade de manter o produto final (BOLLAIN; COLLAR, 2004; CHAKRABARTI-BEL et al, 2010; JEKLE; BECKER, 2011).

A palavra ‘viscoelástico’ significa que o material expõe simultaneamente alguma propriedade de elasticidade de um sólido ideal e alguma propriedade de fluidez de um líquido ideal. Alguns autores reservam a palavra ‘viscoelástico’ para materiais que são mais sólidos do que líquido. No sólido viscoelástico há uma deformação instantânea quando uma força de deformação é aplicada e o material continua a变形 enquanto a força for comprimida contra ele. Quando a força é removida há alguma recuperação da forma original (componente elástico), mas não uma recuperação completa (componente viscoso) (BOURNE, 2002).

As macro-propriedades da massa mudam ao longo do tempo. No final do processo de mistura ela apresenta características viscoelásticas, consideradas ideais para o processo subsequente. O período de descanso modifica essas propriedades, deixando a massa mais flexível (relaxada). A divisão e o boleamento revertem essa propriedade em certo grau, e a massa se torna mais elástica (menos relaxada). O período de fermentação intermediário reduz a elasticidade, possibilitando a modelagem adequada no formato de um pão. Na fermentação as características são novamente modificadas, não apenas pelo relaxamento, mas também pelas mudanças na composição da matriz pelos produtos da fermentação (etanol e dióxido de carbono), pela ação dos aditivos (oxidantes e enzimas) e pela ação das proteases nativa da farinha (CAUVAIN; YOUNG, 2009a).

Medidas reológicas de massa de pão são largamente classificadas em técnicas empíricas e fundamentais. Os métodos empíricos fornecem informações úteis e são amplamente aceitos para a caracterização do controle de qualidade de farinhas. Os métodos fundamentais proporcionam melhores e definidas condições experimentais de estresse e tensão que permitem que os resultados sejam interpretados em unidades fundamentais. O Dobraszczyk-Roberts Sistema de Inflação de Massa (DIS), por exemplo, é um teste recentemente introduzido de reologia fundamental de massa e mede a relação de estresse e tensão com base na

inflação de uma massa laminada. As deformações envolvidas em testes de extensão biaxial são relevantes para o tipo de deformação da massa em torno de uma bolha de gás em expansão durante a fermentação e assamento. Medições de reologia de massa usando o Dobraszczyk-Roberts Sistema de Inflação de Massa (DIS), foram analisadas e interpretadas de várias formas anteriormente. Dobraszczyk e Roberts e Dobraszczyk descreveu as curvas de tensão-deformação usando a relação lei de potência e Dobraszczyk et al, utilizadou a equação exponencial (CHIN; CAMPBELL, 2005a).

1.7 Análise de Textura

Textura é a manifestação sensorial e funcional da estrutura, propriedades mecânicas e de superfície dos alimentos, detectados através dos sentidos de visão, audição, tato e sinestésicos. A textura é analisada pelo atributo de qualidade, que denota o frescor do produto e a excelência da preparação de alimentos, que contribui para o prazer de comer (SZCZESNIAK, 2002).

O teste de compressão-extrusão consiste na aplicação de uma força em um alimento até este fluir através de uma saída que pode ser lateral, sob a forma de uma ou mais ranhuras ou orifícios que estão na célula ou caixa de ensaio. O alimento é comprimido até sua estrutura ser rompida. Geralmente a força máxima necessária para realizar a extrusão é medida e usada como um índice de qualidade de textura. Este tipo de teste é usado em líquidos viscosos, géis, gorduras, frutas e vegetais frescos e processados. A extrusão requer que o alimento flua sob pressão, sendo razoável usar em alimentos que fluirão facilmente sob uma força aplicada. Um tipo simples de compressão-extrusão é aquele em que o alimento é colocado em um recipiente com o topo aberto. Um pistão é forçado para baixo na caixa até o alimento subir através do espaço entre o pistão e a parede da caixa. Isto é chamado de '*back extrusion test*' porque o alimento move-se em direção oposta ao pistão (BOURNE, 2002).

As medições em grandes deformações podem ser realizadas por extensão da massa crua, por extensibilidade de glúten e sistema de inflação de massa. A extensibilidade uniaxial pode ser avaliada pelo Kieffer (células/massa), equipamento de extensibilidade desenvolvido pela Stable Micro Systems para o analisador de textura TA-XT2. A resistência à extensão e a extensibilidade são

determinadas no modo de tensão por registro da força de pico e da distância no limite de extensão.

A extensibilidade Bi-axial pode ser medido pelo sistema de inflação de massa em 22 °C após 5 minutos de descanso. O dispositivo infla um pedaço de massa pelo deslocamento de volume de ar, usando um pistão impulsionado pelo analisador de textura. A pressão é medida por um transdutor de pressão e o volume da massa inflada é calculado a partir do deslocamento do pistão (BOLLAIN; COLLAR, 2004).

O Extensógrafo é um instrumento utilizado em conjunto com o Farinógrafo para avaliar as propriedades reológicas da massa de pão em laboratórios da indústria de moagem e de panificação. É composto de três partes: (1) dispositivos de formação da massa, que volta e enrola a massa com as dimensões padrão, (2) um armário de fermentação com temperatura controlada para permitir que a massa descance, e (3) o mecanismo que estica a massa e lê as alterações em vigor com a extensão. Três parâmetros são obtidos a partir da curva do Extensógrafo: (1) a energia, que é medida sob a área da curva; (2) a resistência à extensão, que é a força de 50 mm de alongamento medida em unidades de força da UE (Unidades Extensógrafo) e (3) de extensibilidade, que é o comprimento da curva, medido em milímetros. O método padrão para o uso do Extensógrafo é descrito na AACC Método n º 54-10, Método ISO n º 5530-2 e Método ICC n º 114 / 1 (BOURNE, 2002).

O Alveógrafo foi inventado por Marcel Chopin em 1920 como um instrumento empírico de medir a qualidade da farinha. O instrumento infla e explode as bolhas de massa e mede a pressão durante a operação de inflar. A massa é misturada, moldada em pedaços lisos (boleadas), e assegurada no instrumento, e a pressão do ar é usada para explodir a bolha de massa. Presumivelmente, a idéia por trás do teste é de que ao explodir a bolha, está relacionada com a expansão das bolhas (células de gás) em fermentação de massa. Em quanto que o extensógrafo estica a massa em uma forma uniaxial (em um único eixo), o alveógrafo, estica a massa em todas as direções. Isto é um alongamento biaxial, que tem a vantagem de ser o tipo de expansão que realmente ocorre em fermentação de massa (HOSENEY, 1994).

2 OBJETIVO

Objetivo Geral

O objetivo do trabalho é avaliar a estrutura de massas de pães obtidas por diferentes processos de fermentação.

Objetivos específicos:

- formular diferentes massas de pães do tipo baguete elaboradas pelos processos de método direto e método indireto (ou esponja) com a finalidade de avaliar os parâmetros de textura das massas formuladas;
- Avaliar a substituição parcial de farinha de trigo por farinha de triticale, e a resposta reológica de acordo com o método de preparo e a combinação dos ingredientes das formulações;
- Avaliar a adição de iogurte nas propriedades reológicas em massa de pão de acordo com o método de preparo;
- Avaliar as estruturas das massas cruas das formulações obtidas por análises de textura (*back extrusion* teste e teste de extensibilidade);
- Avaliar o crescimento qualitativo das massas de pães formuladas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Para o preparo de massa de pão tipo baguete foi utilizado farinha de trigo tipo 1 especial da marca Anaconda Premium (12,40% de umidade, glúten úmido 34,04% e 0,49% cinzas Max; conforme laudo de análise do fabricante em anexo) e armazenada em geladeira a 7 °C; fermento biológico seco instantâneo da marca Fleischmann, armazenado em geladeira a 7 °C; sal refinado de mesa da marca Cisne; gordura vegetal *low trans* Propan 00 LT (10 g de gorduras totais, 2,8 g gorduras saturada, 0,4 g gorduras trans em porção de 10 g e SFC (%) 10,0 °C 6-12, conforme ficha técnica do fabricante em anexo) e margarina *low trans* Probisc 80 LT (8 g de gorduras totais, 4 g de gorduras saturadas, 17 mg de sódio e 45 mcg de vitamina A e SFC (%) 10,0 °C 35,0-41,0, conforme ficha técnica do fabricante em anexo), da marca Bunge Alimentos S.A.; iogurte integral natural da marca Paulista (12 g de carboidratos, 5 g de proteínas, 5,9 g de gorduras totais sendo 3,9 g de gorduras saturadas, 85 mg de sódio e 199 mg de cálcio em 170 g por porção, de acordo com o indicado na embalagem pelo fabricante); e grãos de triticale que foram cultivados e selecionados pela Embrapa Trigo, e recebidos sem casca.

3.2 Métodos

3.2.1 Preparo das Amostras

Foram elaboradas 9 formulações, conforme Tabelas 5 e 6, e fluxograma de preparo (Figura 9).

Foi escolhida a formulação G (com gordura vegetal) como padrão, variando a partir dela, as demais.

Tabela 5 - Formulações Experimentais de Massa de Pão tipo Baguete

Ingredientes (g)	IG	M	G	EM	EG	EIG	TIG	TG	ETIG	ETG
Farinha de trigo	160	160	160	64	64	64	112	112	44,8	44,8
Triticale	-	-	-	-	-	-	48	48	19,2	19,2
Fermento biológico seco instantâneo	3,2	3,2	3,2	-	-	-	3,2	3,2	-	-
Sal	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Água	80	96	96	24	24	8	80	96	8	24
Margarina	-	8	-	8	-	-	-	-	-	-
Gordura Vegetal	8	-	8	-	8	8	8	8	8	8
iogurte	16	-	-	-	-	16	16	-	16	-
Esponja de farinha de trigo+triticale	-	-	-	-	-	-	-	-	171,2	171,2
Esponja de farinha de trigo	-	-	-	171,2	171,2	171,2	-	-	-	-
Total (g)	269,6	269,6	269,6	269,6	269,6	269,6	269,6	269,6	269,6	269,6

IG=iogurte+gordura vegetal; M=margarina; G=gordura vegetal; EM= esponja + margarina; EG= esponja+gordura

Vegetal; EIG= esponja+iogurte+gordura vegetal; TIG= triticale+ iogurte+gordura vegetal; TG= triticale+gordura

Vegetal; ETIG= esponja+triticale +iogurte+gordura vegetal; ETG= esponja+triticale+gordura vegetal;

Tabela 6 – Formulações Experimentais de Fermento do Método Indireto (Esponja)

Ingredientes(g)	Esponja de farinha de trigo e farinha de triticale	Esponja de farinha de trigo
Farinha de trigo	67,2	96
Farinha de triticale	28,8	
Fermento biológico seco instantâneo	3,2	3,2
Água	72	72
Total (g)	171,2	171,2

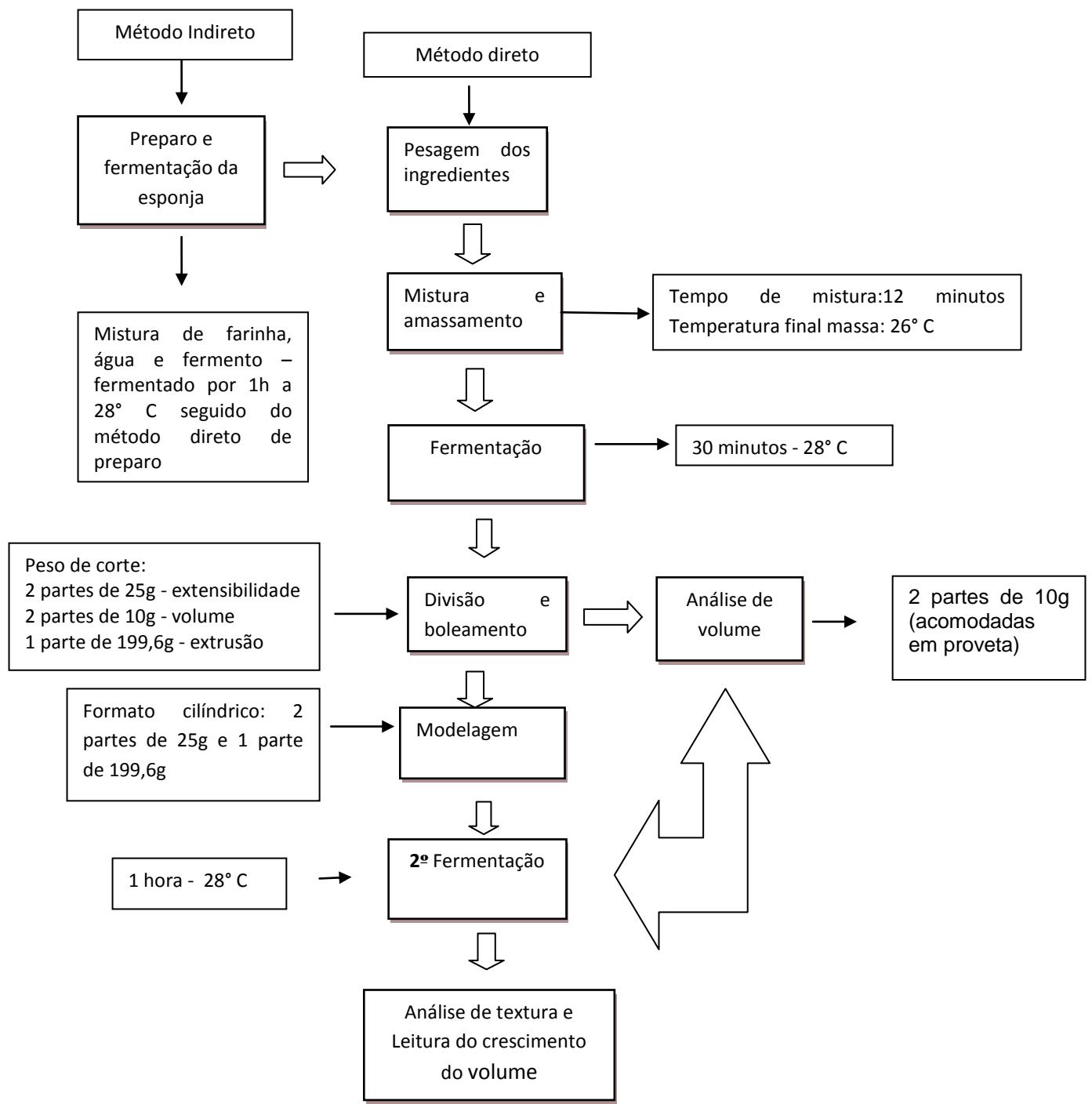


Figura 9. Fluxograma utilizado no preparo das amostras e análises de textura e volume

Em todas as formulações foram elaboradas massas de pão tipo baguete pelo método direto, onde os ingredientes são misturados em uma etapa, ou pelo método indireto, onde há preparo prévio da esponja (EL-DASH et al., 1983), composta por 60% do total da farinha, 75% do total da água e 100% do fermento. Após a mistura dos ingredientes a esponja foi deixada fermentada por 1 h e, posteriormente, adicionada aos demais ingredientes, seguindo-se o método direto de preparo.

Inicialmente foram separados e pesados todos os ingredientes (Figura 10), e as sementes de triticale trituradas em processador *Performa Magiclean Duetto*, Arno 450 w. Foram usados os ingredientes nas proporções de: 100% de farinha (160 g), e os demais ingredientes calculados em relação ao peso da farinha, com fermento seco instantâneo a 2%, (3,2 g), sal a 1,5%, (2,4 g), iogurte a 10%, (16 g), água a 60%, (96 g) e gordura vegetal *low trans* ou margarina *low trans* Probisc 80 LT a 5%, (8 g). Nas formulações contendo triticale e farinha de trigo os 100% de farinha foram compostos por 70% de farinha de trigo e 30% de farinha de triticale.



Figura 10. Ingredientes pesados

No preparo das massas a temperatura ambiente foi mantida a 23ºC. Esperou-se que a farinha de trigo atingisse 20ºC e a água aquecida à temperatura de 42ºC. Em seguida, a massa foi preparada em Batedeira *Kitchen Aid* 525, primeiro foi feita a mistura dos ingredientes com o misturador tipo raquete (Figura 11) em nível 2 de velocidade por 1 minuto, adicionando-se a água, lentamente (com o iogurte conforme a formulação), e depois a gordura vegetal *low trans* ou a margarina *low trans* Probisc 80 LT (conforme a formulação). Após a mistura prévia, trocou-se o misturador tipo raquete pelo de gancho (Figura 11) e em nível 5 iniciou-se o amassamento por mais 11 minutos, totalizando 12 minutos de amassamento, até a

massa atingir o ponto de véu (Figura 12) e desenvolver, ficando com temperatura de 26⁰C no final do batimento.



Figura 11. Mistura e sova da massa



Figura 12. Ponto de véu da massa

Após a elaboração a massa foi boleada (Figura 13) e transferida para um recipiente de vidro, fechado com filme plástico para evitar formação de crosta por ressecamento da massa, e levada para fermentar em estufa incubadora B.O.D Mod. 347 CD, à temperatura de 28⁰C por 30minutos.



Figura 13. Massa boleada

Após a fermentação, a massa foi sovada para retirada do gás formado, dividida e boleada da seguinte forma: duas partes de 10 g (análise de volume), duas partes de 25 g (análise de extensibilidade) e 199,6 g (análise de *back extrusion*), (Figura 14).



Figura 14. Divisão da massa

3.2.2 Análise de Textura

3.2.2.1 *Back extrusion*

No teste de *back extrusion* a massa foi boleada, aberta e enrolada no formato de baguete no comprimento de 28 cm como demonstrado nas Figuras 15 e 16.

Após a modelagem a massa foi colocada em assadeira forrada com folha de silicone antiaderente, envolvida por filme plástico para evitar formação de crosta por ressecamento da massa, e levada para fermentar novamente em estufa incubadora B.O.D Mod. 347 CD à temperatura de 28⁰C por 1 hora.



Figura 15. Massa aberta



Figura 16. Massa rolada

Ao término da 2^a fermentação as amostras (Figura 17) foram levadas para a análise de *back extrusion* em texturômetro TA-XT2 - *Stable Micro Systems* com probe *back extrusion*.

Os parâmetros da análise de *back extrusion* foram: probe *back extrusion* A/BE (copo acrílico 55x70 mm e disco com 40 mm de diâmetro), distância 25,0 mm, velocidade do teste 2,0 mm/s, distância de 25.0 mm e temperatura da amostra 28⁰C,

avaliando-se o ponto de quebra, firmeza, consistência, coesividade e índice de viscosidade.

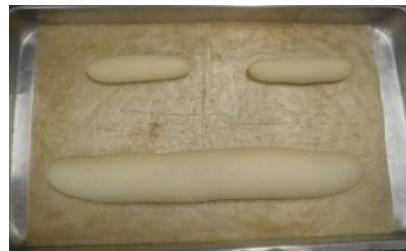


Figura 17. Amostras de massa crua de pão tipo baguete após a 2^a fermentação

Para a análise de *back extrusion* a massa foi cortada em partes de 7 cm transversal, no comprimento, com aproximadamente 50 g, (Figura 18), e transferidas para o copo de acrílico, próprio do equipamento (Figura 19), completando aproximadamente 75% de amostra, sendo delicadamente agitadas para acomodação da amostra e em seguida o teste de *back extrusion* foi realizado (Figura 20). Foram elaboradas duas amostras de massas e os testes realizados em quadriplicata.

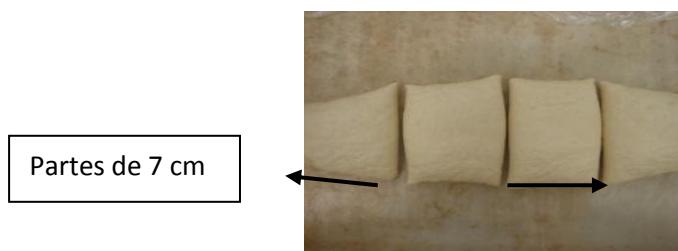


Figura 18. Amostra de massa crua de pão tipo baguete cortada em partes de 7 cm depois da 2^a fermentação para análise de textura – *back extrusion*



Figura 19. Amostra no copo acrílico do aparelho



Figura 20. Análise de extrusão

3.2.2.2 Extensibilidade

Para o teste de extensibilidade as massas foram boleadas, abertas e enroladas em formato cilíndrico no comprimento de 12 cm (Figura 21). Após a modelagem, a massa foi colocada em assadeira forrada com folha de silicone antiaderente, envolvida em filme plástico para evitar formação de crosta por ressecamento da massa, e levadas para fermentar, em estufa incubadora B.O.D Mod. 347 CD, à temperatura de 28⁰C por 1 hora.



Figura 21. Amostra de massa crua de pão tipo baguete antes da 2^a fermentação para análise de extensibilidade

Após o tempo da 2^a fermentação as amostras foram pinçadas entre as placas do *probe tensile gripe*, do texturômetro TA-XT2 - *Stable Micro Systems* (Figura 22).

Os parâmetros da análise de extensibilidade foram: *probe tensile gripe*, distância 25,0 mm, velocidade do teste 2,0 mm/s e temperatura da amostra 25⁰C, avaliando-se, desta forma a resistência da massa à extensão quando a força de tensão é aplicada.



Figura 22. Análise de extensibilidade em massa de pão crua tipo baguete

A análise de extensibilidade foi realizada em duplicata.

3.2.3 Análise de Volume

Para análise de volume as massas foram boleadas e acomodadas em proveta, sendo a abertura fechada com filme plástico para evitar formação de crosta por ressecamento da massa (Figura 23).



Figura 23. Teste de volume – antes da 2º fermentação

As amostras foram colocadas em estufa incubadora B.O.D Mod. 347 CD, à temperatura de 28⁰ C por 1 hora. A leitura da análise de volume foi realizada ao término do tempo de 1h de fermentação (Figura 24).



Figura 24. Teste de volume – após
2º fermentação

A análise de volume foi realizada em duplicata.

3.4 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada com o software SPSS Statistics 17.0, com análise de método de TUKEY- LSD, com comparação entre médias e análise de variância de caminho único com 5% de significância ($P<0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Back Extrusion

As propriedades reológicas mudam durante todas as etapas do processamento de pães. As condições de tensão são altas quando a massa é misturada sob altas velocidades até que se torne elástica e coesa. Quando a massa é sujeita à laminação as condições de tensão são intermediárias. As condições de tensão são baixas durante o processo de fermentação. Conhecer as propriedades reológicas da massa pode indicar de como esta irá se comportar durante as várias condições de processamento. As características reológicas da massa são as principais responsáveis pela obtenção do resultado desejado, isto é produção com qualidade tecnológica.

A reologia da massa, no entanto, é determinável em relação à natureza dos elementos da matriz, que são nesse caso, as proteínas do glúten. A maioria das pesquisas em massas alimentícias se refere à mensuração das características reológicas, correlacionando-as com as características do pão (efeitos dos aditivos, como oxidantes, surfactantes, comportamento da fermentação, volume do produto e característica do miolo), e com o propósito de associar essas determinações às características físicas do glúten, as quais podem ser determinadas (CAUVAIN; YOUNG, 2009a).

As massas passam por experiências de diferentes tensões durante as sucessivas fases de panificação em que é submetido a diferentes tipos de deformações, variando entre a deformação de cisalhamento para alongamento. A mistura e o desenvolvimento da massa envolvem deformações maiores das ocorridas durante a fermentação e crescimento no forno (ROUILLE' et al, 2005).

Em padarias automatizadas o conhecimento da viscosidade da massa desempenha um papel importante no controle de produção e projeto de equipamentos. A viscosidade da massa pode estar relacionada com a qualidade do produto e pode controlar a qualidade em alguns casos. Processos industriais de massa geralmente envolvem taxas grandes de tensão de cisalhamento e fluxo extensional, e a viscosidade da massa de farinha de trigo pode depender do tipo e das propriedades da farinha de trigo utilizada, da combinação da massa preparada, condições de mistura e tempo de descanso (ARABO, 2011).

As propriedades de textura de todos os produtos a base de cereais são fortemente influenciadas pela qualidade dos ingredientes usados e de como são combinados na formulação. No pão, a chave das características de textura vem do desenvolvimento da rede de glúten da massa. A rede de glúten retém pequenas bolhas de ar na massa, promovendo a expansão do dióxido de carbono produzido pelos fermentos de panificação (KILCAST, 2003).

A análise de *back extrusion* em massa de pão crua pode avaliar a qualidade de farinhas, formulações, por exemplo, como a substituição de ingredientes, eficiência dos aditivos e ingredientes que melhorem a formação e o desenvolvimento da massa, obtendo como resultados parâmetros reológicos que indicam a qualidade dos produtos testados.

A análise por *back extrusion* também pode ser muito útil no estudo de massas grossas, como massa de macarrão, porque a força requerida para criar o fluxo pode ser gerada (OSORIO; STEFFE, 1991).

Nas curvas que são produzidas no teste de *back extrusion* quando a superfície da amostra é atingida, o disco penetra a uma profundidade de 25 mm. Neste ponto ocorrer a força máxima. O “pico” ou a força máxima é tomado como medida da firmeza – quanto maior o seu valor mais firme é a massa. A área positiva da curva é tomada como medida da consistência - quanto maior o valor, maior é a consistência da massa. A região negativa do gráfico é produzida quando o *probe* retorna, sendo o resultado o peso da massa que é levantada principalmente sobre a superfície em volta do disco. Portanto, dando novamente indicação de consistência/resistência ao escoamento do disco. A força negativa máxima (“pico” negativo) é tomada como indicação de coesividade da massa – quanto mais negativo o valor mais coesa é a massa. A área da região negativa da curva poderá referir como ‘trabalho de coesão’ – quanto maior o valor, maior a resistência para retirada da massa que é uma indicação de coesividade e também de consistência/viscosidade da massa. De todas as amostras analisadas obtiveram-se curvas médias, conforme exemplificado na Figura 25 (NOTA DE APLICAÇÃO TEXTURE EXPERT EXCEED, 2001).

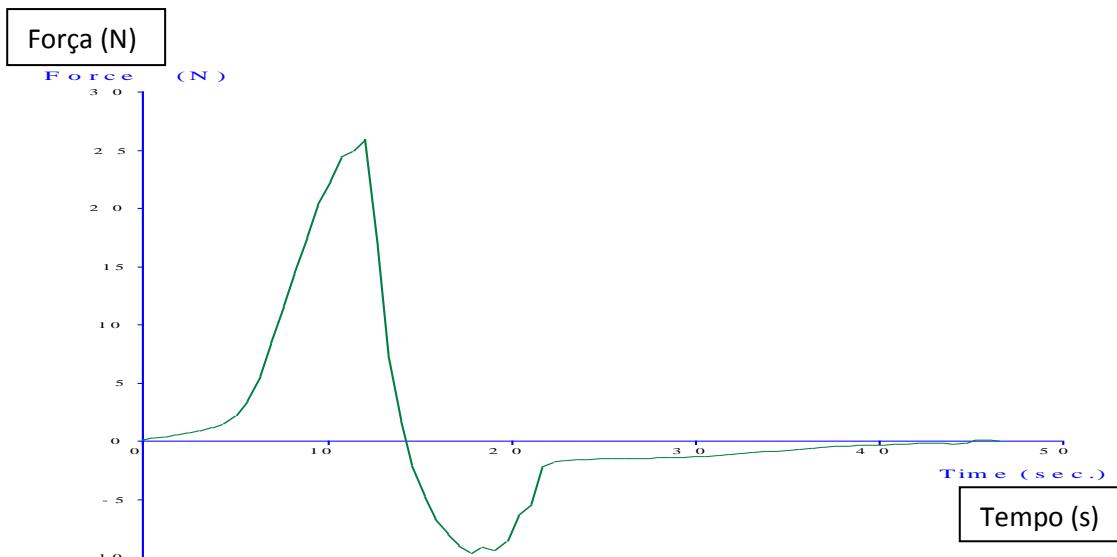


Figura 25. Gráfico médio da análise de *back extrusion* da amostra ETG

Os resultados do teste de extrusão estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados do Ponto de Quebra (N), Firmeza (N), Consistência (N.s), Coesividade (N) e Índice de Viscosidade (N.s) das amostras no teste de *back extrusion*.

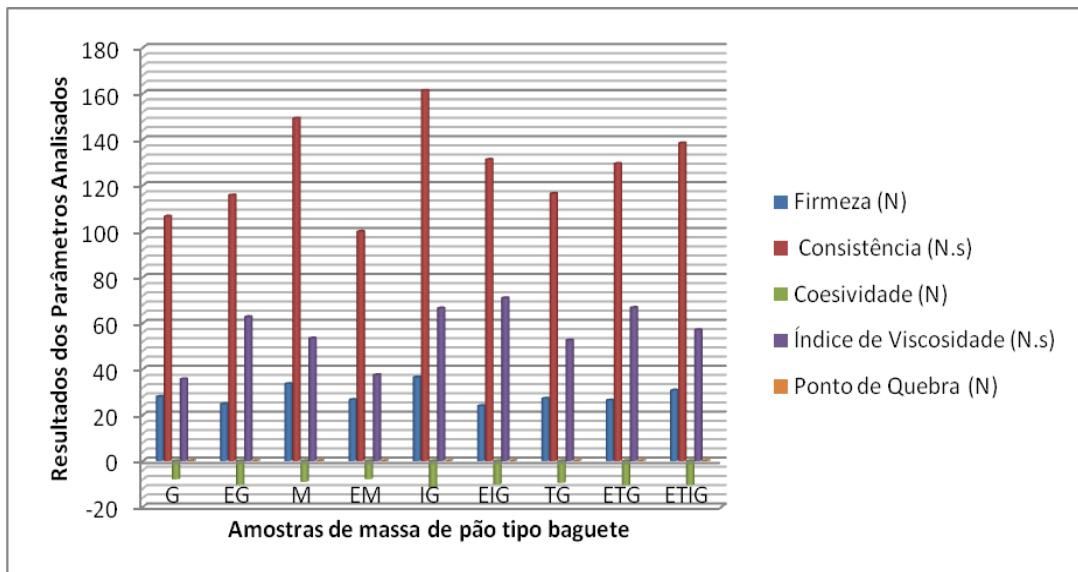
Amostra	Ponto de Quebra	Firmeza	Consistência	Coesividade	Índice de Viscosidade
	N	N	N.s	N	N.s
	±dp	±dp	±dp	±dp	±dp
G	0,09 ^a ±0,01	28,02 ^{a,b,c} ±1,74	106,55 ^{a,b} ±14,93	7,92 ^a ±2,31	35,63 ^b ±12,96
EG	0,08 ^a ±0,01	24,84 ^{a,b} ±1,73	115,72 ^{a,b} ±15,64	10,30 ^a ±0,66	62,77 ^{a,b} ±11,25
M	0,09 ^a ±0,00	33,57 ^{c,d} ±3,01	149,23 ^{b,c} ±30,80	9,05 ^a ±4,11	53,45 ^{a,b} ±29,16
EM	0,08 ^a ±0,01	26,67 ^{a,b} ±3,66	99,95 ^a ±24,67	7,86 ^a ±1,15	37,51 ^b ±6,03
IG	0,08 ^a ±0,01	36,41 ^d ±4,42	161,37 ^c ±25,17	11,79 ^a ±0,74	66,52 ^{a,b} ±11,32
EIG	0,08 ^a ±0,01	23,99 ^a ±2,08	131,29 ^{a,b,c} ±14,86	10,08 ^a ±1,44	70,97 ^a ±12,44
TG	0,09 ^a ±0,02	27,23 ^{a,b} ±2,91	116,46 ^{a,b} ±13,33	9,44 ^a ±1,51	52,61 ^{a,b} ±13,38
ETG	0,08 ^a ±0,02	26,41 ^{a,b} ±2,15	129,52 ^{a,b,c} ±20,58	10,53 ^a ±0,71	66,79 ^{a,b} ±13,56
ETIG	0,08 ^a ±0,01	30,81 ^{b,c,d} ±3,77	138,42 ^{a,b,c} ±25,97	10,42 ^a ±2,35	57,08 ^{a,b} ±19,75

G= Gordura vegetal; EG= Esponja + gordura vegetal; M= Margarina; EM=esponja+margarina;
IG= iogurte+gordura vegetal; EIG= Esponja+iogurte+gordura vegetal; TG= triticale+gordura vegetal;
ETG= esponja+triticale+gordura vegetal; ETIG= esponja+triticale+iogurte+gordura vegetal.

dp = desvio padrão

Letras iguais na mesma coluna indicam variação não significativa entre as formulações analisadas ($p < 0,05$) Tukey- LSD.

Para melhor visualização na Figura 26 encontra-se a comparação dos resultados dos parâmetros obtidos na análise de textura pelo teste *back extrusion*.



G= gordura vegetal; EG= esponja + gordura vegetal; M= margarina; EM=esponja+margarina; IG= iogurte+gordura vegetal; EIG= esponja+iogurte+gordura vegetal; TG= triticale+gordura vegetal; ETG= esponja+triticale+gordura vegetal; ETIG= esponja+triticale+iogurte+gordura vegetal.

Figura 26. Gráfico comparativo dos resultados das análises de *back extrusion*

A análise de textura, de *back extrusion*, fornece resultados do ponto de quebra, firmeza, consistência, coesividade e índice de viscosidade, que mostraram o comportamento da massa, de acordo com sua formulação e método de preparo.

O ponto de quebra indica a força inicial necessária para a amostra começar a fluir, dado importante que pode mostrar, por exemplo, a força inicial necessária em laminação de massas de pães. Em relação às amostras analisadas, apresentadas na Tabela 7, não houve diferença significativa ($p>0,05$) no ponto de quebra.

A firmeza informa a força máxima de resistência da massa formada durante as etapas de mistura, com o desenvolvimento da massa, e fermentação, essa informação auxilia, por exemplo, no desenvolvimento de misturadores de massas, fornecendo a força requerida necessária para se misturar os ingredientes e desenvolver a massa. A firmeza também pode ser utilizada para testar pães que passam pela etapa de modelagem sendo desejável que o produto final mantenha o formato adquirido após o crescimento da massa pela fermentação e assamento. Em relação às amostras analisadas, apresentadas na Tabela 7, comparando com a amostra padrão G, a amostra IG resultou diferença significativa ($p<0,05$), com aumento da firmeza e as amostras EG, M, EM, EIG, TG, ETG E ETIG não

resultaram diferenças significativas ($p>0,05$). As amostras G, EG, EM e TG resultaram diferenças significativa ($p<0,05$) com diminuição da firmeza, comparada à amostra IG. As amostras M e ETIG comparada à amostra IG não resultaram diferenças significativas ($p>0,05$). E a amostra EM comparada à amostra M e a amostra EIG comparada à amostra IG resultaram em diferença significativa ($p<0,05$) com diminuição da firmeza, obtida como resposta reológica ao método indireto, ou esponja, de preparo.

A consistência de um produto está fortemente relacionada com sua formulação, quantidade de ingredientes líquidos e sólidos, ou ingredientes que alterem a característica, como melhoradores de massa. Em relação às amostras analisadas, apresentadas na Tabela 7, comparando com a amostra padrão G, a amostra IG resultou diferença significativa ($p<0,05$), com aumento da consistência, e as amostras EG, M, EM, EIG, TG, ETG e ETIG não resultaram diferenças significativas ($p<0,05$). As amostras EG, EM e TG, resultaram diferenças significativa ($p<0,05$) com diminuição da consistência, comparada à amostra IG e as amostras M, EIG, ETG e ETIG comparada à amostra IG não resultaram diferenças significativas ($p<0,05$). E a amostra EM comparada à amostra M resultou em diferença significativa ($p<0,05$) com diminuição da consistência.

As características de coesividade e propriedades elásticas da massa são resultado do desenvolvimento total da mesma durante o processo de mistura, tornando a massa resistente à extensão (ESKIN, 1990). A coesividade indica o quanto à massa está unido, ligada, e como a massa irá aderir, por exemplo, em uma superfície de contato. Esse dado é muito importante no caso de massas que passam por etapa de laminação seguida de modelagem. Em relação às amostras analisadas apresentadas na Tabela 7, não houve diferenças significativas ($p>0,05$).

O índice de viscosidade indica a resistência da massa em fluir (escoar) entre a parede do copo e o pistão (*probe*) do equipamento, quando a Força Normal é aplicada. Essa propriedade está relacionada aos ingredientes das formulações, método de preparo, parâmetros de processo e temperatura final da massa.

A questão da taxa de fluxo inconsistente tem sido encontrada para ser intrínseca à massa de pão, dado que o fenômeno é observado em qualquer massa de pão, com ou sem fermentação. A experiência tem mostrado que a taxa de fluxo de massa torna-se mais consistente quando a massa se torna mais extensível, o que acontece quando a massa é super desenvolvida na misturadora.

Os métodos convencionais utilizados para testar a reologia da massa, com base em medições de extensibilidade da massa e de absorção de água pela farinha, não se relacionam com as variações da taxa de fluxo durante a laminação, e têm sido de uso limitado na resolução de problemas. Assim, é importante determinar as propriedades reológicas das massas, e ganhar uma compreensão das interações entre a massa de pão e o processo de laminação. De fato uma melhora na compreensão da reologia da massa pode ter um impacto de longo alcance não só sobre as indústrias de processamento de massa de pão, mas também nas indústrias agrícolas em geral, prevendo a espessura da massa durante a laminação através de uma melhor compreensão da reologia da massa, sendo uma área contínua de pesquisa em ciências de cereais (CHAKRABARTI-BELL et al, 2010).

Em relação às amostras analisadas, apresentadas na Tabela 7, comparando com a amostra padrão G, a amostra EIG resultou diferença significativa ($p<0,05$), com aumento no índice de viscosidade e a amostras EG, M, EM, IG, TG, ETG e ETIG não resultaram diferenças significativas ($p>0,05$). Comparada à amostra EIG as amostras EG, M, IG, TG, ETG e ETIG não resultaram diferenças significativas ($p>0,05$).

A amostra M, em sua formulação, teve a gordura vegetal substituída por margarina. Comparada à amostra padrão G, a amostra M apresentou aumento nos parâmetros de textura, mas estatisticamente não significativo ($p>0,05$). Esse aumento é devido às características físicas da margarina, que tem maior ponto de fusão contendo 40% de gorduras saturadas e mais quantidade de sólidos à temperatura ambiente comparado a gordura vegetal que tem menor ponto de fusão contendo 28% de gorduras saturadas e menor quantidade de sólidos à temperatura ambiente, proporcionando a massa, que contém a margarina, aumento nos parâmetros reológicos. Pães formulados com gordura vegetal diferem significativamente em volume e maciez da textura (MOUSIA et al., 2007).

Na formulação EM, além da substituição da gordura vegetal por margarina, foi também aplicado o método esponja no preparo. Comparando à amostra M, elaborada pelo método direto, a amostra EM apresentou diferença significativa ($p<0,05$), com diminuição da firmeza e consistência indicando o resultado da influência do método esponja de preparo nas respostas reológicas, sendo que uma

etapa a mais de fermentação deixa a massa mais macia devido às alterações físico-químicas que ocorrem na massa, alterando sua textura.

A amostra TG, em sua formulação, teve substituição de 30% da farinha de trigo por farinha de triticale e comparada à amostra padrão G não apresentou diferenças significativas ($p>0,05$). Ao aplicar o método esponja nas formulações contendo o triticale, ETG e ETIG (contendo iogurte), não resultaram diferenças significativas ($p>0,05$) nos parâmetro de textura analisado por *back extrusion*, comparada à amostra padrão G, mostrando que o método esponja não influenciou na reologia dessas formulações. Segundo Tohver et al., (2005) as misturas de farinha de triticale (até 50%) com farinha de trigo produziram pães com qualidades similares aos pães feitos com apenas farinha de trigo.

A amostra IG teve substituição parcial de 10% da água da formulação por iogurte, resultando diferença significativa ($p<0,05$), com aumento nos parâmetros de firmeza e consistência quando comparada à amostra padrão G, esse aumento nos parâmetros reológicos da massa, resultante da adição do iogurte pode ser justificado pelo fato do iogurte conter substâncias como exopolissacarídeos, um polissacarídeo produzido pelas bactérias produtoras de ácido láctico, que são responsáveis pela textura do iogurte, podendo ter contribuído com o desenvolvimento da massa, e também, por conter proteína e gordura do leite podendo ter influenciado na textura da massa.

Segundo Arendt et al, 2007, na fermentação natural em massa de pães por levedura e bactérias lácticas são produzidos metabólitos, que possuem efeito positivo sobre a textura e envelhecimento do pão, como ácidos orgânicos e exopolissacarídeos.

Segundo Tieking e Gänzle (2005), estudos mostram a evidência do exopolissacarídeos, produzidos por lactobacilos, melhorando efetivamente os parâmetros reológicos da massa e a qualidade do pão.

Os exopolissacarídeos produzidos por microorganismos comestíveis com categoria GRAS (Geralmente reconhecido como seguro) são uma importante fonte de alternativas naturais para os aditivos comerciais de origem vegetal ou animal. A maioria dos aditivos utilizados é quimicamente modificada para melhorar as propriedades reológicas de produtos e, portanto, não são permitidos na maioria dos países da União Européia. Desde a popularidade dos recursos naturais, com produtos alimentares sem quaisquer aditivos, tem aumentado o uso de

exopolissacarídeos, podendo resultar em um produto final seguro, natural e saudável com textura aprimorada e maior estabilidade, que pode ter um impacto importante sobre o desenvolvimento de novos produtos (LIN; CHIEN, 2007).

A amostra EIG apresentou diferença significativa ($p<0,05$) com diminuição da firmeza, comparada à amostra IG. Uma vez que as formulações M e EM, IG e EIG, são as mesmas, as alterações nos resultados ocorreram com a mudança do método de preparo. A diminuição na firmeza da massa, quando aplicado o método indireto (ou esponja), se deve ao fato de que as funções principais do método esponja são modificar o sabor e contribuir para o desenvolvimento final da massa através da modificação das suas propriedades reológicas a partir do processo natural enzimático (CAUVAIN; YOUNG, 2009a).

Segundo Stauffer (1990), os ácidos da fermentação também participam na “maciez” do glúten, e melhoram a maquinabilidade da massa, contribuindo na melhoria total da qualidade. O processo esponja em massas confere um pão com uma estrutura celular fina. Geralmente, confere sabor bem desenvolvido, sendo considerado processo base para preparação de pães americanos (HOSENEY, 1994).

Os ácidos acético e lático são formados e representam 95-98% da acidez, relatada por estudos de processos esponjas e massas (STAUFFER, 1990). O aumento no índice de viscosidade apresentado na amostra EIG comparado a amostra G, elaborada pelo método esponja e contendo iogurte na formulação, provavelmente se deve à maior quantidade de ácidos proveniente de um tempo mais longo de fermentação e do próprio iogurte o que contribuiu com o aumento da atividade enzimática das enzimas proteolíticas e amiolíticas presentes na farinha de trigo. Na prática, o termo massa macia e viscosa é, muitas vezes, confuso. É possível ter massas que são macias sem serem viscósas e vice versa (CAUVAIN; YOUNG, 2009b).

4.2 Extensibilidade

A maioria dos equipamentos para análise de textura de massa crua de pão, como Kieffer (probe de extensibilidade desenvolvida pela Stable Micro Systems para o analisador de textura TA-XT2), extensógrafo, alveógrafo, têm como resultado da análise de textura a resistência à extensão.

A análise de extensibilidade da massa mede a força máxima de resistência da massa à extensão quando uma força de tensão é aplicada. A Tabela 8 apresenta os resultados médios das amostras analisadas.

Tabela 8 - Resultados médios da análise de extensibilidade medida das amostras

Amostra	TENSÃO	
	N	
	±dp	
G	0,28 ^e ±0,01	
EG	0,19 ^{a,b,c} ±0,01	
M	0,25 ^{d,e} ±0,01	
EM	0,23 ^{c,d} ±0,02	
IG	0,30 ^e ±0,03	
EIG	0,23 ^{b,c,d} ±0,02	
TG	0,18 ^{a,b} ±0,01	
ETG	0,17 ^a ±0,02	
ETIG	0,20 ^{a,b,c,d} ±0,01	

G= gordura vegetal; EG= esponja + gordura vegetal; M= margarina;

EM = esponja+margarina; IG= iogurte+ gordura vegetal; EIG= esponja

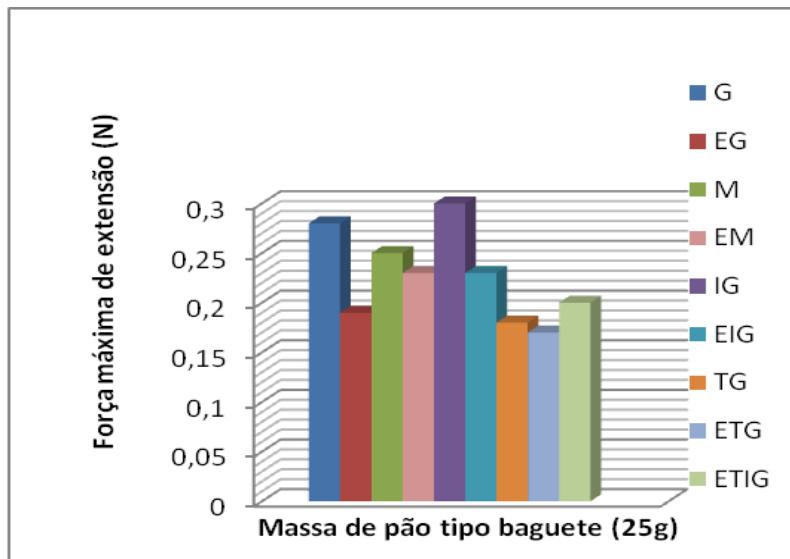
+iogurte+gordura vegetal; TG = triticale+gordura vegetal; ETG = esponja

+triticale+gordura vegetal; ETIG= esponja+triticale +iogurte+gordura vegetal

dp= desvio padrão

Letras iguais na mesma coluna indicam variação não significativa entre as formulações analisadas ($p < 0,05$) Tukey- LSD.

Para melhor visualização, a Figura 27 mostra a comparação dos resultados da força máxima de extensão medida das amostras.



G= gordura vegetal; EG= esponja + gordura vegetal; M= margarina;
EM = esponja+margarina; IG= iogurte+ gordura vegetal; EIG= esponja
+iogurte+gordura vegetal; TG = triticale+gordura vegetal; ETG = esponja
+triticale+gordura vegetal; ETIG= esponja+triticale +iogurte+gordura vegetal

Figura 27. Gráfico comparativo dos resultados da análise de extensibilidade

Segundo Sullivan et al. (2010), massas que são caracterizadas por alta extensibilidade (isto é, maior distância antes da ruptura) e alta resistência máxima à extensão (ou seja, aumento da força necessária para romper a massa de pão) são prováveis de se obter um pão com qualidade.

Segundo Panfield e Campbell¹, (1990 apud Matuda, 2008), a adição de gordura vegetal aumenta a extensibilidade da massa, auxilia na retenção dos gases produzidos durante a fermentação, aumenta o volume específico e reduz a taxa de envelhecimento de pães.

Os resultados apresentados na Tabela 8 mostram uma diferença significativa ($p<0,05$) com diminuição da tensão de extensibilidade nas amostras EM, EG e EIG, elaboradas pelo método esponja, diminuindo a força necessária para estender a massa, tornando-as mais extensíveis quando comparada à amostra padrão G.

Segundo Cauvain e Young, (2009a), o caráter reológico do glúten formado durante o processo de mistura inicial da esponja mudará, com a esponja ficando muito macia e perdendo grande parte de sua elasticidade, ao ser levada à massa do pão, onde efetivará a produção de uma rede de glúten mais macia e mais extensível

¹PENFIELD, M. P.; CAMPBELL, A. M. *Experimental Food Science*, San Diego: Academic Press, 1990. 541p.

depois do segundo processo de mistura. Esponjas são utilizadas para conferir várias vantagens no processo de panificação, incluindo maior extensibilidade a massa (CAVANAGH et al., 2010).

Segundo Komlenic'et al (2010) o extensógrafo fornece informações sobre a extensibilidade e resistência à extensão da massa. Uma característica muito desejável na massa é uma boa combinação de resistência e boa extensibilidade. E o autor conclui que a modificação das propriedades reológicas tem sido observada em massas de farinha de trigo, devido à adição de acidificantes biológicos (bactérias produtoras de ácido láctico) e químicos. Massas com valor mais baixo de pH apresentaram diminuição da extensibilidade e o específico volume de pães foram aumentados pela adição de acidificantes biológicos.

A amostra IG não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) comparada à amostra padrão G e M, mas comparada às demais amostra apresentou diferença significativa ($p<0,05$) com aumento da tensão de extensibilidade, o que a tornou mais resistente à extensão, aumentando a força necessária para estender a massa, demonstrando a influência do iogurte no desenvolvimento da massa.

A amostra IG não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) comparada à amostra padrão G, mas quando aplicado o método esponja no preparo da massa que foi o caso da formulação EIG resultou diferença significativa ($p<0,05$) com diminuição da tensão de extensibilidade comparada às amostras G e IG, demonstrando a influência do método esponja na resposta reológica da massa, tornando a massa mais extensível.

A amostra TG apresentou diferença significativa ($p<0,05$) com diminuição da extensibilidade comparada à amostra padrão G. Segundo Doxastakis et al. (2002), em comparação ao pão de trigo, triticale contém baixo teor de glúten e viscoelasticidade. Em massa elaborada com triticale foi rotineiramente observado que a viscosidade aumentava em relação à massa de pão de trigo, com inferiores propriedades reológicas e força de glúten, provavelmente devido ao genoma R, do centeio. Testes com farinógrafo, mixografo alveografo mostraram que a massa de triticale absorve menos água, têm menor tempo de desenvolvimento, foi menos tolerante à mistura e tinha menor força do que massa à base de trigo (MCGOVERIN et al., 2011).

Como as formulações TG, ETG e ETIG, são compostas de 30% de triticale e 70% de trigo, observou-se uma diminuição da tensão de extensibilidade ou da força

necessária para estender a massa, uma vez que a extensibilidade da massa está diretamente relacionada ao desenvolvimento do glúten que ocorre no processo de mistura da massa, e o triticale contém menor teor de glúten, portanto sendo um resultado esperado, mas esse fato não alterou a formação da massa, modelagem, fermentação e análises de textura e volume.

4.3 Volume

A análise de volume foi feita de forma empírica. Testes empíricos, muitas vezes medem variáveis mal definidas que são indicadas pela experiência prática, e estão relacionados a algum aspecto da qualidade de textura. Dispositivos têm sido desenvolvidos nos diferentes setores da indústria que são adequados aos tipos de produtos específicos. Até para o mesmo tipo de produto, diferentes fabricantes de alimentos têm desenvolvido seus dispositivos de forma caseira (KILCAST, 2003).

Os patamares alcançados pela massa durante a expansão não dependem somente da quantidade de ar ocluído, mas também são dependentes da estabilidade da estrutura da célula de gás. Medição de capacidade de expansão parece ter potencial como preditor de qualidade em panificação (GANDIKOTA; MACRITCHIE, 2005).

No entanto, as fases subsequentes (sova, laminação e modelagem) causam a subdivisão das células de gás já existentes, melhorando assim o seu número e tamanho. Os núcleos de gás expandem durante a fermentação devido à liberação de gases, e durante o cozimento, devido à expansão desses gases com o aumento da temperatura (SROAN; BEAN; MACRITCHIE, 2009).

Ao ser colocado em proveta, a massa fica confinada pela parede da mesma e isso determina o seu formato e a orientação do crescimento, ficando com formato verticalmente alongado.

A energia liberada pelo processo de fermentação é utilizada pelo fermento para crescer e agir na massa. Na massa de pão, quando o oxigênio é limitado, o fermento quebra o açúcar parcialmente, produzindo álcool e dióxido de carbono, conhecido como fermentação alcoólica, que é a mais desejável, e a massa deverá ser mantida em torno de 22°C e 28°C. O tempo desse processo foi convencionado em aproximadamente uma hora, que é dependente da quantidade de fermento e temperatura do meio.

Por meio de atividade química a massa aumenta de temperatura, ficando em torno de 30°C, patamar favorável à fermentação alcoólica, nesse limite uma pequena parcela de ácido acético e lático será produzida sendo benéfico ao sabor, textura e aroma do pão. No entanto, em temperaturas mais elevadas, uma quantidade excessiva de ácidos será produzida, juntamente com ácido butírico – muito indesejável, resultando em produto de baixa qualidade com sabor e odor azedo e desagradável (CANELLA-RAWLS, 2009).

O teste de volume após 1 h e 30 min de fermentação apresentou as taxas de crescimento das amostras representadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados médios de volume medido das amostras

Amostra	VOLUME	
	mL	
	±dp	
G	25 ^{a,b}	±1,22
EG	27 ^{a,b,c}	±1,12
M	25 ^{a,b}	±0,87
EM	24 ^{a,b}	±0,83
IG	29 ^c	±1,92
EIG	24 ^a	±0,87
TG	24 ^a	±0,87
ETG	27 ^{b,c}	±1,64
ETIG	30 ^c	±1,64

G= gordura vegetal; EG= esponja + gordura vegetal; M= margarina;

EM=esponja+margarina; IG= iogurte+ gordura vegetal;

EIG= esponja+iogurte+gordura vegetal; TG= triticale+gordura vegetal;

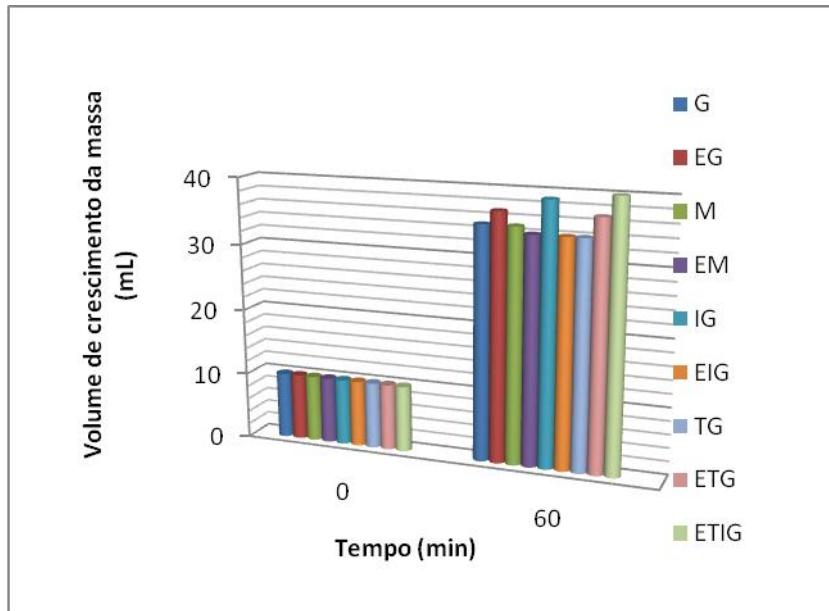
ETG= esponja+triticale+gordura vegetal;

ETIG= esponja+triticale +iogurte+gordura vegetal

dp= desvio padrão

Letras iguais na mesma coluna indicam variação não significativa entre as formulações analisadas ($p < 0,05$) Tukey- LSD.

Para melhor visualização, a figura 28 apresenta o comparativo dos resultados médio da análise de volume das amostras.



G= gordura vegetal; EG= esponja + gordura vegetal; M= margarina;
 EM=esponja+margarina; IG= iogurte+ gordura vegetal;
 EIG= esponja+iogurte+gordura vegetal; TG= triticale+gordura vegetal;
 ETG= esponja+triticale+gordura vegetal;
 ETIG= esponja+triticale +iogurte+gordura vegetal.

Figura 28. Gráfico comparativo dos resultados de crescimento do volume das amostras

Padeiros referem que a formação da estrutura de glúten da farinha de trigo, com água, fermento e outros ingredientes funcionais como o ‘desenvolvimento’ que confere à propriedade de retenção de gás da massa. Melhorias na retenção de gás na massa, com grande rendimento de volume gerando pães mais suaves são vistos como mais frescos pelo consumidor. Uma formação de estrutura de glúten adequada com uma boa propriedade de retenção de gás é essencial para melhora de volume e textura de pães (KILCAST, 2003).

Tem sido conhecida há algum tempo que a adição de pequenas quantidades de gordura em massa de pão leva à melhora do volume do pão e fornece uma estrutura do miolo mais fina e uniforme. A relação direta tem sido demonstrada entre a razão sólida / líquida da gordura vegetal e o desempenho que a gordura produz no produto assado. Quando a proporção de gordura sólida (cristalina) aumenta para um nível ideal em panificação, o desempenho também melhora (BROOKER, 1996). As amostras IG e ETIG apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) com aumento do volume comparada com a amostra G. Ambas a amostras contêm iogurte que

resultou em melhora no desenvolvimento e na retenção do gás na massa. Na amostra ETIG além da adição de iogurte, teve a substituição parcial de 30% de farinha de trigo por triticale e aplicação do método esponja o que tornou a massa mais extensível. As demais amostras não tiveram diferenças significativas ($p>0,05$) de volume, comparadas à amostra padrão G.

Observou-se que o método esponja no preparo das amostras EG, EM, EIG não teve influência no crescimento das massas. Sawa et al., 2009 concluiu em seu trabalho que a adição de monoglicerídios aumentou o volume de pães elaborados pelo processamento rápido canadense (CSP), mas teve pouca influência em pães elaborados pelo processo de massa e esponja (SDP). O autor conclui também que o processo de preparo de pão tem uma forte influência sobre o desempenho relativo deste aditivo, sugerindo que em padarias comerciais, a escolha de monoglicerídios pode variar dependendo do processo de panificação.

5 CONCLUSÃO

As formulações de massas cruas de pães foram testadas (textura e volume) para constatar sua qualidade. A análise de textura sugerida de *back extrusion* se mostrou eficaz para esta finalidade, tal como a análise de extensibilidade, uma vez que os resultados obtidos por essas análises foram coerentes e de acordo com a literatura pesquisada. Aparentemente os pães obtidos com essas massas apresentaram características aceitáveis.

A farinha de triticale misturada à farinha de trigo, a 30% do total da farinha, resultou em massa de pão de boa qualidade e textura, uma vez que não apresentou diferença significativa nos parâmetros do teste de *back extrusion*, quando comparada à amostra padrão. Apresentou diminuição significativa no parâmetro de extensibilidade, pela menor quantidade de glúten, o que não influenciou de maneira negativa, podendo ser uma farinha alternativa para substituir parcialmente a farinha de trigo tendo um custo mais baixo e valor nutricional mais elevado por ser um grão integral. A adição de iogurte à formulação contendo farinha de triticale e preparada pelo método esponja resultou em aumento de volume comparada à amostra padrão.

Ao adicionar iogurte na massa de pão a 10% em relação ao peso da farinha, obteve-se um aumento nos valores dos parâmetros de firmeza e consistência, e aumento no volume quando comparada à amostra padrão, indicando que a adição do iogurte foi capaz de interferir positivamente na formação da massa de forma natural sem o uso de aditivos químicos, podendo ser uma alternativa barata a ser utilizada em massas de pães e outras massas como bolos e biscoitos, para melhoria desses produtos.

As formulações contendo margarina e iogurte, ao serem elaboradas pelo método esponja resultaram em diminuição da firmeza no teste de *back extrusion*; a formulação contendo margarina ao ser elaborada pelo método esponja resultou diminuição da consistência; e as formulações padrão e a contendo iogurte ao serem preparadas pelo método esponja resultaram diminuição da tensão no teste de extensibilidade, o que tornou as massas mais extensíveis. Esses resultados demonstram as repostas reológicas exercidas pelo método esponja de preparo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDO, A.; TANAKA, F.; MURATA, Y.; TAKAGI, H.; SHIMA, J. Identification and classification of genes required for tolerance to high-sucrose stress revealed by genome-wide screening of *Saccharomyces cerevisiae*. **FEMS Yeast Research**, v.6, p.249–267, 2006.
- ARAÚJO, W.M.C.; MONTEBELLO, N.D.P.; BOTELHO, R.B.A.; BORGO, L.A. **Alquimia dos alimentos**. Brasília: Senac, 2008. 560p. (Série alimentos e bebidas, v.2).
- ALLAM, P.; MCGUINNESS, D. **Bourke street bakery**: the ultimate baking companion. Millers Point: Murdoch Books, 2004. 365p.
- ARABO, E.Y.M. Shear and extensional viscosities of hard wheat flour dough using a capillary rheometer. **Journal of Food Engineering**, v.103, p.294–298, 2011.
- ARENKT, E.K.; RYAN, L.A.M.; BELLO, F.D. Impact of sourdough on the texture of bread. **Food Microbiology**, v.24, p.165-174, 2007.
- BRASIL. **Resolução RDC n.263, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o "Regulamento Técnico Para Produtos de Cereais, amidos, farinhas e farelos", constante do Anexo desta Resolução. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>. Acesso em: 15 jun. 2010.
- BRASIL. **Resolução n.38 CNNPA, de 12 de outubro de 1977**. Aprova como coadjuvantes da tecnologia de fabricação as substâncias constantes dos anexos I, II, III e IV, destinadas ao fabrico de produtos forneados, tais como: pão, broa, biscoito, bolacha, bolo, torta e demais produtos afins de confeitoraria. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/38_77.htm. Acesso em: 11 nov. 2010.
- BRASIL. **Resolução n.270, de 22 setembro de 2005**. Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Disponível em: http://www.puntofocal.gov.ar/notific Otros miembros/bra171a1_t.pdf. Acesso em 17 dez. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Portaria n.372, de 04 de setembro de 1997**. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de margarina. Disponível em: http://www.kraki.com.br/legisla/l_l marg.htm. Acesso em: 17 dez. 2010.
- BOLLAIN, C.; COLLAR, C. Dough viscoelastic response of hydrocolloid/enzyme/surfactant blends assessed by uni- and bi-axial extension measurements. **Food Hydrocolloids**, v.18, p.499-507, 2004.
- BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. San Diego: Academic Press, 2002. 400p.

BROOKER, B.E. The role of fat in the stabilisation of gas cells in bread dough. **Journal of Cereal Science**, v.24, p.187-198, 1996.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão: arte e ciência**. 3.ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2009. 320p.

CARR, L.G. **Análises físicas, de textura e sensorial de pão francês pré-assado congelado**. São Paulo, 2003. 100p. Dissertação de Mestrado – Engenharia Química - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo.

CARTER, R.E., ed. **Rheology of food, pharmaceutical and biological materials with general rheology**. London, New York: Elsevier Applied Science, 1990. 339p.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **Tecnologia da panificação**. 2.ed. Barueri: Manole, 2009a. 440p.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **The ICC handbook of cereals, flour, dough & product testing: methods and applications**. Lancaster: DEStech Publications, 2009. 498p.

CAVANAGH, C.R.; TAYLOR, J.; LARROQUE, O.; COOMBES, N.; VERBYLA, A.P.; NATH, Z.; KUTTY, I.; RAMPLING, L.; BUTOW, B.; RAL, J.P.; TOMOSKOZI, S.; BALAZS, G.; BÉKÉS, F.; MANN, G.; QUAIL, K.J.; SOUTHAN, M.; MORELL, M.K.; NEWBERRY, M. Sponge and dough bread making: genetic and phenotypic relationships with wheat quality traits. **Theoretical and Applied Genetics**, v.121, p.815-828, 2010.

CHAKRABARTI-BELL, S.; BERGSTROM, J.S.; LINDSKOG, E.; SRIDHAR, T. Computational modeling of dough sheeting and physical interpretation of the non-linear rheological behavior of wheat flour dough. **Journal of Food Engineering**, v.100, p.278–288, 2010.

CHIN, N.L.; CAMPBELL, G.M. Dough aeration and rheology. Part 1. Effects of mixing speed and headspace pressure on mechanical development of bread dough. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.85, p.2184-2193, 2005.

CHIN, N.L.; CAMPBELL, G.M. Dough aeration and rheology. Part 2. Effects of flour type, mixing speed and total work input on aeration and rheology of bread dough. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.85, p.2194–2202, 2005a.

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Massas: tecnologia e qualidade**. São Paulo: Ícone; Campinas: UNICAMP, 1986. 127p. (Coleção ciência e tecnologia ao alcance de todos. Série tecnologia de alimentos)

CORREA, M.J.; AÑÓN, M.C.; PÉREZ, G.T.; FERRERO, C. Effect of modified celluloses on dough rheology and microstructure. **Food Research International**, v.43, p.780–787, 2010.

CORSETTI, A.; SETTANNI, L. Review: lactobacilli in sourdough fermentation. **Food Research International**, v.40, p.539–558, 2007.

- DEWETTINCK, K.; VAN BOCKSTAELE, F.; KUHNE, B.; DE WALLE, D.V.; COURTENS, T.M.; GELLYNCK, X. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. **Journal of Cereal Science**, v.48, p.243-257, 2008.
- DOXASTAKIS, G.; ZAFIRIADIS, I.; IRAKLI, M.; MARLANI, H.; TANANAKI, C.; Lupin, soya and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties. **Food Chemistry**, v.77, p.219-227, 2002.
- EL-DASH, A.; CAMARGO, C.O.; DIAZ, N.M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1983. 350p. (Série tecnologia agroindustrial, n.6).
- EREKUL, O.; KOHN, W. Effect of weather and soil conditions on yield components and bread-making quality of Winter wheat (*Triticum aestivum L.*) and Winter triticale (*Triticosecale Wittm.*): varieties in north-east Germany. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.192, p.452-464, 2006.
- ESKIN, N.A.M. **Biochemistry of foods**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1990. 557p.
- FLANDER, L.; SUORTTI, T.; KATINA, K.; POUTANEN, K. Effects of wheat sourdough process on the quality of mixed oat-wheat bread. **Food Science and Technology**, v.44, p.656-664, 2011.
- FOLKENBERG, D.M.; DEJMEK, P.; SKRIVER, A.; IPSEN, R. Interactions between EPS-producing *Streptococcus thermophilus* strains in mixed yoghurt cultures. **Journal of Dairy Research**, v.73, p.385-393, 2006.
- GANDIKOTA, S.; MACRITCHIE, F. Expansion capacity of doughs: methodology and applications. **Journal of Cereal Science**, v.42, p.157–163, 2005.
- GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B.; FRIAS, J.R.G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2009. 511p.
- GUARENTI, E.M. **Fazendo pães caseiros**. Passo Fundo: Embrapa, 2004. 90p.
- GÜL, H.; OZÇELIK, O.; SAGDIÇ, O.; CERTEL, M. Sourdough bread production with lactobacilli and *S. cerevisiae* isolated from sourdoughs. **Process Biochemistry**, v.40, n.2, p.691-697, 2005.
- HICSASMAZ, Z.; DOGAN, E.; CHU, C.; RIZVI, S.S.H. Leavened dough processing by supercritical fluid extrusion (scfx). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.6191-6197, 2003.
- HIGGINS, V.J.; BELL, P.J.L.; DAWES, I.W.; ATTFIELD, P.V. Generation of a Novel *Saccharomyces cerevisiae* strain that exhibits strong maltose utilization and hyperosmotic resistance using nonrecombinant techniques. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, p.4346–4348, 2001.

HOSENEY, R.C. **Principles of cereal:** science and technology. 2.ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. 378p.

HUI, Y.H.; MEUNIER-GODDI, L.; HANSEN, A.S.; JOSEPHSEN, J.; NIP, W.K.; STANFIELD, P.S.; TOLDRA,F. **Handbook of food and beverage fermentation technology.** New York Marcel Dekker, 2004. 919p.(Food science and technology, 134).

JEKLE, M.; BECKER, T. Dough microstructure: novel analysis by quantification using confocal laser scanning microscopy. **Food Research International**, v.44, p.984–991, 2011.

KENT, N.L.; EVERE, A.D. **Technology of cereals:** an introduction for students of food science and agriculture. 4.ed. Oxford: Pergamon, 1994. 334p.

KILCAST, D. **Texture in food.** Boca Raton: CRC Press; Cambrigde: Woodhead, 2003. 2v. (Woodhead Publishing in Food Science and Technology).

KOMLENIC', D.K.; UGARCIC'-HARDI, Z.; JUKIC', M.; PLANINIC', M.; BUCIC'-KOJIC', A.; STRELEC, I. Wheat dough rheology and bread quality effected by *Lactobacillus brevis* preferment, dry sourdough and lactic acid addition. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, p.1417–1425, 2010.

KTENIOUDAKI, A.; BUTLER, F.; GONZALES-BARRON, U.; MC CARTHY, U.; GALLAGHER, E. Monitoring the dynamic density of wheat dough during fermentation. **Journal of Food Engineering**, v.95, p.332-338, 2009.

KULP, K.; LORENZ, K. **Handbook of dough fermentations.** New York: Marcedl ekkeri, 2003. 304p. (Food Science and Technology, 127).

LÁSZTITY, R. **The chemistry of cereal proteins.** 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 1996. 328p.

LIN, T.Y.; CHIEN, M.F.C. Exopolysaccharides production as affected by lactic acid bacteria and fermentation time. **Food Chemistry**, v.100, p.1419-1423, 2007.

LOPES, F.C.F.; OLIVEIRA, J.S.; LANES, E.C.M.; DUQUE, A.C.A.; RAMOS, C.R. Valor nutricional do triticale (*X Triticosecale* Wittimack) para uso como silagem na Zona da Mata de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.6, p.1484-1492, 2008.

LUKASZEWSKI, A.J. Cytogenetically engineered rye chromosomes 1R to improve bread-making quality of hexaploid triticale. **Crop Science**, v.46, p.2183-2194, 2006.

MARIOTTI, M.; LUCISANO, M.; PAGANI, A.; PERRY, K.W. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and *Psyllium flour* on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. **Food Research International**, v.42, n.8, p.963–975, 2009.

MATUDA, T.G. **Estudo do congelamento da massa de pão:** determinação experimental das propriedades termofísicas e desempenho de panificação. São Paulo. 2008. 153p. Tese de Doutorado – Engenharia Química - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo.

MCGOVERIN, C.M.; SNYDERS, F.; MULLER, N.; BOTES, W.; FOXA, G.; MANLEYA, M. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.91, p.1155–1165, 2011.

MOUSIA, Z.; CAMPBELL, G.M.; PANDIELLA, S.S.; WEBB, C. Effect of fat level, mixing pressure and temperature on dough expansion capacity during proving. **Journal of Cereal Science**, v.46, p.139-147, 2007.

NASCIMENTO Jr., A.; AMABILE, R. F.; YAMANAKA, C.H.; RIBEIRO Jr., W.Q.; ALBRECHT, J.C.; SILVA, M.S.; BIANCHIN, E.C.; SCHEEREN, P.L. Desempenho de genótipos de triticale no Brasil central. **Boletim de Desenvolvimento Online**, n.58, 2008. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp58.pdf. Acesso em: 15 out. 2010.

NOTA DE APLICAÇÃO. Programa **Texture Expert Exceed**, texturômetro TA-XT2 Stable Micro Systems, 2001.

ORNELAS, L.H.; KAJISHIMA, S.; VERRUMA-BERNARDI, M.R. **Técnica dietética:** seleção e preparo de alimentos. 8ed. São Paulo: Atheneu, 2007. 276p.

OSORIO, F.A.; STEFFE, J.F. Evaluating Herschel-Bulkley fluids with the back extrusion (annular pumping) technique. **Rheologica Acta**, v.30, n.6, p.549-558, 1991.

PAREYT, B.; FINNIE, S.M.; PUTSEYS, J.A.; DELCOUR, J.A. Lipids in bread making: sources, interactions, and impact on bread quality. **Journal of Cereal Science**, v.54, p.266-279, 2011.

PATTISON, T.L.; HOLY, A.V. Effect of selected natural antimicrobials on Baker's yeast activity. **Letters in Applied Microbiology**, v.33, p.211-215, 2001.

PAVANELLI, A.P. **Aditivos para panificação:** conceitos funcionalidade. Oxiteno S/A Indústria e Comércio. Disponível em: <http://www.oxiteno.com.br/aplicacoes/mercados/doc/documento.asp?artigotecnico=2&segmento=0100&idioma=PO&r=.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2010.

PECIVOVÁ, P.; PAVLÍNEK, V.; HRABE, J. The effect of the combination of reducing and oxidising agents on the viscoelastic properties of dough and sensory characteristics of buns. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.90, p.1681-1687, 2010.

PEIGHAMBARDOUST, S.H.; FALLAH, E.; HAMER, R.J.; VANDERGOOT, A.J. Aeration of bread dough influenced by different way of processing. **Journal of Cereal Science**, v.51, p.89-95, 2010.

- PERMYAKOVA, M.D.; TRUFANOV, V.A. Effect of soybean lipoxygenase on baking properties of wheat flour. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v.47, p.315-320, 2011.
- POMERANZ, Y. **Modern cereal science and technology**. New York: VCH, 1987. 486p.
- PURWANDARI, V.; SHAH, N.P.; VASILJEVIC, T. Effects of exopolysaccharide-producing strains of *Streptococcus thermophilus* on technological and rheological properties of set-type yoghurt. **International Dairy Journal**, v.17, p.1344-1352, 2007.
- PULVIRENTI, A.; SOLIERI, L.; GULLO, M.; DE VERO, L.; GIUDICI, P. Occurrence and dominance of yeast species in sourdough. **Letters in Applied Microbiology**, v.38, p.113–117, 2004.
- PYLER, E.J.; GORTON, L.A. **Baking science & technology**. 4.ed. Kansas City: Sosland Publishing, 2008. v.1, 772p.
- QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de la panificacion**. Zaragoza: Acribia, 1991. 485p.
- RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Instituto Mauá de Tecnologia, Edgar Blucher, 2007. 184p.
- RIBOTTA, P.D.; TADINI, C.C., eds. **Alternativas tecnológicas para la elaboración y la conservación de productos panificados**. Cordoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2009. 327p.
- ROSE, A.H.; HARRISON, J.S., eds. **The yeasts**. 2.ed. London: Academic Press, 1993. v.5, 620p.
- ROUILLE', J.; DELLA VALLE, G.; LEFEBVRE, J.; SLIWINSKI, E.; VANVLIET, T. Shear and extensional properties of bread doughs affected by their minor components. **Journal of Cereal Science**, v.42, p.45–57, 2005.
- SANDHU, H.P.S.; MANTHEY, F.; SIMSEK, S. Quality of bread made from ozonated wheat (*Triticum aestivum* L.) flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.91, p.1576–1584, 2011.
- SAWA, K.; INOUE, S.; LYSENKO, E.; EDWARDS, N.M.; PRESTON, R.R. Effects of purified monoglycerides on Canadian short process and sponge and dough mixing properties, bread quality and crumb firmness during storage. **Food Chemistry**, v.115, p.884–890, 2009.
- SCHMIDT-HEBBEL, H. **Avances em ciencia y tecnologia de los alimentos**: edición actualizada y ampliada. Santiago: Merck Química Chilena, 1981. 265p.
- SICAR, D.; LEGRAS, J.L. Bread, beer and wine: yeast domestication in the *Saccharomyces* sensu stricto complex. **Comptes Rendus Biologies**, v.334, p.229-236, 2011.

SINGER, C.S. **Propriedades físico-químicas, reológicas, entálpicas e de panificação da farinha obtida de trigo irradiado.** São Paulo, 2006. 106p. Dissertação de Mestrado – Engenharia Química - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo.

SROAN, B.D.; BEAN, S.R.; MACRITCHIE, F. Mechanism of gas cell stabilization in bread making. I. The primary gluten–starch matrix. **Journal of Cereal Science**, v.49, p.32–40, 2009.

STAUFFER, C.E. **Functional additives for bakery foods.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 279p.

SULLIVAN, P.; O'FLAHERTY, J.; BRUNTON, N.; ARENDT, E.; GALLAGHER, E. Fundamental rheological and textural properties of doughs and breads produced from milled pearl barley flour. **European Food Research and Technology**, v.231, p.441-453, 2010.

SULTAN, W.J. **Practical baking.** 3.ed. Westport: Avi Publishing, 1976. 599p.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v.13, n.4, p.215-225, 2002.

TAMIME, A.Y.; ROBINSON, R.K. **Yoghurt:** science and technology. 2.ed. Boca Raton: CRC Press; Cambridge: Woodhead Publishing, 1999. 619p.

TIEKING, M.; GÄNZLE, G. Exopolysaccharides from cereal-associated lactobacilli. **Trends in Food Science & Technology**, v.16, p.79-84, 2005.

TOHVER, M.; KANN, A.; TÄHT, R.; MIHHALEVSKI, A.; HAKMAN, J. Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions. **Food Chemistry**, v.89, p.125-132, 2005.

TOSI, P.; GRITSCH, C.S.; HE, J.; SHEWRY, P.R. Distribution of gluten proteins in bread wheat (*Triticum aestivum*) grain. **Annals of Botany**, v.108, p.23–35, 2011.

TSILO, T.J.; SIMSEK, S.; OHM, J.; HARELAND, G.A.; CHAO, S.; ANDERSON, J.A. Quantitative trait loci influencing endosperm texture, dough-mixing strength, and bread-making properties of the hard red spring wheat breeding lines. **Genome**, v.54, p.460-470, 2011.

VOGELMANN, S.A.; HERTEL, C. Impact of ecologiacal factors on the stability of microbial associations in sourdough fermentation. **Food Microbiology**, v.28, p.583-589, 2011.

VRANCKEN, G; VUYST, L.; MEULEN, R.V.; HUYS, G.; VANDAMME, P.; DANIEL, H.M. Yeast species composition differs between artisan bakery and spontaneous laboratory sourdoughs. **FEMS Yeast Research**, v.10, p.471–481, 2010.

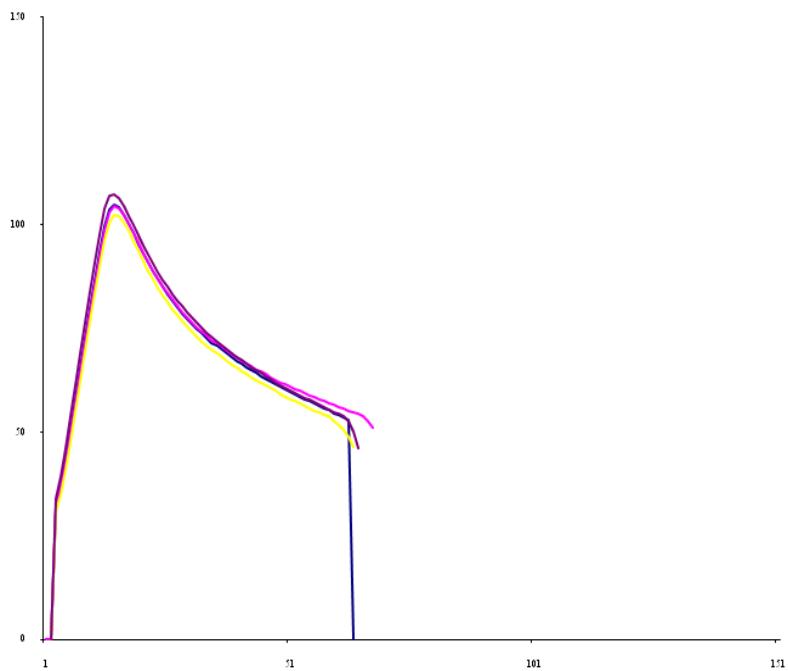
**ANEXO I LAUDO TÉCNICO
DA FARINHA DE TRIGO**

ALVEOLINK NG

ALVEO HC

CHOPIN

Anaconda Inds. e Agricola de Cereais S.A. Av. Venceslau de Queiros, 44 Jaguaré - São Paulo – SP FONE: (11) 3769-1200	CLIENTE: N. FISCAL:	<input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Aprovado Aprovado c/ restrição Reprovado	
		OPERADOR : ANDERSON		
		REFERENCIA AMOSTRA : PRU01P/PRF01P		
		NOME DO FICHEIRO : 08240305A110		
TEMP. LABO. : 21 (°C)	HIGRO. LABO. : 74 (%)	RESULTADOS		
FARINHA : PREMIUM	MOINHO	AACC 54 30 A		
RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS		METODOLOGIAS DE ANÁLISES		
UMIDADE : 12.40 (%)		AACC 44 15 A e/ou NIR	P = 115 mmH2O	
CINZAS : 0,49 (%)		ICC nº104	L = 60 mm	
GLÚTEN ÚMIDO : 34,04 (%)		AACC 38 12	G = 17.2	
FN : 342 (s)		AACC 56 81 B	W = 279 10e-4J	
GRANULOMETRIA : X (%)retido		AACC 66 20	P / L = 1.92	
COR : -2,76 KJ		KENT JONES	Ie = 62.1 %	
	93,98 L	MINOLTA	W(0) = 0 10e-4J	
COMENTÁRIOS: CONTÊM 200 ppm de Ferro e Ácido Fólico - RDC nº344 - MS VÁLIDO PARA FAB. 30/08/10 a 05/09/10 - VAL. 28/12/10 a 03/01/11 PACOTE 1 Kg	Encarregado Gilmar		Coordenadora Camila	



ANEXO II - FICHA TÉCNICA MARGAINA PROBISC LT 80



Bunge Brasil S.A.
 Rodovia Jorge Lacerda km 20, s/n – Bairro Poço Grande – Gaspar - SC
 C.P. 45 CEP: 89110-000 www.bunge.com.br
 Serviço de Atendimento: 0800 702 7105

FICHA TÉCNICA

PRODUTO

MARGARINA PROBISC 80 LT

DESCRIÇÃO

Margarina 80% de lipídios

INGREDIENTES

Óleos vegetais líquidos e hidrogenados, água, sal (0,4%), leite em pó desnatado e/ou soro de leite em pó, vitamina A (1.500U.I./100g), estabilizantes lecitina de soja e mono e diglicerídeos, conservadores: sorbato de potássio e/ou benzoato de sódio, aroma idêntico ao natural de manteiga, acidulante ácido láctico, corante natural ou idêntico ao natural beta-caroteno e antioxidantes: EDTA, cálcico dissódico BHT e ácido cítrico. **NÃO CONTÉM GLÚTEN.**

ESPECIFICAÇÕES

Lipídios (%)	Mín. 80
Cloreto (% NaCl)	0,3 - 0,5
Índice de peróxido (máx)	2,0
Sabor / odor	Característico
Aspecto / cremosidade	Característico/ Duro
Cor - vermelho	1,5 - 2,5
Amarelo	4,0 - 7,0
(Lovibond, amostra sólida)	
Ácidos Graxos Trans (%) (100g)	Máx. 0,8
Ponto de Gotejamento Mettler (°C)	40,5 - 45,5
SFC a 10,0°C	35,0 - 41,0
33,3°C	9,5 - 12,5
37,8°C	6,0 - 9,0

VALORES TÍPICOS

Cobre (mg/kg)	máx. 0,1
Arsênio (mg/kg)	máx. 0,1
Chumbo (mg/kg)	máx. 0,1
Contagem de Coliformes e E.coli (UFC/g)	Ausência
Contagem de Bolores e Leveduras (UFC/g)	máx. 100
Salmonella sp (em 25 g)	Ausência

EMBALAGEM

Caixas de papelão revestidas internamente por saco plástico, contendo 30 kg;

MF/lavr 0307/0311

Esta margarina é produzida segundo os critérios de boas práticas de fabricação, estando em consonância com os níveis toleráveis na matéria-prima empregada, estabelecidos pela legislação específica, no que tange a resíduos de pesticidas, contaminantes inorgânicos e microbiológicos.

*As informações contidas neste documento seguem os parâmetros estabelecidos pelo nosso Sistema da Qualidade. Solicitamos mantê-lo atualizado contatando a área comercial da Bunge Brasil.

CÓDIGO

C 7.2d – 1 (06) / 10

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL			
Porção de 10g (1 colher de sopa)		100 g	
	Quantidade por porção	% VD*	
Valor Energético	73 kcal = 307kJ	4 %	730 kcal = 3070kJ
Carbohidratos	0 g	0 %	0 g
Proteínas	0 g	0 %	0 g
Gorduras totais	8 g	15 %	80 g
Gorduras saturadas	4 g	18 %	40 g
Gorduras trans	0 g	**	0,8 g
Colesterol	0 mg	**	0 mg
Fibra alimentar	0 g	0 %	0 g
Sódio	17 mg	1 %	170 mg
Vitamina A	45 mcg	8 %	450 mcg

* % Valores Diários de Referência com base em uma dieta de 2000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.
 ** VD não estabelecidos.

CONSERVAÇÃO E ESTOCAGEM

Manter resfriado em temperaturas entre 5°C e 10°C.

Empilhamento máximo: 4 caixas

UNIDADES PRODUTORAS

Parque Industrial Jaguaré SIF/DIPOA: 0006/621

VIDA ÚTIL

180 dias

Obs: Validade a partir da data de fabricação, sob condições adequadas de armazenagem.

CÓDIGO DE FATURAMENTO

Caixa 1x30kg: 806285

ANEXO III - FICHA TÉCNICA GORDURA VEGETAL PROPAN 00LT



Bunge Brasil S.A.
www.bunge.com.br / www.bungepro.com.br
 Fone SABE: 0800-702.7105 - sabe@bunge.com

FICHA TÉCNICA

PRODUTO BUNGE PRO PAN 00 LT

DESCRIÇÃO

Gordura vegetal.

INGREDIENTES

Óleos vegetais líquidos e hidrogenados, antioxidantes: TBHQ e ácido cítrico. NÃO CONTÉM GLÚTEN.

APLICAÇÃO

Indicada para a elaboração de biscoitos e panificação.
 Bebidas.

BENEFÍCIOS

Melhoria do processo de fermentação de biscoitos e pães devido sua utilização à temperatura ambiente;

Facilidade de manuseio;
 Boa estabilidade oxidativa;
 Neutralidade de sabor e odor;
 Fluida a temperatura ambiente.

ESPECIFICAÇÕES

Índice de Acidez (mg KOH/g)	máx. 0,20
Índice de Peróxido (meq/kg)	máx. 1,0
Cor - Vermelho (Lovibond, 5 ¼")	máx. 2,5
SFC (%) 10,0 °C	6 – 12
Sabor / Odor (escala 1 - 10)	mín. 8 - Suave
Aspecto a 55°C (escala 1 - 5)	mín. 5 - Sem impurezas

CÓDIGO
B 28.20 d - 1 (05) / 14

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL

Porção de 10g (1 colher de sopa)		% VD*	100g
Quantidade por porção	% VD		
Valor energético	90kcal = 378kJ	5%	900kcal = 3.780kJ
Gorduras totais	10 g	18%	100 g
Gorduras saturadas	2,8 g	13%	28 g
Gorduras trans	0,4 g	**	4 g
Colesterol	0 mg	**	0 mg
Não contém quantidade significativa de Carboidratos, Proteínas, Fibra alimentar e Sódio.			

* %Valores diários de referência com base em uma dieta de 2.000kcal ou 8.400kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

** %VD não estabelecidos.

VALIDADE

A partir da data de fabricação, sob condições adequadas de armazenagem: Tambor - 180 dias
 Granel - 30 dias

EMBALAGEM/ CÓDIGO DE FATURAMENTO

Tambor metálico com tampa fixa, revestido internamente, contendo 180 kg	80.663-3
Granel	80.213-1

CONSERVAÇÃO E ESTOCAGEM

Tambor: Local fresco e seco, evitando exposição ao sol. Os tambores não devem ser empilhados.

Granel: Tanque de aço inox ou aço carbono revestido com epóxi, com controle de temperatura e agitação. Temperatura recomendada: 25 - 35 °C.

TRANSPORTE

Tambor: Carga seca ou baú, evitando exposição ao sol.

Granel: Caminhão com tanque de aço inox, isolado termicamente. Durante transporte produto pode atingir temperatura entre 25 e 40°C.

RBD/adb-0106/0211

"Este produto atende a regulamentação aplicável na condição em que se apresenta. Informações detalhadas sobre o atendimento às regulamentações, estão disponíveis, se requisitadas. De acordo com seu uso, outras regulamentações podem ser aplicáveis, cabendo ao usuário a responsabilidade de identificá-las e atendê-las. A Bunge Brasil reserva-se ao direito de modificar as especificações do produto."

*As informações contidas neste documento seguem os parâmetros estabelecidos pelo nosso Sistema de Qualidade.
 Solicitamos mantê-lo atualizado contatando a área comercial da Bunge Brasil."