

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
Centro tecnológico  
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos

Sarita de Bona

**ESTUDOS DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE PÃO  
FRANCÊS A PARTIR DE MASSA CONGELADA**

Florianópolis – SC  
2002

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
Centro tecnológico  
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos

**ESTUDOS DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE PÃO FRANCÊS  
A PARTIR DE MASSA CONGELADA**

Dissertação submetida ao Curso de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Área de concentração: Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos.

Sarita de Bona

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Ninow

Co-orientador: José C.C. Petrus

Florianópolis – SC

2002

**ESTUDOS DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE PÃO FRANCÊS A PARTIR  
DE MASSA CONGELADA**

Sarita de Bona

Dissertação julgada para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Alimentos**, área de concentração **Desenvolvimento de Processo da Indústria de Alimentos** e aprovada em sua forma final pelo programa de pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade federal de Santa Catarina.

---

Prof. Dr. Jorge Luiz Ninow  
Orientador

---

Prof. Dr. José C.C. Petrus  
Co-orientador

---

Prof. Dr. João Borges Laurindo  
**Coordenador do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de alimentos**

**Banca examinadora:**

---

Prof. Dr. Jorge Luiz Ninow

---

Prof. Dr. José C.C. Petrus

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alicia de Francisco

---

Prof. Dr. Haiko Hense

Florianópolis, maio 2002

## AGRADECIMENTO

Agradeço ao Prof. Dr. Jorge Luiz Ninow pela orientação e auxílio durante a realização desta dissertação e ao Prof. Dr. José C. C. Petrus como co-orientador pelas sugestões durante o desenvolvimento deste trabalho e pelo auxílio prestado na redação.

Aos meus pais Omero, Neusa e familiares pela preocupação, ao meu noivo Vitor Bianco Júnior, por estar presente em mais esta etapa da minha vida, e a todos os meus amigos, especialmente a Crisly Contessi pelo companherismo durante a realização dessa dissertação.

A João Alexandre Lombardo e Miriam Tereza Miguel Lombardo proprietários de Lombardo Ind. Com. de Alimentos Ltda, pelo interesse, apoio e compreensão em todo o período de realização dos experimentos e por gentilmente ter contribuído com o desenvolvimento desta pesquisa.

Meus agradecimentos à Empresa White Martins, por ter cedido a câmara de congelamento e aos seus funcionários Alexandre Cardoso Carpes e Carlos Gonçalves, pela atenção.

Aos professores do Departamento de Engenharia Química e de Alimentos Adelamar Ferreira Novais e Gláucia Maria Falcão de Aragão, pelas sugestões e a Thiago Goulart Trossini, pelo tempo dedicado a esse trabalho no laboratório de Eng. Bioquímica.

Ao Prof. Dr. Haiko Hense pelo seu trabalho fotográfico.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Evanilda Teixeira e Elza Maria Meinert, pelo auxílio prestado na análise sensorial.

E acima de tudo, agradeço a Deus.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	I
LISTA DE TABELAS .....	IV
RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VI
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
2.1 INGREDIENTES DA MASSA.....	5
2.1.1 Farinha de trigo.....	5
2.1.2 Água.....	8
2.1.3 Sal.....	9
2.1.4 Reforçador.....	10
2.1.4.1 <i>Enzimas</i> .....	10
2.1.4.2 <i>Polisorbato de ácidos graxos</i> .....	11
2.1.4.3 <i>Nutrientes para fermento</i> .....	11
2.1.4.4 <i>Ácido ascórbico</i> .....	12
2.1.5 Outros Ingredientes.....	12
2.1.5.1 <i>Glúten</i> .....	12
2.1.5.2 <i>Proteases</i> .....	12
2.1.5.3 <i>Açúcares</i> .....	13
2.1.5.4 <i>Agentes emulsificantes</i> .....	13
2.1.6 Levedura.....	14
2.1.6.1 <i>Estruturas somáticas</i> .....	15
2.1.6.2 <i>Ciclo da levedura Saccharomyces Cerevisiae</i> .....	16
2.1.7 Fermentação.....	18
2.2 PREPARO DA MASSA.....	21
2.3 CONGELAMENTO.....	23
2.4 MÉTODOS PARA CONGELAMENTO MAIS USADOS PARA PÃES.....	26
2.4.1 Congelamento por imersão.....	26
2.4.2 Congelamento por ar forçado.....	26
2.4.3 Congelamento por N <sub>2</sub> Líquido e CO <sub>2</sub> líquido.....	26

2.5	ARMAZENAMENTO SOB CONGELAMENTO.....	27
2.6	DESCONGELAMENTO.....	28
2.7	COZIMENTO.....	29
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
3.1	MATERIAL.....	30
3.2	METODOLOGIA.....	31
3.3	FORMULAÇÕES DE RECEITAS.....	32
3.4	PREPARO DA MASSA.....	33
3.5	CONGELAMENTO.....	34
3.5.1	Congelamento em diferentes estágios de fermentação.....	34
3.5.2	Congelamento em diferentes temperaturas.....	36
3.6	DESCONGELAMENTO.....	36
3.7	DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE CO <sub>2</sub> .....	37
3.8	PLAQUEAMENTO.....	40
3.8.1	Diluição.....	40
3.8.2	Meio de cultura.....	40
3.8.3	Inoculação.....	41
3.8.4	Contagem.....	41
3.9	ANÁLISE SENSORIAL.....	41
3.10	EXTENSÓGRAFO.....	43
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
4.1	CURVAS DE CONGELAMENTO.....	45
4.2	INFLUÊNCIA DO TIPO DE CONGELAMENTO NA VIABILIDADE DO FERMENTO E NA QUALIDADE DO PÃO.....	47
4.2.1	Efeitos do congelamento lento à temperatura de – 40°C.....	47
4.2.1.1	Produção de CO <sub>2</sub> - Viabilidade.....	47
4.2.1.2	Características dos pães.....	50
4.2.2	Efeitos do congelamento à temperatura de – 80°C.....	52
4.2.2.1	Produção de CO <sub>2</sub> – Viabilidade.....	52
4.2.2.2	Característica dos pães.....	54
4.3	EFEITOS DO CONGELAMENTO NAS MASSAS EM DIFERENTES NÍVEIS DE FERMENTAÇÃO – PRODUÇÃO DE CO <sub>2</sub> .....	55

4.3.1	Produção de CO <sub>2</sub> em diferentes níveis de fermentação.....	55
4.3.2	Comparativos entre as taxas de produção de CO <sub>2</sub> e as características das massas após descongeladas e assadas nos três níveis de fermentação.....	58
4.3.3	Características pós assamento.....	60
4.4	EFEITOS DO TEMPO DE ESTOCAGEM EM MASSAS CONGELADAS.....	64
4.5	INFLUÊNCIA DO TIPO DE DESCONGELAMENTO SOBRE AS MASSAS CONGELADAS NOS PÃES.....	69
4.6	EFEITOS DA COMPOSIÇÃO DA MASSA NA ESTABILIDADE DO CONGELAMENTO.....	71
4.7	PLAQUEAMENTO.....	73
4.8	EXTENSÓGRAFO.....	75
4.9	ANÁLISE SENSORIAL.....	78
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>89</b>
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
	ANEXOS.....	97
	ANEXO 1.....	97
	ANEXO 2.....	98
	ANEXO 3.....	99
	ANEXO 4.....	100
	ANEXO 5.....	101
	ANEXO 6.....	102
	ANEXO 7.....	103
	ANEXO 8.....	104
	ANEXO 9.....	105
	ANEXO 10.....	106
	ANEXO 11.....	112
	ANEXO 12.....	113
	ANEXO 13.....	114
	ANEXO 14.....	115

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Modelo para a estrutura do glúten (Fonte: GRISWOLD, 1972 <i>apud</i> GROSSKREUTZ, 1961) .....	8
Figura 2:	Estrutura da levedura <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> (Fonte: DEACON, 1997).....	15
Figura 3:	Ciclo de vida da levedura <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> (Fonte: ALEXOPOULOS & MIMS, 1985).....	16
Figura 4:	Representação esquemática da meiose (Fonte: ALEXOPOULOS & MIMS, 1985).....	17
Figura 5:	Reação biológica para obtenção de álcool etílico e CO <sub>2</sub> .....	18
Figura 6:	Fluxograma simplificado das leveduras de panificação (Fleischmann, 2001).....	20
Figura 7:	Formação do glúten.....	22
Figura 8:	Fluxograma geral do experimento.....	31
Figura 9:	Fluxograma aplicado aos diferentes estágios de fermentação.....	35
Figura 10:	Dispositivo utilizado para a determinação de CO <sub>2</sub> durante a fermentação das massas.....	38
Figura 11:	Características da curva de congelamento lento.....	45
Figura 12:	Curvas de temperatura versus tempo para o congelamento de massas de pães à três temperaturas diferentes: A) – 20°C, B) – 40°C e C) – 80°C....	45
Figura 13:	Triplicata das curvas de CO <sub>2</sub> analisadas com massas congeladas no congelamento lento (– 20°C).....	47
Figura 14:	Velocidade de produção de CO <sub>2</sub> a partir de massas congeladas à temperatura de –20°C.....	48
Figura 15:	Triplicata das curvas de CO <sub>2</sub> analisadas com massas congeladas à temperatura de – 40°C.....	48
Figura 16:	Taxa da velocidade de produção de CO <sub>2</sub> a partir de massa congelada a – 40°C.....	49
Figura 17:	Amostra de massa congelada a – 20°C (B) e – 40°C (A).....	51
Figura 18:	Produção de CO <sub>2</sub> em massas congeladas à temperatura de – 80°C.....	52
Figura 19:	Velocidade de produção de CO <sub>2</sub> à temperatura de – 80°C.....	52



Figura 20: Produção de CO <sub>2</sub> entre o congelamento a diferentes temperaturas: – 20°C, – 40°C, – 80°C e massa fresca.....	53
Figura 21: Pães congelados à temperatura de – 40°C e – 80°C.....	54
Figura 22: Média acumulativa de produção de CO <sub>2</sub> , à temperatura de – 40°C com 50% de fermentação.....	56
Figura 23: Velocidade de produção de CO <sub>2</sub> da Figura 22, à temperatura de – 40°C com 50% de fermentação.....	56
Figura 24: Produção de CO <sub>2</sub> com pães congelados a 100% de fermentação.....	57
Figura 25: Velocidade de produção de CO <sub>2</sub> da Figura 24, com pães congelados a 100% de fermentação.....	57
Figura 26: Curvas comparativas entre as médias acumulativas da produção de gás (0%, 50%, 100% e massa fresca).....	58
Figura 27: Comportamento da velocidade de produção de CO <sub>2</sub> durante a fermentação.....	58
Figura 28: Massas de pães após serem modeladas e congeladas em diferentes estágios de fermentação.....	62
Figura 29: Massas após assamento em diferentes estágios de fermentação: T <sub>0</sub> (0%), T <sub>1</sub> (50%) e T <sub>2</sub> (100%).....	63
Figura 30: Cortes dos pães da Figura 29: T <sub>0</sub> (0%), T <sub>1</sub> (50%) e T <sub>2</sub> (100%).....	63
Figura 31: Média acumulativa da produção de CO <sub>2</sub> em massas com 60 dias de estocagem (temperatura de – 40°C).....	64
Figura 32: Taxa de produção de CO <sub>2</sub> em massas com 60 dias de estocagem (temperatura de – 40°C).....	64
Figura 33: Comparativo entre as curvas de 5 e 60 dias de estocagem no congelamento rápido (– 40°C).....	64
Figura 34: Média acumulativa da produção de CO <sub>2</sub> em massas com 60 dias de estocagem (temperatura de –20°C).....	65
Figura 35: Taxa de produção de CO <sub>2</sub> da figura 34, em massas com 60 dias de estocagem (temperatura de –20°C).....	65
Figura 36: Massas congeladas e estocadas (5 e 60 dias) à temperatura de –20°C.....	65
Figura 37: Curvas do tempo de estocagem (60 dias) entre o congelamento à temperatura de – 40°C e – 20°C.....	66

Figura 38: Pães assados a partir de massas congelada com (A) 20 e (B) 60 dias de estocagem.....	68
Figura 39: Pães assados após descongelamento em câmara de 40°C.....	70
Figura 40: Pães assados após descongelamento em câmara de 30°C.....	70
Figura 41: Pães assados com 1,3% e 2,6% de fermento seco instantâneo.....	72
Figura 42: Pães assados a partir de massas congeladas com fermento seco e fermento fresco.....	73
Figura 43: Característica da crosta – Bolhas .....	88
Figura 44: Característica de um bom corte (pestana), aparência de crocância e volume.....	88
Figura 45: Pão com ausência de pestana “pão careca”.....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Classificação da levedura <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> .....	14
Tabela 2:	Formulações utilizadas para a elaboração das receitas.....	32
Tabela 3:	Apresentação das receitas, congelamentos e níveis de fermentações.....	36
Tabela 4:	Contagens das placas com diluição $1 \times 10^{-4}$ das massas de pães congeladas à temperatura de $-20^{\circ}\text{C}$ .....	73
Tabela 5:	Contagens das placas com diluição $1 \times 10^{-4}$ das massas de pães congeladas à temperatura de $-40^{\circ}\text{C}$ .....	74
Tabela 6:	Contagens das placas com diluição $1 \times 10^{-3}$ das massas de pães congeladas à temperatura de $-80^{\circ}\text{C}$ .....	74
Tabela 7:	Contagens das placas com diluição $1 \times 10^{-5}$ das massas frescas.....	74
Tabela 8:	Resultado da análise do extensógrafo para massa a $-20^{\circ}\text{C}$ .....	75
Tabela 9:	Resultado da análise do extensógrafo para massa a $-40^{\circ}\text{C}$ .....	76
Tabela 10:	Resultado da análise do extensógrafo para massa fresca.....	76
Tabela 11:	Avaliação da cor do miolo para pães provenientes de três temperaturas de congelamento.....	79
Tabela 12:	Avaliação das cores do miolo.....	80
Tabela 13:	Avaliação das características da crosta – Bolhas.....	80
Tabela 14:	Avaliação das características da crosta – Escamas.....	81
Tabela 15:	Avaliação das características da crosta – Pestana.....	82
Tabela 16:	Avaliação do volume dos pães.....	83
Tabela 17:	Avaliação do sabor – Ácido.....	84
Tabela 18:	Avaliação do sabor – Fermentado.....	84
Tabela 19:	Avaliação da textura da crosta – Maciez.....	85
Tabela 20:	Avaliação da textura da crosta – Consistência.....	85
Tabela 21:	Avaliação da textura da crosta – Crocância.....	85
Tabela 22:	Avaliação das características da cor da crosta – Opacidade.....	86
Tabela 23:	Avaliação das características da cor da crosta – Brilho.....	87

## RESUMO

O crescimento do número de padarias e o aumento do consumo de pães tem contribuído para novos investimentos na área de panificação. Nos últimos anos, o uso de massas congeladas tem crescido muito. Essa nova tendência, ainda incipiente, está chamando a atenção das panificadoras, por permitir a elas passar a trabalhar com estoques de massas congeladas, podendo oferecer aos consumidores pães assados a toda hora. Também as redes de supermercados podem centralizar sua produção e distribuírem a vários pontos de vendas. Nesse trabalho, estudou-se o comportamento da massa usada exclusivamente para o pão francês, devido à grande produção diária e ao pequeno valor que agrega. Foram traçadas as curvas do volume de CO<sub>2</sub>, produzidas em relação ao tempo, para expressar melhor o resultado da dinâmica das leveduras durante a fermentação. Os níveis de CO<sub>2</sub> se reduzem após congelamento, devido à diminuição da quantidade de leveduras a baixas temperaturas, dados também obtidos através do plaqueamento. Melhores resultados foram obtidos congelando massas de pães à temperatura de – 40°C, sem fermentação ou no seu início, em comparação ao congelamento lento e ao congelamento à temperatura de – 80°C. De acordo com os dados sensoriais, os pães com até 20 dias de estocagem oferecem melhores resultados, de modo a serem mais aceitos pelos consumidores. Experimentos no extensograma sugerem que a estrutura do glúten das massas congeladas é mais vulnerável aos efeitos do congelamento (cristalização) que a das massas frescas

## ABSTRACT

The growth in the number of bakeries and the increase in bread consumption have contributed to new investments in the bread-making area. During the last years, the use of frozen doughs has also increased. This new tendency, even though a bit unexplored, has called the attention of local bakeries, because it allows them to work with storage of frozen dough, in order to offer the consumer freshly baked bread at any time. Also it allows supermarket chains to centralize their production and distribute it to many selling points. This work, studied the behaviour of frozen dough used exclusively for french bread, because of its large daily production and small aggregated value. CO<sub>2</sub> volume curves were plotted in relation to time, to better express the resulting dynamics of the yeast during fermentation. CO<sub>2</sub> levels were reduced after freezing, due to a decrease in the quantity of yeast cells at lower temperatures, data collected by plating. Better results were obtained by freezing the bread dough at 40°C, without any fermentation time, or just at the beginning of it, when compared to the slow freezing and to the freezing temp of – 80°C. According to sensory evaluation data, bread with up to 20 days of storage yielded better results and are therefore better accepted by the consumer. Extensograph experiments suggested that the gluten structure of frozen doughs is more vulnerable to the effects of freezing (crystal formation) than fresh doughs.

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar do ícone do cotidiano brasileiro ter nascido na França, a história do pão não começou naquele país. Para se ter idéia de quanto ela remonta ao passado da humanidade, no século XXV a.C., o pão já fazia parte do cotidiano de várias civilizações. Pinturas egípcias, por exemplo, demonstram que esse povo já tinha ótimos conhecimentos no campo da panificação. Esmagavam o trigo com duas pedras, amassavam a farinha com água em potes de barro e colocavam os pães em fôrmas pré-aquecidas. Aí, empilhavam as travessas em forma de pirâmide invertida dentro de um precursor do forno (PIROLI, 2000).

Na Itália, a partir do ano 1000, o pão passou a ocupar um lugar cada vez mais importante na alimentação. O crescimento demográfico considerável desde o século X, até o fim de século XIII, levou a uma grande expansão das terras cultivadas. No fim do século XIV, os habitantes das cidades italianas preparavam o pão quase exclusivamente com farinha de trigo (FLANDIN & MONTANARI, 1998).

O homem foi evoluindo ao longo do tempo, e conseqüentemente, aprimorando suas técnicas de produção de pão, introduzindo a fermentação e o cozimento. O ato de se fazer pão tornou-se então, a principal ocupação durante o período clássico da Grécia e de Roma, havendo um aumento excessivamente grande de padarias públicas nessa época.

Com o início da Revolução Industrial, a mecanização das panificadoras foi se tornando cada vez mais comum e diversos produtos foram desenvolvidos. Certos tipos de pães se tornaram típicos de alguns países, como o pão negro da Rússia e o pão francês da França, sendo nossa cultura fortemente relacionada ao pão, traduzindo-se em nossos hábitos alimentares.

O pão branco representa 2/3 da produção de pães, sendo este de alto valor energético, fornecendo, de modo geral, 19% das necessidades energéticas diárias, além de conter elementos nutritivos, como, aminoácidos, elementos minerais e as vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C, A, D, E e K (VITTI, 2001).

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

Na década de 70, algumas padarias de pequeno porte consideravam conveniente e econômico o congelamento de porções-reserva de massa, que podiam ser mantidas por alguns dias ou semanas no congelador, para serem então descongeladas, fermentadas e assadas nos horários de maior demanda (MARSTON,1978).

Durante a segunda metade do século XIX se desenvolveram equipamentos frigoríficos mecânicos e se estabeleceram as bases das atuais indústrias de produtos refrigerados e congelados (BRENNAN *et al.*, 1980).

O uso da massa congelada veio ao encontro da exigência dos consumidores por pães sempre frescos, isto é, recém-assados, independentemente do horário da compra, permitindo maior flexibilidade na produção e diminuindo o trabalho noturno nas padarias (HIMMELSTEIN,1984 e RÄSÄNEN *et al.*, 1995). Todas estas vantagens fizeram com que o uso da massa congelada começasse a ganhar aceitação por parte da indústria de panificação (HSU *et al.*,1979).

Com o aumento do número de padarias instaladas nas redes de supermercados, a produção de pão a partir de massa congelada aumentou muito nos últimos anos (RÄSÄNEN *et al.*,1995). Segundo BERGLUND *et al.* (1991), mais de 50% destas padarias, nos Estados Unidos, fazem uso de massa congelada. Em grande parte dos casos, o pão é produzido na unidade central e comercializado em diversos pontos de venda.

Embora já se encontre no Brasil equipamentos para a produção deste tipo de produto (câmaras de congelamento rápido, câmaras que permitem o descongelamento e a fermentação programável com controle da umidade

relativa), tal tecnologia ainda não foi adaptada à produção do pão francês, que é justamente o tipo de pão com maior tradição e aceitação por parte dos consumidores (WATANABE & BENASSI, 2000).

A nova tendência lançada há apenas três anos em nosso país, no rastro dos hábitos não tão novos dos europeus, agradou principalmente aos supermercados, que agora precisam só de um freezer e um forno para seduzir o freguês com o cheirinho de pão quente. Até mesmo as padarias começam a terceirizar a produção ou criam centrais de fabricação para abastecer várias lojas. Assim, racionalizam os custos e ganham mais espaço para a exposição de produtos (DEMARCHI, 2001).

Com um consumo per capita ainda baixo, de apenas 27 quilos anuais, o Brasil, com seus 169 milhões de habitantes, é um mercado promissor de pães, incluindo os congelados e industrializados, segmento que na Europa representa cerca de 20% do mercado. A OMS (Organização Mundial de Saúde) recomenda o consumo per capita de 60 quilos anuais, bem abaixo do verificado em países vizinhos, como a Argentina (80 quilos) e Chile (93 quilos).

Costume herdado pelos descendentes europeus que vivem no Sul e Sudeste brasileiros, o consumo de pães nessas regiões atinge 35 quilos per capita. No resto do país, em estados mais influenciados pelas culturas indígenas e negra, essa fonte de energia muitas vezes é trocada pela mandioca (DEMARCHI, 2001).

Atualmente se fala cada vez mais em produtos alimentícios congelados, para o uso industrial ou doméstico. O Brasil apresenta uma tecnologia pouco difundida, principalmente devido a questões financeiras, mas as mudanças do processo convencional para a aplicação dessa nova tecnologia agregam uma série de vantagens como a redução de custos, expansão de vendas, economia de tempo, melhor distribuição de serviços e aberturas de pontos quentes (pontos de venda). O crescimento do número de padarias e aumento do consumo de pães levam os empresários a pensar em novos investimentos nesse campo.

Os estudos apresentados no presente trabalho servirão como base para se desenvolver trabalhos na área de congelamento. Os estudos se baseiam



num único ponto: o pão francês, pois é o que mais demanda tempo na elaboração e tem menor valor agregado.

O presente trabalho teve como objetivos específicos:

- analisar a viabilidade das leveduras em massas de pães submetidas a congelamento, através dos níveis de CO<sub>2</sub> produzidos na fermentação pós congelamento e avaliar a resistência das leveduras nas massas congeladas mediante o cultivo em plaqueamento;
- avaliar a qualidade final dos pães em função de diferentes temperaturas e níveis de fermentações em massas congeladas;
- verificar as alterações ocorridas na massa congelada em função do tempo de estocagem;
- analisar as características sensoriais dos pães através do desenvolvimento de um painel sensorial, em função dos tratamentos aplicados à massa.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 INGREDIENTES DA MASSA

#### 2.1.1 Farinha de trigo

Alimento comercial primário, a farinha de trigo resulta da moagem de grãos de trigo. O objetivo da moagem é quebrar o grão, retirar o máximo de endosperma (livre de farelo e germe) e reduzi-lo à farinha. Esta separação é possível em função das diferentes propriedades físicas do farelo, do germe e do endosperma. O farelo é resistente devido ao seu alto conteúdo de fibra, enquanto o endosperma é friável. O germe, devido ao seu alto conteúdo em óleo, forma flocos ao passar entre os rolos de redução. Além destas diferenças físicas, as partículas das várias partes do grão diferem em densidade. Isto torna possível sua separação pelo emprego de correntes de ar (GUTKOSKI, 1999).

As diferenças em friabilidade do farelo e do endosperma são acentuadas pelo condicionamento, que envolve adição de água, o que enrijece o farelo e amacia o endosperma, facilitando ainda mais a separação das frações. O processamento de trigo envolve as etapas de recepção e estocagem dos grãos, limpeza, moagem, peneiragem, purificação e embalagem da farinha. Taxas de extração de 80% têm sido usadas para preservar os nutrientes do trigo para o uso alimentar, sem causar grandes alterações na cor da farinha ou qualidade de panificação (GUTKOSKI, 1999).

A farinha de trigo é obtida pela redução do tamanho do grão de trigo, considerando sua principal constituição: a proteína (glúten) e o amido.

O amido é considerado a fonte alimentar mais importante de carboidratos existentes nos cereais. É a mistura de dois componentes: amilose e amilopectina. Sua hidrólise parcial produz oligosacarídeos (maltose) e a hidrólise total só produz glicose (glucosano) (HISSA, 2001).

Entre as substâncias protéicas nitrogenadas da farinha de trigo, predominam a gliadina e a glutenina que, fortemente hidratadas, dão uma massa elástica chamada glúten, principal responsável pela propriedade mecânica da massa. Pode-se expressar a qualidade de uma farinha, quanto à sua capacidade para dar um produto final de características organolépticas como o sabor, aspecto e também valor nutritivo e custo competitivo (QUALIA, 1991).

A farinha de trigo contém também enzimas como, as diastases, que são compostas pela  $\alpha$ -amilase e  $\beta$ -amilase que exercem um papel de grande importância na catalização das reações de fermentação, exercem suas ações sobre o amido, produzindo açúcares redutores, permitindo conseqüentemente a fermentação (QUALIA, 1991).

Quando se fala em trigo, no Brasil, toca-se num problema. A farinha produzida no País não consegue manter um padrão de qualidade. Não há garantia de que a qualidade da farinha seja a mesma, de um lote para o outro. Normalmente elas são diferentes. Não se tem garantia e uniformidade na água, no tempo de batimento e conseqüentemente a diferença passa a existir (CAETANO, 2000).

Para a formulação de massa congelada, é necessário que se tenha farinha com proteínas de boa qualidade e com teor protéico superior ao usado na produção convencional de pão (GÉLINAS *et al.*, 1996, INQUE e BUSHUK, 1991 e MARSTON, 1978).

O teor de proteínas das farinhas de trigo para a produção de massa congelada para pão francês deve estar entre 11 e 13%, não devendo ultrapassar os 13% para não restringir seu volume (MARSTON, 1978).

FRANCISCHI *et al.* (1998) em suas pesquisas, mostram que as massas destinadas ao congelamento devem ter certas proporções aumentadas, destacando-se o teor de proteína.

Também é ressaltado que a qualidade da proteína é mais importante que a quantidade e que a farinha considerada muito forte para a produção de massa deve ser adequada para massa congelada. Na prática podem ser usados agentes oxidantes (ácido ascórbico), que reagem com o glúten para

melhorar a capacidade de retenção de gás na massa e conseqüentemente aumentar sua habilidade para produzir pão com maior volume e melhor textura (INQUE & BUSHUK, 1991).

## **Glúten**

A farinha de trigo se distingue das demais por possuir um composto gosmoso-viscoelástico, de estrutura tridimensional e de cor amarelada, que se forma ao hidratar as frações protéicas gliadina e glutenina, logrando uma fina película extensa (similar a um globo enchido), capaz de fazer moldar a massa para a forma do pão desejado e reter uma maior quantidade de gás (CO<sub>2</sub>) gerado durante o processo de fermentação. Este composto chamado glúten é responsável pela obtenção de um pão volumoso e de miolo esponjoso (MOINHOS LAGOMARSINO, 2000).

A gliadina é uma cadeia simples e extremamente gosmosa quando hidratada, apresentando pouco ou nenhuma resistência à extensão e sendo portanto, responsável pela coesividade da massa. A glutenina é formada por várias cadeias ligadas entre si, é elástica mas não coesiva e fornece à massa a propriedade de resistência à extensão (MOINHOS LAGOMARSINO, 2000).

Quando acrescenta-se água à farinha, as proteínas insolúveis presentes formam na massa uma trama tridimensional, mediante pontes de dissulfeto e hidrogênio. Parte da água passa a estar ligada ao amido e a água que fica livre encontra-se dentro da rede tridimensional, atuando como solvente nas proteínas, enzimas, açúcar solúvel, etc (MOINHOS LAGOMARSINO, 2000).

Um modelo para a estrutura do glúten, como mostra a Figura 1, foi proposto com base em estudos realizados com raio X e microscópio eletrônico (GROSSKREUTZ,1961). Esses estudos sugerem que, quando a farinha é misturada à água, há a formação de plaquetas de proteína. Estas plaquetas consistem em cadeias polipeptídicas enoveladas, unidas talvez por ligações de hidrogênio para a formação de camadas contínuas. Em cada plaqueta, parece provável que cadeias laterais hidrófilas da proteína estejam orientadas para a

água e as cadeias laterais hidrófobas, para seu interior (GRISWOLD,1972 *apud* GROSSKREUTZ,1961).

A lipoproteína que se acredita estar ligada às plaquetas por pontes de hidrogênio ou uniões parecidas com as dos sais, torna o glúten elástico, permitindo que as plaquetas deslizem umas sobre as outras e retornem à posição original. (GRISWOLD,1972).

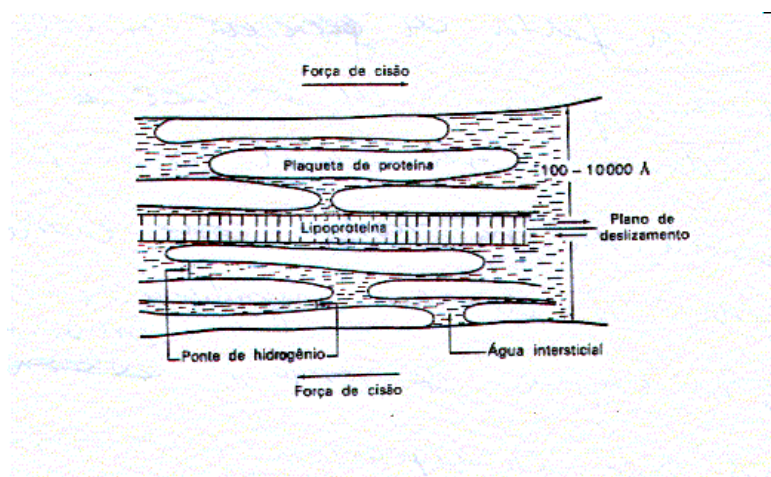


Figura 1 – Modelo para a estrutura do glúten.

Fonte: GRISWOLD,1972 *apud* GROSSKREUTZ,1961.

### 2.1.2 Água

Juntamente com a farinha de trigo, a levedura e o sal, a água representa um ingrediente primário, sem o qual não seria possível a formação da massa do pão. As propriedades viscoelásticas da massa são refletidas nas características gerais do pão e podem ser determinadas pelo nível de absorção de água pela farinha, durante a mistura.

A quantidade de água deve ser suficiente para se elaborar uma massa firme, limitando-se os seus movimentos no congelamento e os fenômenos de cristalização e relaxamento no decorrer do descongelamento. A recomendação

da temperatura da água para produção de massas congeladas é de 0°C (CAETANO, 2000).

A água tem importância fundamental na formação da massa, tendo como suas principais funções dissolver os ingredientes sólidos, permitindo a ação das enzimas e dos fermentos, a hidratação dos amidos, possibilitando, assim, a formação do glúten e o controle da temperatura da massa (KLIMAQUIP, s/a).

Um problema sério no quesito água, é a falta de uniformidade no volume utilizado para a preparação de cada massa. A maioria das padarias no Brasil, não pesa a água utilizada na massa, como ocorre regularmente com os demais ingredientes. Outro problema diz respeito ao tempo de amassamento que, se não for controlado, gera diferenças na qualidade de cada massa. E o volume de água associado ao tempo de amassamento, são fatores iniciais para a sustentação da massa (CAETANO, 2000).

Para a produção de massa congelada, a quantidade de água na formulação deve ser menor (DAVIS, 1981 e RÄSÄNEN *et al.*, 1997). A redução de até 2% de água, segundo RÄSÄNEN *et al.* (1997), resulta em massas mais elásticas, com menor formação de cristais de gelo, diminuindo seus efeitos negativos na qualidade da massa congelada (HSU *et al.*, 1979b).

A cristalização de gelo afeta particularmente as proteínas, resultando na diminuição da capacidade da massa em reter gás (GÉLINAS *et al.*, 1995). Embora GÉLINAS *et al.* (1995) reconheçam que a redução da quantidade de água, em pães produzidos a partir de massa convencional, resulte em volumes menores, afirmaram que tal medida, ao contrário do que comumente se acredita, não apresenta efeito na estabilidade da massa a ser congelada.

### **2.1.3 Sal**

O sal atua principalmente sobre a formação do glúten. A gliadina, um dos componentes do glúten, tem menor solubilidade na água com sal, onde se obtém a formação de uma maior quantidade de glúten. O valor ótimo determinado na dosagem do sal fica em torno de 2%. O sal aumenta a força da

farinha (fortifica o glúten), melhora a hidratação da massa e atua na fermentação retardando as fermentações secundárias dos microrganismos produtores de alguns ácidos (lático, butírico e acético) (QUALIA, 1991).

O sal também favorece a coloração e confere sabor e aroma mais intensos ao pão. Também afeta as características de duração e conservação do pão, devido às propriedades higroscópicas (QUALIA, 1991).

#### **2.1.4 Reforçador**

É um produto recente na moderna panificação brasileira que ainda está buscando uma definição de tipo e quantidade a ser utilizado, em razão da instabilidade do trigo padrão que consumimos. Basicamente o reforçador é constituído da mistura dos ingredientes citados abaixo e devidamente balanceados para o tipo de pão que se deseja produzir. Sua aceitação já é uma realidade, sendo que as formulações utilizadas produzem efeitos sinérgicos (ARAUJO, 1987 e BUSIONE, 1982).

##### 2.1.4.1 Enzimas

As enzimas são substâncias de natureza protéica, que se definem como catalizadores biológicos e que participam do desenvolvimento das reações de natureza bioquímica. As enzimas mais importantes no trigo são as diastases (alfa-amilase e beta-amilase), presentes no embrião do grão (QUALIA, 1991).

O objetivo do uso de enzimas em panificação é unicamente controlar as propriedades reológicas da massa. As enzimas apresentam muitas funções na produção do pão, atuando nas moléculas de amido ou de proteínas e também como branqueadores de farinhas com alto teor de pigmentos escuros. A farinha de trigo não teria algumas de suas características se não fosse pela presença de enzimas no grão do trigo.

Quando o grão é colocado em contato com umidade e calor, certas enzimas presentes, principalmente no gérmen, tornam-se ativas, propiciando a germinação da semente. Durante o amaduramento do grão, enzimas são

responsáveis pelo crescimento e armazenamento de reservas de energia nas várias partes do vegetal. (VITTI, 2001).

## **Amilases**

Essas enzimas de origem fúngica são adicionadas com o propósito de aumentar a quantidade de dextrinas disponíveis para a subsequente transformação em maltose. Desta adição observa-se uma maior produção de gás nas massas e pães com maiores volumes, melhorando as características do miolo e cor da crosta (AHMED, 1982).

Suas funções se destacam particularmente durante a etapa de fermentação do pão. A farinha contém cerca de 1% de açúcares fermentáveis, que corresponde à quantidade adequada de substrato para o fermento, durante a primeira hora de fermentação. Entretanto, quando o tempo de fermentação é maior, torna-se necessário quantidades de açúcares adicionais, para fornecer mais nutrientes ao fermento (AHMED, 1982).

A carência de açúcar poderá resultar em uma menor produção de gás pelo fermento, acarretando um volume reduzido no pão, assim como, a obtenção de um pão com coloração pálida na crosta.

A função das amilases é, portanto, a de prover a massa com uma quantidade suplementar de açúcares, quando os originais da farinha são esgotados. A alfa-amilase atua nos grãos de amido danificados presentes na farinha, produzindo dextrinas. A beta-amilase então ataca as dextrinas para produzir maltose, que é metabolizada pelo fermento (AHMED, 1982).

### **2.1.4.2 Polisorbato de ácidos graxos**

Tem a capacidade de reduzir a tensão superficial dos líquidos. Algumas características mais importantes conferidas ao produto são o prolongamento do tempo de prateleira, aumento de volume, maior maciez, melhor mistura, aderência e fermentação mais homogênea. O polisorbato possui geralmente maior afinidade à água do que aos óleos (BUSIONE, 1982).



### **2.1.4.3 Nutrientes para fermento**

O uso de carbonato de cálcio e sulfato de sódio tem o objetivo específico de se tornarem “complemento nutricional” necessário as leveduras (BUSIONE, 1982).

### **2.1.4.4 Ácido ascórbico**

Os agentes oxidantes visam o fortalecimento das cadeias de glúten, tornando-o mais forte e mais resistente aos efeitos da fermentação.

Em experimentos com massa congelada, vários pesquisadores como GÉLINAS *et al.* (1995) e MARSTON, (1978) utilizaram ácido ascórbico e bromato de potássio (proibido no Brasil) e constataram que o uso combinado dos dois é mais eficiente do que o uso isolado do primeiro, resultando em pães com melhores qualidades.

### **2.1.5 Outros ingredientes**

#### **2.1.5.1 Glúten**

Este produto se obtém através de uma mescla de água e farinha, fazendo-se a separação do amido do glúten, sendo este último desidratado. O glúten vital, em contato com a água, se reidrata rapidamente interagindo com o glúten endógeno de farinhas com baixo teor protéico, melhorando durante a fase de batimento da massa, a retenção de gás e a tolerância as sucessivas fases do processo, promovendo melhores resultados na panificação (QUALIA, 1991; CZUCHAJOWSKA & PASZCZYŃSKA, 1996).

Segundo AUTRAN, (1989) o glúten vital é utilizado para aumentar a força da farinha.

#### 2.1.5.2 Proteases

O uso destas enzimas proporciona uma melhora do sabor e da cor do pão, diminui o tempo de mistura, aumenta a extensibilidade e melhora o manuseio da massa, a textura e granulicidade. A presença do sal em concentração superior a 2% pode inibir a atividade dessas enzimas (AHMED,1982 ).

#### 2.1.5.3 Açúcares

Os açúcares têm funções bem definidas em panificação. Essas funções tornam os açúcares a principal fonte de nutrientes do fermento. Eles respondem por uma melhora na produção de dióxido de carbono, o que influencia positivamente no crescimento das massas. Os açúcares também ajudam a amaciar as massas, acrescentando um sabor adocicado e atuando como corante da casca (crosta externa) (ARAUJO, 1987).

Durante a fermentação da massa, as leveduras produzem dióxido de carbono e outros componentes. A capacidade de formação de gás das leveduras depende do tipo, do número de células de leveduras, da atividade das mesmas e da quantidade de açúcares fermentáveis. A quantidade de açúcares fermentáveis da farinha de trigo é menor que 1%, não sendo suficiente para as leveduras promoverem o crescimento adequado da massa. Daí a necessidade da complementação de açúcar. (AUTIO e SINDA, 1992 *apud* REED & PEPPLER, 1973 e OURA *et al.*, 1982).

#### 2.1.5.4 Agentes emulsificantes

Para aumentar o volume dos pães, produzidos a partir de massa congelada, recomenda-se o uso de fosfolipídios, que minimizam os danos às

leveduras provocadas pelo congelamento da massa (KNIGHTLY, 1988 e INQUE *et al*, 1995).

Segundo SILVA (1990), fosfolipídios que apresentarem a capacidade de formar lipossomas, quando submetidos à hidratação e agitação, encapsulam as leveduras, protegendo-as e resultando em pães com melhores volumes. A inclusão de emulsificantes, como diacetil tartarato de monoglicerídido ou estearoil 2-lactil lactato de sódio, melhora consideravelmente o volume, a textura e a qualidade geral do pão produzido a partir de massa congelada (DAVIS, 1981 e JACKEL, 1991).

O estearoil 2-lactil lactato de sódio minimiza a redução do volume e da maciez de pães submetidos ao armazenamento prolongado (DAVIS, 1981).

#### 2.1.6 LEVEDURA

Leveduras são um grupo particular de fungos unicelulares caracterizados por sua capacidade de transformar os açúcares mediante mecanismos redutores (fermentações) ou também oxidantes (QUALIA, 1991).

A Tabela 1 mostra a classificação de uma das leveduras mais importantes na indústria de alimentos: *Saccharomyces Cerevisiae*

Tabela 1 – Classificação da levedura *Saccharomyces Cerevisiae*.

CLASSIFICAÇÃO	
REINO	FUNGI
DIVISÃO	ASCOMYCOTA
CLASSE	ASCOMYCETAS
ORDEM	SACCHAROMYCETALES
FAMÍLIA	SACCHAROMYCETACEAE
GÊNERO	SACCHAROMYCES

ESPÉCIE

SACCHAROMYSES CEREVISIAE

A levedura é um fungo unicelular microscópico, pertencente à ordem *Saccharomycetales*, da classe dos *Ascomycetes*. Entre as 350 espécies conhecidas de leveduras a mais comum, *Saccharomyces cerevisiae*, é usada no processo de fermentação para produzir o álcool em vinho e cerveja e o gás carbônico que causa o crescimento do pão (GEOCITIES, 2001).

#### 2.1.6.1 Estruturas somáticas

As *saccharomycetaceae sacaromicetaceas* são unicelulares, possuem uma parede celular diferenciada que BARTNICKI-GARCIA, 1973 situa no grupo de manose -  $\beta$  - glucose e um núcleo bem observável, rodeado por um citoplasma, um grande vacúolo ocupa um volume considerável da célula da levedura *saccharomyces*, e no citoplasma aparecem também outras inclusões como observadas na Figura 2 (ALEXOPOULOS & MIMS, 1985).

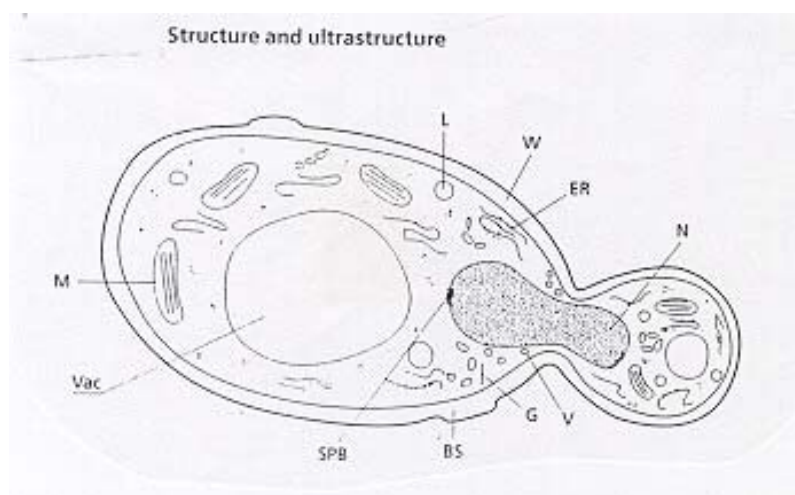


Figura 2 - Estrutura da levedura *Saccharomyces Cerevisiae*.

Fonte: DEACON, 1997.

A forma da célula das leveduras varia com a espécie, e pode ser esférica, ovóide, alargada ou retangular. Separadas, as células das leveduras parecem incolores. Porém quando se cultiva sobre meios sólidos artificiais, as colônias que se originam podem ser brancas, de cor creme ou com pigmentos pardos, que são de utilidade para a taxonomia das leveduras. As características fisiológicas também são utilizadas para identificar as espécies (LODDER, 1970 e ALEXOPOULOS & MIMS, 1985).

### 2.1.6.2 Ciclo da levedura *Saccharomyces Cerevisiae*

O ciclo de vida da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Figura 3), compreende uma fase diplóide (2 jogos de cromossomas), onde as células vegetativas se multiplicam por brotamento (DEACON, 1997).

O brotamento envolve a produção de um pequeno broto a partir de uma célula mãe. Quando o broto é formado, o núcleo da célula parental divide-se mitoticamente e um núcleo filho migra para o broto, aumentando em tamanho. E, quando alcança o tamanho desejado, é separado pelo desenvolvimento de um septo e, eventualmente, cai e forma um novo indivíduo (CARLILE e WATKINSON, 1994).

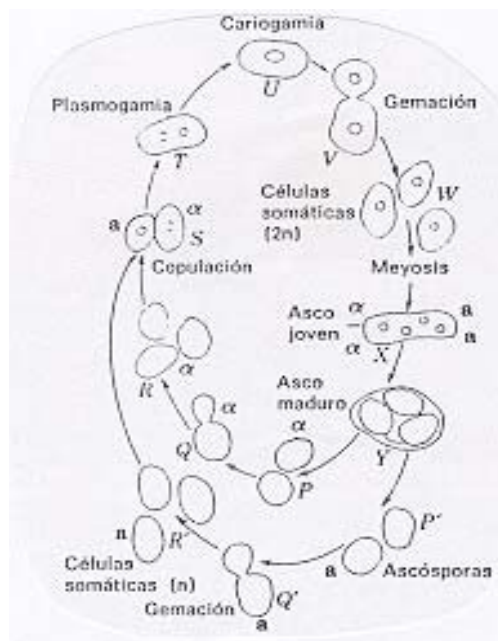


Figura 3 – Ciclo de vida da levedura *Saccharomyces Cerevisiae*.

Fonte: ALEXOPOULOS & MIMS, 1985.

A falta de nitrogênio e de um meio favorável podem originar um asco que, através de meiose, forma quatro ascósporos, fase haplóide (Figura 4). Os ascósporos germinam e nessa fase os cromossomas migram para a extremidade oposta da célula e dividem-se novamente, resultando em quatro células haplóides, com um único jogo de cromossomas, que são um pouco menor que as células diplóides, mas com metabolismo similar e podendo multiplicar-se do mesmo modo (DEACON, 1997).

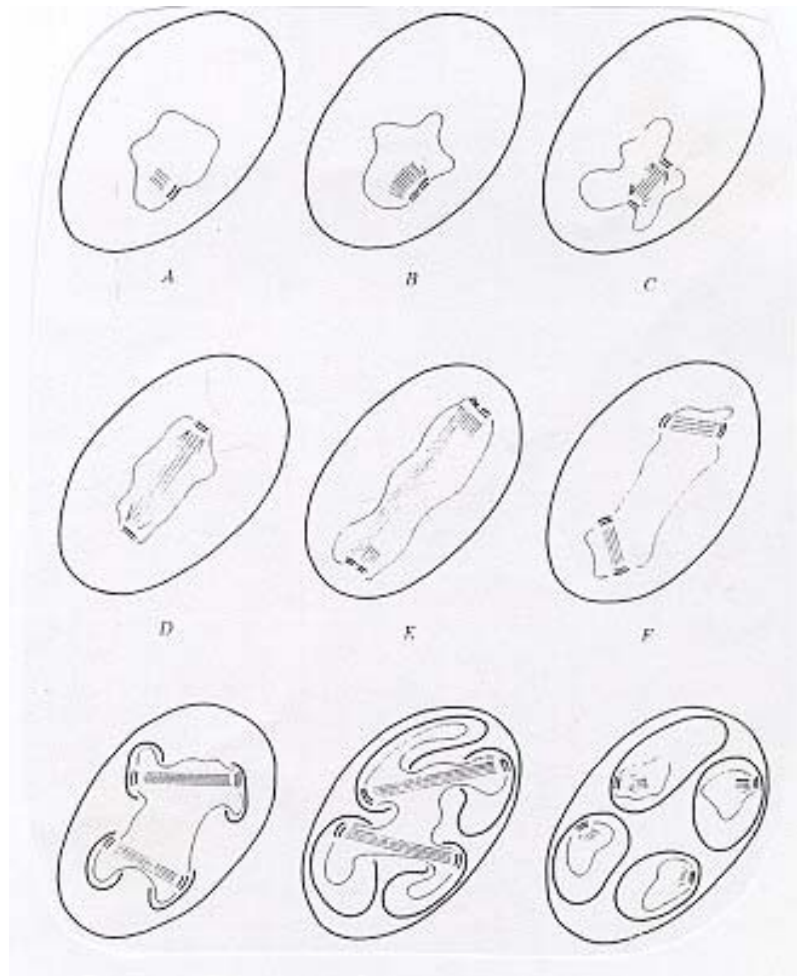


Figura 4 – Representação esquemática da meiose.

Fonte: ALEXOPOULOS & MIMS, 1985.

Os haplóides com gêneros distintos “a” e “α” podem reproduzir-se mitoticamente ou sexualmente por fusão. Quando uma célula de haplóide alfa-sexuada está pronta para reproduzir, emite um sinal hormonal. Uma célula a-sexuada que esteja perto responde imediatamente, transformando-se em uma

forma pegajosa de pera e secretando um hormônio diferente que também leva a outra célula alfa ficar pegajosa e na forma de pera. As duas células se alongam uma para a outra e fundem-se, resultando em uma célula diplóide continuando assim o ciclo haplóide-diplóide (GEOCITIES, 2001).

### 2.1.7 Fermentação

As enzimas que estão presentes nas farinhas e no malte, transformam o amido em maltose ou dextrose que, juntos com a sacarose, são transformados pelas enzimas presentes nas células das leveduras, em glicose e frutose. E pela ação de outra enzima (zimase) se transformam em gás carbônico e álcool etílico, em diversos aldeídos, cetonas e outros álcoois e aromáticos (QUALIA, 1991).

A fermentação das leveduras é uma combinação de duas reações: a transformação de glicose  $C_6H_{12}O_6$  em duas moléculas de dióxido de carbono e duas moléculas de álcool etílico  $C_2H_5OH$  (Figura 5), combinada com a transformação que gera ATP, a molécula que serve de combustível às células vivas (GEOCITIES, 2001)

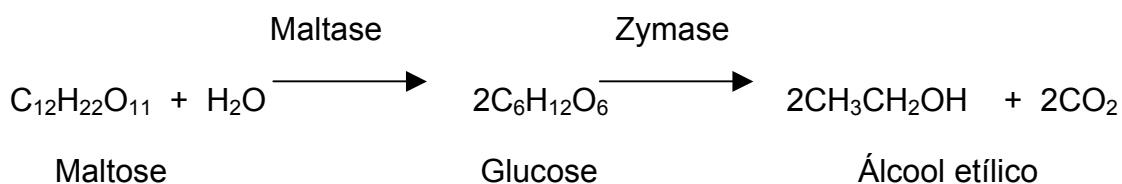


Figura 5 – Reação biológica para a obtenção de álcool etílico e  $CO_2$ .

A melhor faixa de temperatura para a fermentação é de  $27^\circ C$  a  $29^\circ C$ , enquanto temperaturas acima de  $35^\circ C$  retardam a fermentação e as células das leveduras são destruídas em temperaturas mais elevadas (GRISWOLD, 1972).

Quando se adicionam leveduras à massa, se dá condições a elas para que saiam de seu estado de latência e se tornem ativas. A levedura é um organismo versátil, pode produzir CO<sub>2</sub> em condições aeróbicas e anaeróbicas.

No início, o oxigênio da massa é consumido rapidamente pelas leveduras, produzindo CO<sub>2</sub>. Depois o processo de fermentação do pão torna-se anaeróbico. Por isso ocorre pouco crescimento de leveduras durante a fermentação da massa.

O dióxido de carbono é retido na massa do pão em duas fases: em forma de gás, dentro das células gasosas e dissolvido na fase aquosa. A quantidade de dióxido de carbono na massa completamente madura é somente de 45% do total produzido pela fermentação. O amassamento, a modelagem e o descanso, a vaporização do etanol e de certa quantidade de água, devido ao aquecimento, contribuem para a expansão da massa (HOSENEY, 1991).

O fermento usado normalmente pela maioria das padarias é do tipo fresco ou seco instantâneo, e é originado da espécie *Saccharomyces cerevisiae* que, industrialmente, é produzido a partir do melaço, usando-se culturas de leveduras adequadas para a reprodução.

O fermento fresco é encontrado usualmente em forma de blocos, de cor creme, com consistência compacta e homogênea e com teor de umidade elevado, o que exige refrigeração para a sua conservação, limitando seu uso por períodos prolongados. O fermento seco é obtido através de secagem a baixa temperatura.

A vantagem desse tipo de fermento é sua conservação, que é longa devido principalmente à sua baixa umidade (VITTI, 2001). A Figura 6 mostra o fluxograma de obtenção destes 2 tipos de fermento.



## Fluxograma Simplificado de Produção de Levedura de Panificação

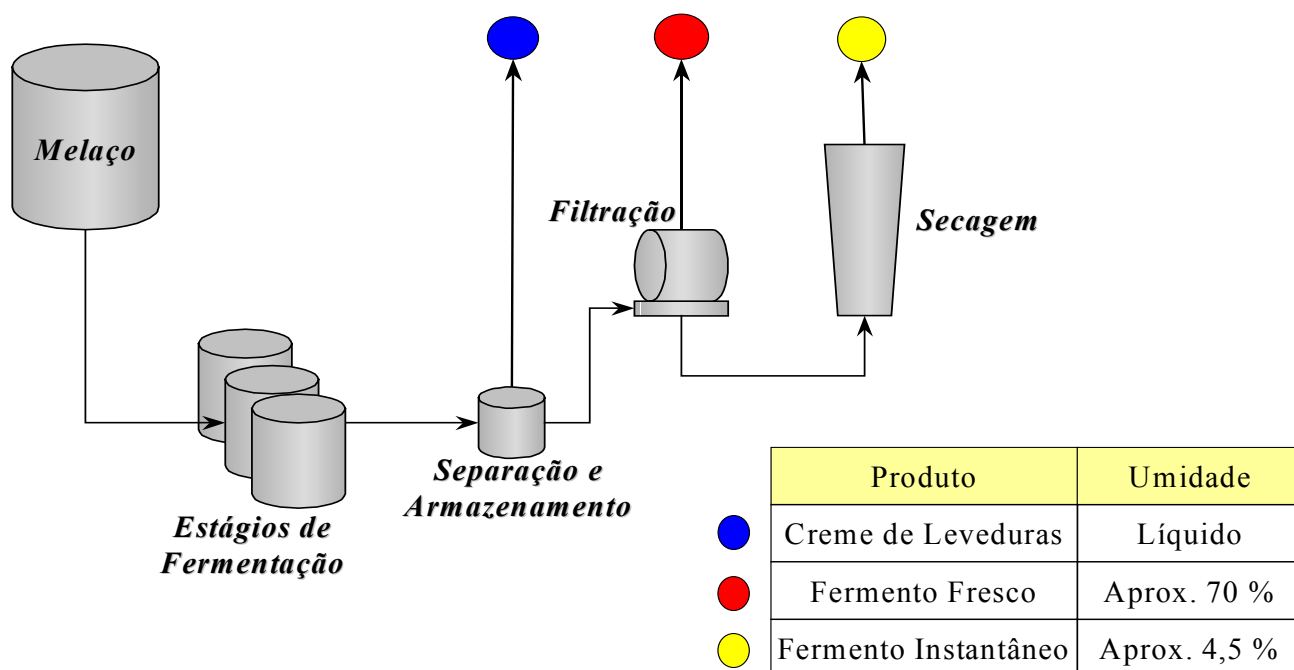


Figura 6 – Fluxograma simplificado das leveduras de panificação (Fleischmann, 2001).

A tolerância da levedura ao processo de congelamento da massa congelada representa grande variação em função das amostras comercialmente disponíveis e requer controle de qualidade apurado, já que, usualmente, a qualidade da levedura está diretamente relacionada com seu frescor (GÉLINAS *et al.*, 1993).

Já os resultados obtidos por (HSU *et al.*, 1979) parecem indicar que o armazenamento da levedura, sob refrigeração, protege as células dos danos causados pelo congelamento, melhorando sua tolerância aos ciclos de congelamento/descongelamento, caso a massa seja fermentada antes do congelamento.

Os efeitos de congelamento sobre a levedura dispersa na massa são diferentes daqueles observados quando se faz o congelamento direto da levedura (DAVIS, 1981, HSU *et al.*, 1979 e INQUE *et al.*, 1991).

Estudos de HOLMES & HOSENEY (1987), não observaram vantagens na adição de fermento químico (bicarbonato de sódio e sulfato de sódio e

alumínio) para a preparação de massa congelada, pois não constataram diminuição no tempo de fermentação e nem aumento de volume nos pães produzidos.

## 2.2 PREPARAÇÃO DA MASSA

O processamento do pão pode ser dividido em três operações básicas: a formação da massa, fermentação e cozimento. O procedimento mais simples de se elaborar o pão é misturar todos os ingredientes da receita e amassar até o desenvolvimento desejado.

A massa para produzir pão é obtida a partir de uma mescla de farinha, água, sal, levedura e reforçador. Para amassar os ingredientes do pão, se utilizam amassadoras semi-rápidas do tipo espiral. Durante o amassamento, a farinha absorve água (hidratação) sendo muito importante o controle da temperatura da água, já que esta determina a temperatura final da massa.

Efetivamente a massa incorpora, além das substâncias orgânicas, microrganismos (leveduras) e, portanto, a temperatura da água tem que ser adequada, não devendo superar os 20°C, evitando, assim, uma fermentação antecipada (KLIMAQUIP, s/a).

A maior parte dos alimentos que contêm farinha de trigo tem seu processo de produção iniciada, com a mistura de água, para formar uma massa. Quando o sistema é agitado ocorrem notáveis mudanças. Os ingredientes da massa começam a se juntar, as partículas de farinha se hidratam rapidamente, ficando o sistema menos úmido e pegajoso. Depois de algum tempo, a massa começa a se formar, mas sua estrutura ainda está completamente quebrada. Com mais um tempo de mistura, a estrutura já está parcialmente formada.

Depois de algum tempo a massa estará bem mais elástica, mostrando-se quase transparente quando esticada. Todas as partículas da farinha estarão, portanto, completamente hidratadas. Isso significa que o processo está quase finalizado. Misturando-se um pouco mais, a massa atingirá a máxima elasticidade, ficando quase transparente ao toque dos dedos

(CASTRO, 1998 e HOSENEY, 1991). As etapas desse processo são mostradas na Figura 7.

De acordo com JACKEL (1991) melhores resultados na preparação da massa são obtidos quando se usa o método direto, adicionando-se o sal no final da mistura e mantendo-se a temperatura em torno de 17 - 18°C durante o processo de amassamento, até o completo desenvolvimento da massa. Assim, o método direto, por produzir massa mais densa, que é mais facilmente resfriada e congelada, diminuiria o tempo de exposição das leveduras em condições que estimulam a sua atividade biológica (MARSTON, 1978).

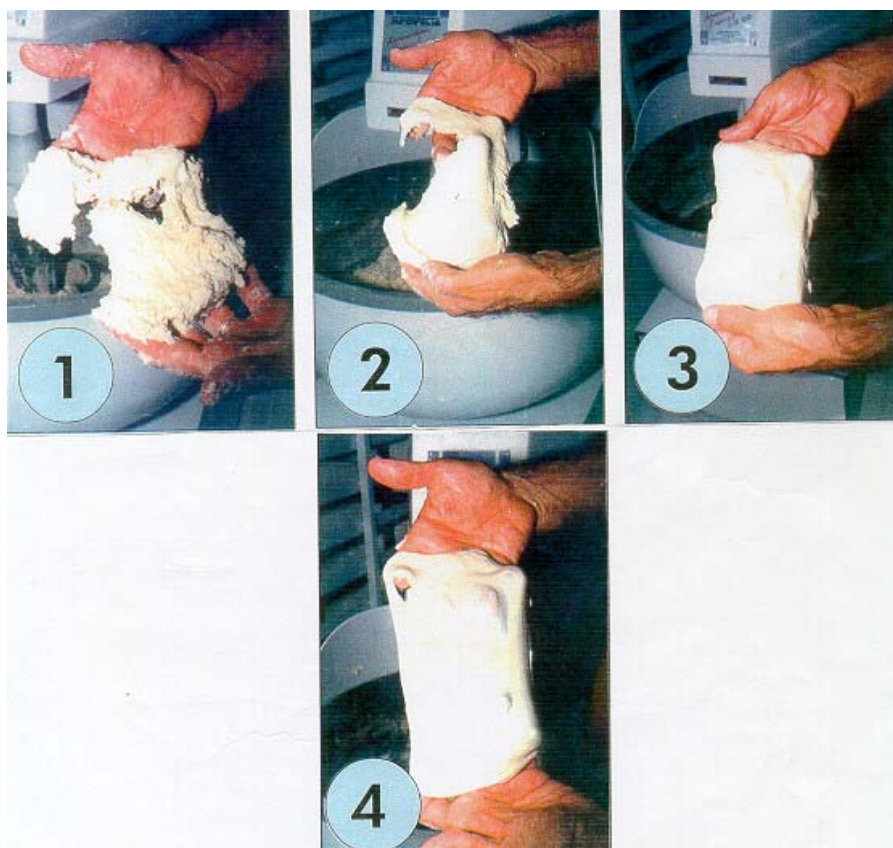


Figura 7 – Formação do glúten.

## 2.3 CONGELAMENTO

O congelamento rápido (ultra-congelamento) significa esfriar o produto, desde a temperatura ambiente (+23°C a 25°C) até -18°C em seu interior, no menor tempo possível e, em qualquer caso, em um período máximo de 4 horas. A temperatura do congelador utilizada pelos mais diferentes alimentos se situa geralmente entre -30°C e -90°C.

O congelamento lento é um processo mediante o qual também se abaixa a temperatura central do produto a -18°C, mas com um tempo superior ao ultra-congelamento, com a temperatura da câmara de congelamento compreendida entre -20°C e -30°C (FERNANDES, 1994).

O congelamento utiliza a diminuição da temperatura para prolongar o período de conservação dos alimentos por um longo prazo, associando os efeitos favoráveis das baixas temperaturas à transformação da água em gelo.

Nenhum microrganismo pode desenvolver-se a uma temperatura inferior a -10°C, portanto o usual armazenamento a -18°C impede toda atividade microbiana. A velocidade da maioria das reações químicas é notavelmente reduzida e as reações metabólicas celulares paralizam completamente (CHEFTEL, 1983).

A cristalização da água ocorre quando se inicia a formação dos cristais organizados, começando pelo aparecimento da fase sólida. Ocorre uma orientação e uma associação das moléculas de água, para formar o núcleo de cristalização, este fenômeno é chamado nucleação. A partir deste momento, as moléculas adjacentes organizam-se e começam a formar outras camadas que vão sendo adicionadas por superposição, promovendo o crescimento dos cristais.

Os cristais formados terão formas diferentes dependendo da razão de cristalização. Quando se trata de formação de cristais, forma cristalina, estes são grandes, obedecendo as formas cristalinas diferenciadas, enquanto que na cristalização amorfa, o gelo não tem forma definida, são numerosos e de pequenos tamanhos.

A recristalização corresponde à fusão e cristalização verificadas entre cristais. Um cristal pode mudar sua forma alterando sua relação entre a massa e volume diminuindo sua energia (issomássica) ou pode ser do tipo migratório, onde pequenos cristais concorrem na formação de um grande, havendo diminuição no número de cristais e aumento na média dos diâmetros ou dimensões dos resultantes (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998).

O congelamento também pode ser aplicado ao pão já assado e esfriado. Neste caso, o produto deve ser embalado em papel alumínio ou polietileno, de maneira que facilite a sua retirada do congelador e o processo subsequente de descongelamento.

À temperatura ambiente o pão é descongelado em aproximadamente 3 horas sendo, a seguir, colocado para assar em forno por aproximadamente 20 minutos. Entretanto, este processo pode levar ao rápido endurecimento do pão (COX, 1987).

### **Efeitos dos cristais de gelo formados no congelamento**

A qualidade do pão oriundo de massas congeladas depende diretamente dos ingredientes usados na sua composição. Portanto, os ingredientes das formulações dos pães vêm sendo estudados em diversos países, buscando-se o desenvolvimento de farinhas ou pré-misturas e também de linhagens de leveduras que melhor se prestem para a formulação de massas que serão posteriormente congeladas.

A manutenção das características originais de um produto congelado é conseqüência direta da dimensão dos cristais de água que se formam no congelamento.

Quando o congelamento é lento geralmente formam-se grandes cristais de gelo, que crescem exclusivamente em áreas extracelulares, com grande deslocamento de água e sucos celulares, resultando numa aparência encolhida da célula no estado congelado (FENNEMA, 1973). Estes cristais deformam e rompem as paredes das células que estão em contato.

O aumento da concentração de solutos que o congelamento provoca, origina danos irreparáveis por causa da desidratação (FELLOWS, 1994).

Quando o congelamento é rápido, ocorre a distribuição de cristais tanto na região intra - quanto extracelular. As condições das baixas temperaturas resultam em pequenos cristais e um pequeno deslocamento de água, sendo sua desidratação minimizada (FENNEMA, 1973).

Neste último caso, a saída de água nas células, por osmose, é claramente menor que durante o congelamento lento. É necessário ressaltar que a formação de cristais intracelulares, independente do seu tamanho, sempre destrói a organização interna das células, parando ou modificando profundamente o metabolismo e provocando a morte das células (CHEFTEL, 1983).

Baixas temperaturas no centro da massa propiciam efeito benéfico na qualidade final do pão. Porém, temperaturas inferiores a  $-10^{\circ}\text{C}$  provocam aumento de tempo de fermentação no descongelamento e diminuição de volume do pão, especialmente quando a temperatura de congelamento for muito baixa e o congelamento aplicado for rápido (CAETANO, 2000).

O resfriamento abaixo do ponto inicial de congelamento forma alguns núcleos de gelo fora das células de leveduras vivas. A velocidade lenta de resfriamento propicia formação de poucos núcleos de gelo que podem crescer posteriormente, formando cristais grandes.

À medida que estes cristais são formados fora das células da levedura, o fluido no qual elas se encontram torna-se mais concentrado, criando-se um gradiente de concentração que provoca a saída de água do interior da levedura para o meio, através da membrana celular. Em consequência, o volume interior das células de leveduras é reduzido e, segundo os criobiologistas, resulta na morte de um número significativo de células de levedura.

Ao contrário, quando a suspensão celular é resfriada muito rapidamente, não há tempo para a água do interior das células de levedura fluir para o meio circundante, formando-se então cristais de gelo dentro das células. Isso geralmente provoca a morte celular em uma proporção muito superior,

comparativamente àquela que ocorre quando o gelo é formado apenas do lado de fora da célula (CAETANO, 2000).

## 2.4 MÉTODOS DE CONGELAMENTO MAIS USADOS PARA PÃES

### 2.4.1 Congelamento por imersão

GÉLINAS *et al.* (1996) em suas experiências imergiram pães embalados, em banho de etanol a  $-45^{\circ}\text{C}$  por 30 minutos. Em contraste com o congelamento criogênico, nestas instalações o líquido não muda de fase (não passa a vapor). E essas são instalações de custo relativamente baixo.

### 2.4.2 Congelamento por ar forçado

Este sistema é baseado no princípio de transferência de calor por convecção, utiliza ar a alta velocidade (3-8 m/s) e baixa temperatura ( $-35$  a  $-45^{\circ}\text{C}$ ). É constituído das mais diversas formas: gabinete fechado, seqüência de gabinetes ou túnel horizontal ou helicoidal (vertical), e o produto pode ser disposto sobre esteiras rolantes ou bandejas em carrinhos sobre trilhos.

O sentido do fluxo de ar é função do projeto do congelador e pode fluir longitudinalmente, transversalmente ao deslocamento ou ao produto, oferecendo uma distribuição de temperaturas ao longo do trajeto. A diferença de pressão de vapor da água no produto e no ar circulante poderá acarretar no ressecamento da superfície do produto, com a conseqüente desnaturação superficial.

### 2.4.3 Congelamento por $\text{N}_2$ Líquido e $\text{CO}_2$ Líquido

Tanto o nitrogênio líquido como o  $\text{CO}_2$  líquido são incolores, inodoros e inertes. A pulverização com  $\text{CO}_2$  líquido, à pressão atmosférica, provoca a formação de uma poeira de neve carbônica à uma temperatura de  $-80^{\circ}\text{C}$ .

O nitrogênio líquido foi usado pela primeira vez por imersão, mas os resultados não foram satisfatórios e o processo considerado antieconômico. Melhores resultados foram obtidos por Wagner e Reynolds, utilizando

nitrogênio líquido para aspersão e colocando vapores de nitrogênio para a pre-refrigeração do pão, a fim de evitar o forte choque térmico devido à notável diferença de temperatura entre o produto e o líquido criogênico, que leva à ruptura e à separação da parte externa do produto. Quanto às características organolépticas, não foram encontradas diferenças significativas entre o produto fresco e o congelado (QUALIA, 1991).

O ponto de ebulição do nitrogênio líquido é  $-196^{\circ}\text{C}$ , à pressão atmosférica. Assim, os alimentos podem congelar-se a uma velocidade muito alta. Este processo é apropriado para produtos que não congelam bem através dos métodos convencionais. Isso pode ser compensado, pela obtenção de produtos de melhor qualidade, pois esse processo evita que ocorram perdas por evaporação durante o congelamento (BRENNAN *et al.*, 1980).

Quando o nitrogênio entra em contato com o alimento, 48% de sua capacidade congeladora (entalpia) corresponde ao calor latente de congelamento que ele retira do alimento para passar ao estado gasoso. A entalpia do dióxido de carbono é menor que o nitrogênio líquido provocando um choque térmico menos severo. A parte de sua capacidade congelante (85%) se obtém durante a sua sublimação. O anidrido carbônico, que se espalha sobre o alimento, formando uma capa de neve, imediatamente se sublima ( FELLOWS, 1994).

## 2.5 ARMAZENAGEM SOB CONGELAMENTO

Consiste na permanência dos produtos à baixas temperaturas, além de  $-18^{\circ}\text{C}$ , imediatamente a seguir à saída do congelador. Para que a estocagem seja eficiente, é importante não armazenar o produto por um tempo superior àquele adequado ao mesmo. Deve-se cuidar para que não ocorram variações de temperatura durante a estocagem (REIS, s/a).

Quanto mais baixa a temperatura de armazenagem, menor é a velocidade das alterações bioquímicas e microbiológicas.

Como conseqüência das variações da temperatura de armazenamento, ocorrem alterações entre as quais ressaltamos a recristalização. Quando o



calor penetra em um congelador, a superfície do alimento mais próxima se aquece ligeiramente. O aquecimento leva os cristais de gelo a uma fusão parcial, transformando os grandes cristais em pequenos e estes se fundem completamente.

A fusão dos cristais aumenta a tensão de vapor e faz com que a água migre para zonas com tensões de vapor mais baixas, provocando uma desidratação. Quando a temperatura diminui novamente, a pressão de vapor dá lugar a novos núcleos e, em consequência, os cristais aumentam de tamanho, provocando a perda de qualidade do produto (FELLOWS, 1994).

Segundo QUALIA (1991), a estocagem sob congelamento da massa, após quatro a cinco semanas à temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , apresenta aspecto externo perfeito, enquanto o miolo se torna esbranquiçado. Esta alteração é devida à recristalização do amido e perda de umidade por sublimação. Entretanto, esta alteração não altera o sabor do pão.

## 2.6 DESCONGELAMENTO

De acordo com GÉLINAS *et al.* (1995), as condições de cilindragem de massas não modeladas, antes do congelamento, não apresentam efeito significativo na taxa de congelamento e, conseqüentemente, na estabilidade das mesmas, não sendo vantajoso retrabalhar a massa várias vezes depois de descongelada.

Durante o descongelamento de uma massa, a temperatura se eleva até aproximadamente  $-3^{\circ}\text{C}$ , que corresponde à sua temperatura de descongelamento. Neste período é retirado o calor sensível. A massa permanece nesta temperatura até que o calor latente seja retirado. A partir daí, a temperatura sobe rapidamente (CHEFTEL, 1983).

A velocidade de descongelamento depende de vários fatores, tais como tamanho e formulação da massa (HSU *et al.*, 1979). Estes autores recomendam descongelamentos à temperatura de  $26^{\circ}\text{C}$ , enquanto BRUINSMA e GIESENSCHLAG (1984), sugere  $40^{\circ}\text{C}$ , com umidade relativa variando entre 80 e 100%.

## 2.7 COZIMENTO

O objetivo principal dessa etapa é o tratamento térmico do amido e da proteína, juntamente com a inativação das enzimas e do fermento, permitindo a formação da crosta o desenvolvimento do aroma, gosto e melhor palatabilidade. Na primeira etapa de cocção, observa-se uma forte evaporação externa da massa, o desenvolvimento da mesma e a aceleração de produção de gás carbônico até uma temperatura de 50-60°C.

À medida que a temperatura aumenta, inicia-se a gelatinização do amido, assim como a coagulação do glúten. No final da etapa de cozimento a evaporação diminui e a temperatura aumenta, ocorrendo a formação da cor da crosta e o “flavor” do pão (reação de Maillard). As condições mais comuns para o cozimento de pães são as temperaturas de 200 a 230°C, por tempos variáveis (VITTI, 2001).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL

Foram utilizados para a produção do pão tipo francês, farinha de trigo Suprema da Santista Alimentos, sal, reforçador e dois tipos de fermento industrial, o fermento seco instantâneo e o úmido da Fleischmann. Toda a matéria prima foi fornecida pela Panificadora Lombardo Indústria e Comércio de Alimentos Ltda - Pão Italiano, sediada em Florianópolis – SC.

Todos os equipamentos utilizados para elaboração do pão, listados a seguir, à exceção do congelador a base de nitrogênio líquido e do extensógrafo, pertencem à mesma Panificadora.

- masseira (Bandeirante) – 10Kg por batida
- divisora – 30 pedaços de massa
- boleadora (Lisboa Ltda)
- refrigerador para água (Mercofrio)
- freezer (White- Westinghouse) – 10Kg de pães
- câmara de fermentação controlada (Klimaquip) – 1225 pães de trigo
- forno de 4 lastros– (Universo) – 1000 pães/hora
- balança (Urano)
- utensílios diversos
- congelador a nitrogênio líquido cedido gentilmente pela Empresa White Martins.
- extensógrafo (Brabender)

## 3.2 METODOLOGIA

A seguir é apresentado um fluxograma geral indicando as etapas e operações realizadas durante os experimentos.

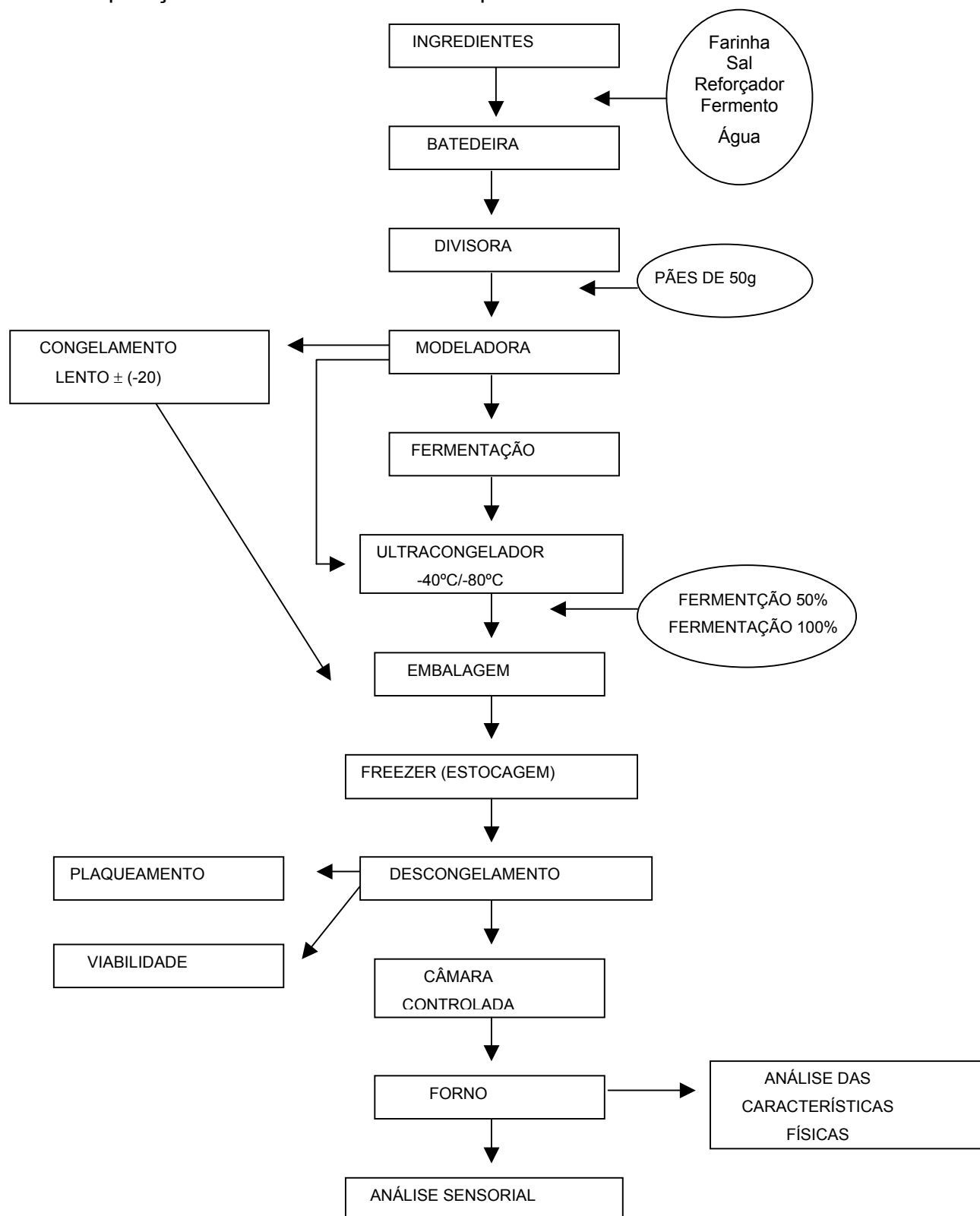


Figura 8: Fluxograma geral do experimento.

### 3.3 FORMULAÇÕES DE RECEITAS

Na Tabela 2 são apresentadas as formulações utilizadas neste trabalho.

Tabela 2 – Formulações utilizadas para a elaboração das receitas.

<b>Ingredientes</b>	<b>Receita Base</b>	<b>Receita (A)</b>	<b>Receita (B)</b>	<b>Receita (C)</b>
<b>Farinha</b>	100%	100%	100%	100%
<b>Sal</b>	2%	2%	2%	2%
<b>Reforçador</b>	2%	2%	2,5%	2%
<b>Fermento</b>	0,5% (F.I)	1,3% (F.I)	2,6% (F.I)	4,5% (F.F)
<b>Água</b>	Ponto ótimo	Ponto ótimo	Ponto ótimo	Ponto ótimo

F.I - Fermento instantâneo

F.F - Fermento fresco

Foram preparados três tipos de receitas para serem analisadas no ciclo de congelamento e descongelamento. Com apoio na receita base, foram formuladas novas receitas. Segundo CAETANO (2000), é recomendado que se aumente a concentração de leveduras para compensar a perda de atividade das mesmas, elevando a concentração de levedura seca para 1,3 a 1,6% e a prensada para 4 a 5%. Estes aumentos de concentração levam a uma maior velocidade de fermentação.

Foi utilizada uma concentração de 1,3% de fermento em relação à massa (estudos preliminares mostraram que concentrações de 0.5% e 1.0%, não deram resultados satisfatórios). Foram realizados testes de viabilidade das leveduras para a produção de CO<sub>2</sub>, tanto para o congelamento lento como para o ultracongelamento, a diferentes temperaturas.

Também foram testadas formulações utilizando-se fermento a uma concentração de 2,6%, como também o uso de fermento úmido à 4,5%.

Foi utilizado apenas um tipo de farinha - Suprema da Santista Alimentos, havendo apenas variações dos lotes durante os experimentos. Abaixo, é

apresentada uma média da caracterização dos glúten das farinhas, em relação à umidade total.

Glúten úmido: 25,40%

Glúten seco: 9,20%

Glúten index: 73,00%

Hoje, segundo informações da Empresa Santista, a quantidade de proteínas existentes na farinha é de aproximadamente 12%, um valor considerado, segundo alguns autores (MARSTON, 1978 e NEYRENEUF & VAN DER PLAAT, 1991) adequado para se trabalhar com massas congeladas na panificação.

Além da farinha e do fermento, foi usado reforçador, uma mistura de amido, açúcar, polisorbato, enzimas  $\alpha$ -amilase e sulfato de cálcio, para que se possa manter a estabilidade da massa e obter uma melhor fermentação.

### **3.4 PREPARO DA MASSA**

As massas foram preparadas a partir de formulação básica para a fabricação do pão tipo francês. Todos os ingredientes foram selecionados, (farinha de trigo, sal, fermento e reforçador), pesados e colocados na masseira, onde primeiramente se posicionava a velocidade ( $V_1$ ), para a mistura dos ingredientes junto com a água. Em seguida era acionado o dispositivo de controle da velocidade ( $V_2$ ) por aproximadamente 12 minutos, dando forma e estabilidade à massa.

A temperatura das massas no final da mistura era de  $\pm 22^\circ\text{C}$ . A temperatura ideal a ser alcançada pela massa, depois da mistura é de  $20^\circ\text{C}$ , evitando-se, desta forma, o início do processo de fermentação (NEYRENEUF & VAN DER PLAAT, 1991).

Cada batimento era preparado com 2Kg de farinha, sendo adicionado os demais ingredientes com pequenas variações, de acordo com cada receita, perfazendo-se 3,6Kg de massa, totalizando 72 pães.

Após a elaboração, a massa era pesada e transportada para a divisora, para separação mecânica e corte uniforme. A divisora foi desenvolvida para cortar pães franceses de 50g, evitando-se, assim, os desperdícios. Não ocorreu descanso da massa, sendo a primeira fermentação totalmente suprimida, ficando exposta somente o tempo necessário para sua manipulação. Em seguida, a massa foi passada por uma modeladora, colocada nas telas e levada à câmara de congelamento. Algumas amostras foram submetidas a diferentes estágios de fermentação antes do congelamento.

### **3.5 CONGELAMENTO**

Foram empregados dois tipos de congelamento: o congelamento lento com temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  ( $\leq 2^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$ ) em freezer comum e o congelamento rápido com temperaturas  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $-80^{\circ}\text{C}$ , em câmara de congelamento com nitrogênio líquido.

A temperatura da câmara, bem como a temperatura no centro da massa durante o congelamento, foram monitoradas com o auxílio de termopares digitais, até que a temperatura atingisse  $-18^{\circ}\text{C}$  em sua parte central.

#### 3.5.1 Congelamento em diferentes estágios de fermentação

Foram realizados congelamentos em três estágios de fermentação: 0%, 50% e 100%.

Após os pães serem modelados, foram colocados em telas. E os de estágio 0% de fermentação foram imediatamente levados à câmara, para congelar. Os outros pães foram colocados em telas e deixados fermentar até alcançar seu ponto ideal para serem congelados.

Na Figura 9, é mostrado o fluxograma do processo para congelamento à temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Fluxograma do processo de congelamento em diferentes estágios de fermentação

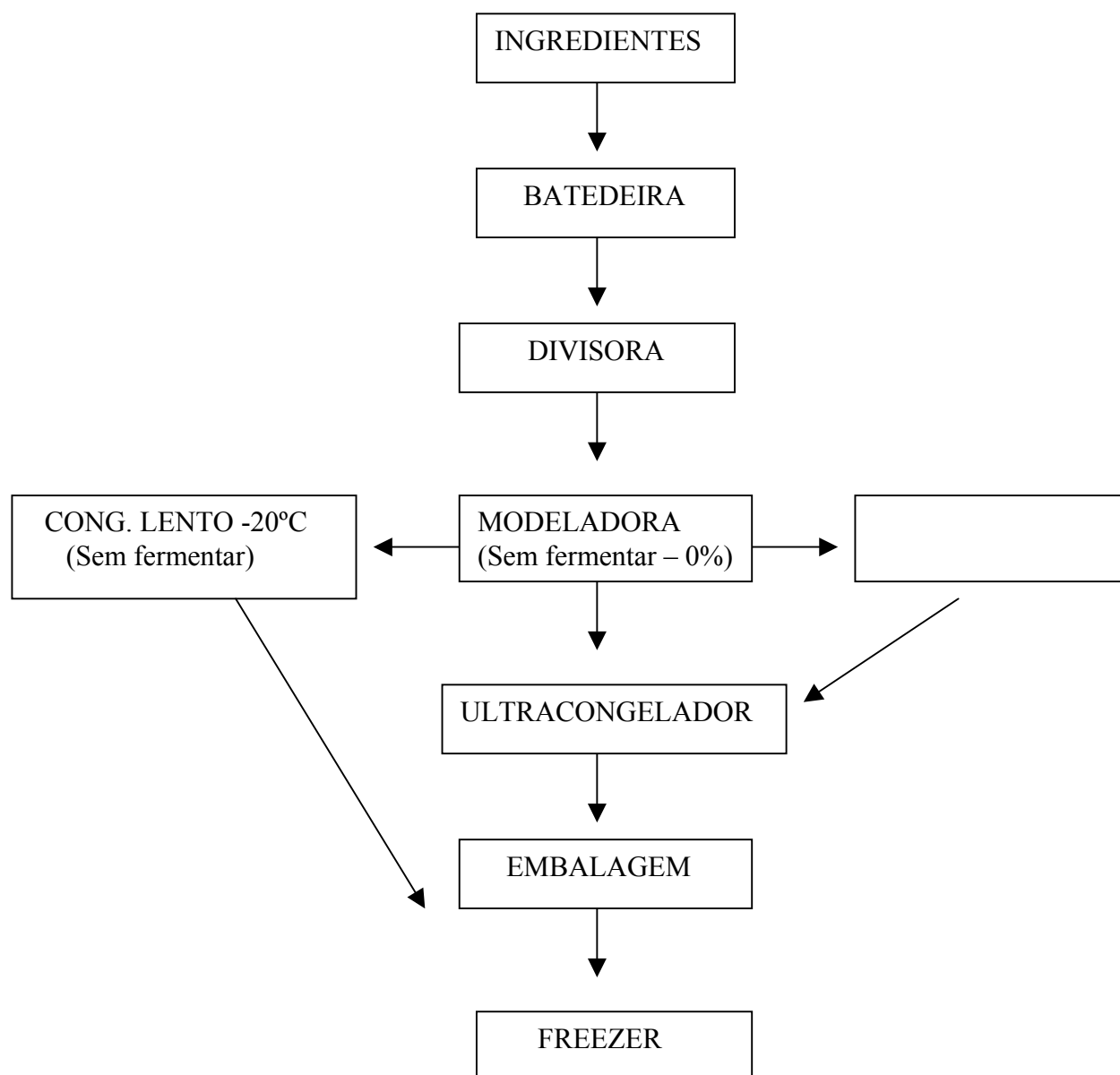


Figura 9 - Fluxograma aplicado aos diferentes estágios de fermentação.



### 3.5.2 Congelamentos em diferentes temperaturas

Na Tabela 3 são mostradas as receitas usadas em diferentes temperaturas de congelamento.

Tabela 3 – Apresentação das receitas, congelamentos e níveis de fermentações.

<b>Receitas</b>	<b>Congelamento</b>	<b>Níveis de fermentação</b>
<b>Receita A (1,3% F.I)</b>	– 40°C ( ultracongelamento)	0% - sem fermentação
		50% - meio nível de fermentação
		100% - fermentação completa
	– 80°C ( ultracongelamento)	0% - sem fermentação
	–20°C ( congelamento lento)	0% - sem fermentação
<b>Receita B (2,6%F.I)</b>	– 40°C ( ultracongelamento)	0% - sem fermentação
	–20°C ( congelamento lento)	0% - sem fermentação
<b>Receita C (4,5%F.F)</b>	– 40°C ( ultracongelamento)	0% - sem fermentação

Após congelamento, os pães foram retirados da câmara e embalados em sacos de polietileno, impermeáveis à água e resistentes a baixas temperaturas e estocados em freezer comum, à temperatura de – 18°C.

### 3.6 DESCONGELAMENTO

Os pães foram retirados do freezer e descongelados em telas perfuradas, para minimizar os efeitos da colagem (condensação superficial). A câmara de fermentação foi acionada para que os pães pudessem crescer em temperatura e umidade relativa (U.R) controladas.

As massas podem ser descongeladas à temperatura ambiente ou colocadas diretamente na câmara de fermentação, que diminui o tempo de crescimento da massa. As condições usadas para estudar o melhor processo de elaboração do pão, a partir de massa congelada, foram:

Câmara saturada à temperatura de 40°C.

Câmara à temperatura de 36°C e UR de 85%

Câmara à temperatura de 32°C e UR de 85%

Após descongelados e fermentados, os pães foram assados e analisadas as suas características físicas e sensoriais.

### **Assamento**

Além do tipo, formato e tamanho dos pães, a temperatura e o tempo de assamento dependem do tipo de forno (convencional ou turbo). Para assamento dos pães de 50g, utilizou-se um forno elétrico e estabeleceu-se a temperatura de  $\pm 200^{\circ}\text{C}$ , por aproximadamente 20 minutos.

### **3.7 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE CO<sub>2</sub>**

Para as análises da quantidade de CO<sub>2</sub> produzida durante a fermentação de massas frescas e congeladas, foi utilizado um dispositivo através do qual foram feitas as determinações do volume (mL) em função do tempo(min).

O dispositivo utilizado é constituído de um erlenmeyer de 250 mL conectado através de um tubo de silicone com uma bureta graduada de 25 mL. Esta bureta é mergulhada em um tubo de 750 mL contendo uma solução ácida que evita a absorção do CO<sub>2</sub>. Todo o equipamento foi manuseado dentro de uma estufa para o controle da temperatura.

Um desenho esquemático deste dispositivo, é mostrado na Figura 10.

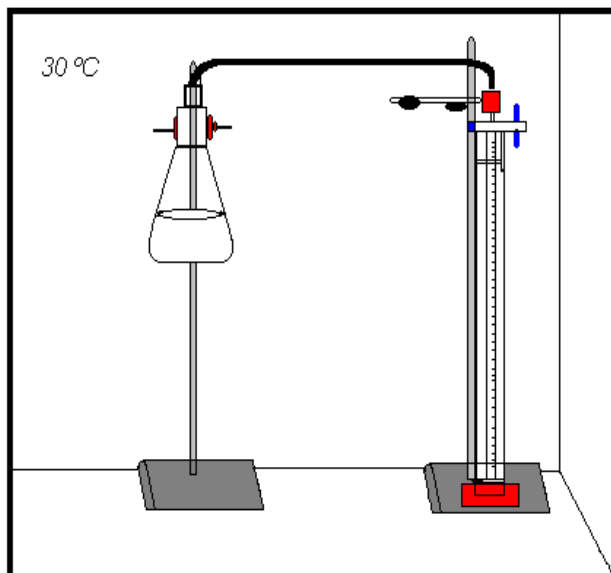


Figura 10 – Dispositivo utilizado para a determinação de  $\text{CO}_2$  durante a fermentação das massas.

Líquido reativo: Para cada 100 mL de água colocaram-se 3 mL de ácido sulfúrico (5%), e o sal, que foi adicionado até o saturamento da solução. Após repouso retirava-se o sobrenadante.

200 mL de água e 10g da amostra descongelada foram colocados num erlenmeyer de 250 mL conectado a um tubo de silicone aberto, para início da contagem volumétrica.

Temperatura inicial da massa descongelada: 20°C

Temperatura da água no erlenmeyer: 28°C

Temperatura da estufa: 30°C

A contagem inicial era feita de 5 em 5 minutos, depois os intervalos subiam para 20 minutos, até completar as 5 horas de análise.

Para cada amostra foram realizadas de 4 a 5 repetições e escolhidas as três curvas mais representativas do processo.

As curvas traçadas foram obtidas através das leituras do volume acumulado (mL) pelo tempo (min) e o gráfico da velocidade de produção de CO<sub>2</sub>, através das diferenças entre as medidas de volume, a cada 20 minutos.

Calculo para a correção do volume de CO<sub>2</sub>:

$$H_2 \rho_2 = H_1 \rho_1$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$(H_n + H_2) V_1 = H_n V_2$$

$P_1$  = pressão de trabalho (mmHg)

$P_2$  = pressão atmosférica (mmHg)

$V_1$  = volume de CO<sub>2</sub> (mL)

$V_2$  = volume de CO<sub>2</sub> corrigido (mL)

$H_n$  = altura relativa a pressão normal (mm)

$H_1$  = altura da água (mm)

$H_2$  = altura do deslocamento (mm)

$\rho_1$  = densidade da água (g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_2$  = densidade do mercúrio (g/cm<sup>3</sup>)

A determinação do volume do CO<sub>2</sub> produzido foi realizada nas massas congeladas e na massa fresca.

### 3.8 PLAQUEAMENTO

O plaqueamento foi feito com amostras de massas congeladas a  $-80^{\circ}\text{C}$ ,  $-40^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$  e de massa fresca com o objetivo de estudar a resistência da levedura *Saccharomyces cerevisiae* depois do descongelamento.

#### 3.8.1 Diluição

Foram diluídas cinco amostras de uma mesma massa em cinco concentrações diferentes:  $1 \times 10^{-1}$  a  $1 \times 10^{-5}$ . Obtendo-se, assim, 25 placas de Petri.

A primeira diluição ( $1 \times 10^{-1}$ ) foi feita em 5 erlenmeyers estéreis de 250 mL, cada um destes contendo 90 mL de água estéril, onde foram diluídos 10g de massa.

Da segunda à quinta diluições ( $1 \times 10^{-2}$  a  $1 \times 10^{-5}$ ) o processo foi feito em 20 tubos de ensaio, estéreis, cinco destes pertencendo a cada uma das quatro concentrações restantes. Tais tubos continham 9 mL de água estéril, onde se adicionou 1 mL da concentração anterior para atingir a nova concentração.

#### 3.8.2 Meio de cultura (YMA – Yeast, Malt, Extract Agar)

O meio preparado para o desenvolvimento das leveduras teve a seguinte composição:

- Extrato de malte  $3,0 \text{ g.L}^{-1}$
- Extrato de levedura  $3,0 \text{ g.L}^{-1}$
- Peptona bacteriológica  $5,0 \text{ g.L}^{-1}$
- Agar-agar  $20,0 \text{ g.L}^{-1}$

### 3.8.3 Inoculação

Foi pipetado, assepticamente, 2 mL da diluição ( $1 \times 10^{-5}$ ) e colocou-se 1 mL em cada uma das cinco placas etiquetadas com esta concentração. O processo foi repetido nas diluições  $1 \times 10^{-4}$  a  $1 \times 10^{-1}$ , nesta ordem.

Após a adição do inóculo, foi adicionado em placa aproximadamente 25 mL do meio YMA (esterilizado, fundido, resfriado e mantido à temperatura de 40°C em banho regulado termostaticamente). Após esfriamento e solidificação do meio, as placas foram invertidas e incubadas em estufa à 35°C, por 48 horas.

### 3.8.4 Contagem

A contagem foi feita com auxílio de um contador de colônias.

## 3.9 ANÁLISE SENSORIAL

Os testes de análise descritiva quantitativa (ADQ) foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFSC. Os julgadores treinados para identificar as características relevantes do pão congelado, tipo francês, fazem parte do painel sensorial da Coordenadoria de Extensão daquele Departamento.

Foi utilizado um painel com 5 julgadores, para avaliar as mudanças ocorridas nos pães num período de 60 dias de estocagem da massa. As análises foram feitas a cada 20 dias, com 3 tipos de pães: Pães congelados a  $-40^{\circ}\text{C}$ , com fermento instantâneo seco e fresco, e congelamento lento com fermento instantâneo seco. O ADQ serve para estudar a estabilidade de produtos durante o armazenamento e a caracterização de suas diferenças.

Para cada julgador, foi apresentada uma amostra de cada pão, em diferentes fases de armazenagem. A primeira amostra seguiu imediatamente

ao congelamento. Depois seguiram outras três amostras, uma com 20 dias de estocagem, a segunda com 40 dias e a terceira com 60 dias. A forma utilizada para avaliação foi uma escala não estruturada de 9 cm.

Como citado por (TEIXEIRA *et al.*, 1987) esta análise avalia a aparência, cor, odor, sabor e textura. Antes dos testes, os julgadores selecionados desenvolveram, baseados em suas experiências e em amostras de pães com diferentes características, uma escala padrão que foi utilizada com base na correção dos testes (Anexo 11).

Foram avaliados: cor do miolo, aparência da crosta (bolhas, escamas, pestana), volume, sabor (ácido, fermentado), textura da crosta (maciez, consistência, crocância) e cor da crosta (opacidade, brilho).

O teste de Tukey era aplicado, caso necessário, permitindo comparar simultaneamente todos os pares de amostras, identificando quais apresentavam diferenças significativas entre si (TEIXEIRA *et al.*, 1987).

Primeiramente se calcula:

C = fator de correção

SQA = soma dos quadrados da amostra

SQP = soma dos quadrados dos provadores

SQT = soma dos quadrados totais

SQR = soma dos quadrados do resíduo

F = função estatística (tabelado)

Caso haja diferenças significativas entre as amostras deve ser aplicado o teste de Tukey.

$$C = q\sqrt{QM/n}$$

Onde C = valor crítico

q = valor tabelado

n = numero de provadores

QM = quadrado médio

As diferenças entre as médias podem ser comparadas com o valor crítico, sendo elas maior ou igual a C, para identificar significativamente diferentes amostras.

### 3.10 EXTENSÓGRAFO

O extensograma mede a estabilidade de uma massa e a resistência da mesma durante o período de repouso. As massas analisadas pelo extensograma da Granot do Brasil, foram de três tipos: massa com congelamento lento,  $-40^{\circ}\text{C}$  e massa sem congelamento.

Massas congeladas: essas massas foram elaboradas com uma concentração de 1,3% de fermento instantâneo, a mesma receita usada para as demais análises. Após processamento, estas foram congeladas imediatamente (congelamento lento e  $-40^{\circ}\text{C}$ ). Quarenta e oito horas após estarem congeladas, elas foram descongeladas e porções de aproximadamente 60g, foram modelados em um cilindro ligados a própria massa e colocada nas câmaras do extensógrafo.

O extensógrafo possui três câmaras, onde em cada uma foram colocados 2 pedaços da massa à temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$ . Todas as massas que foram congeladas foram submetidas ao mesmo procedimento. A primeira leitura foi feita após um descanso de 15 minutos, durante o qual teve início a fermentação. A segunda leitura foi feita em 30 minutos de descanso e a última com 45 minutos.

Massa sem congelar: foi elaborada uma receita básica com concentração de fermento instantâneo de 0,6%. A massa foi cilindrada e colocada nas câmaras do extensógrafo. As leituras foram feitas em intervalos de 15, 30 e 45 minutos.

Para proceder as leituras, as massas foram ajustadas no equipamento e alongadas mediante um gancho que se move com velocidade constante sob a ação de um motor. A resistência da massa a esta tensão é transmitida por um



sistema que a registra em um papel milimetrado, sendo os valores dados em mm e em unidades Brabender.

Os índices medidos no extensógrafo foram:

R= resistência ( altura que corresponde ao ponto da base situado a 5 cm de distância do começo da curva)

R<sub>1</sub>= resistência máxima (altura máxima da curva)

E= extensibilidade (a extensibilidade corresponde à longitude da base desde o começo ao final do extensograma, expresso em cm)

A = área do extensógrafo (U.B/cm)

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CURVAS DE CONGELAMENTO

Durante o congelamento dos pães, foram registradas as temperaturas no centro do produto através de um sensor e traçado o perfil das curvas durante os congelamentos conforme mostrado nas Figuras 11 e 12.

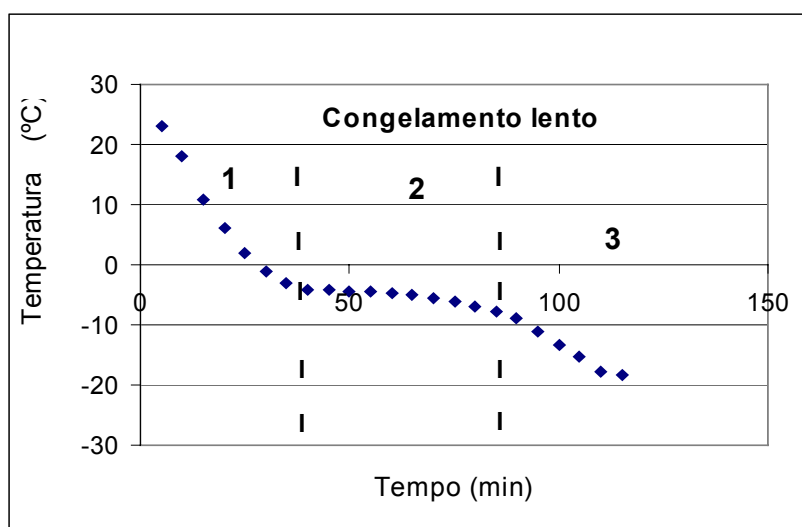


Figura 11 – Características da curva de congelamento lento.

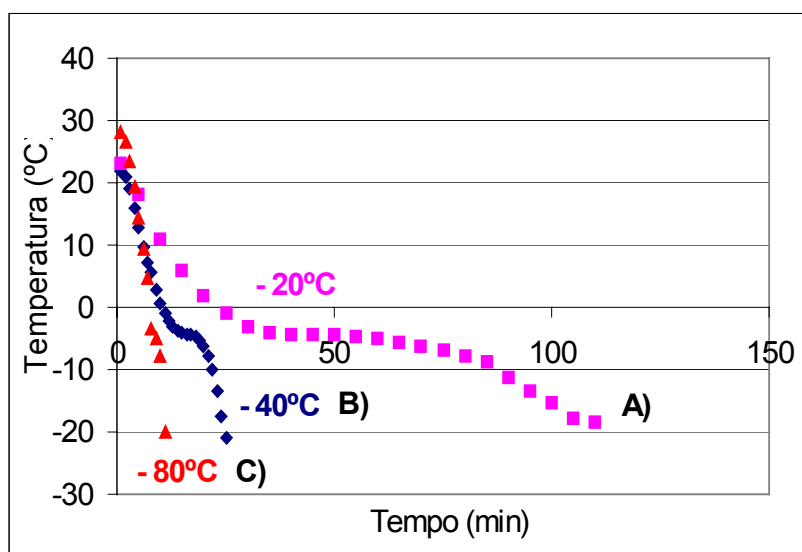


Figura 12 – Curvas de temperatura versus tempo para o congelamento de massas de pães à três temperaturas diferentes: A) - 20°C, B) - 40°C e C) - 80°C.

No congelamento à temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ , o processo de congelamento e a velocidade com que se elimina calor são mais lentas, proporcionando uma curva bastante regular, levando em torno de 110 minutos para que toda a massa do pão seja congelada.

As formas das curvas dependem tanto da velocidade com que se elimina calor, como das características do produto. As figuras 11 e 12 apresentam respectivamente curvas de congelamento lento e as três formas de congelamento (lento ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) e rápido ( $-40^{\circ}\text{C}$  e  $-80^{\circ}\text{C}$ )).

No congelamento lento, o alimento é esfriado até alcançar o ponto inicial de congelamento (Figura 11 – 1). A partir daí, começa a formação dos cristais de gelo e ocorre a liberação de calor latente do produto (Figura 11 – 2); neste ponto, a temperatura da massa do pão se encontra a  $-4,0^{\circ}\text{C}$  e a temperatura no centro do produto permanece constante por um certo tempo.

A partir de 80 minutos, a temperatura decresce rapidamente (Figura 11 – 3), ocorre menor liberação de calor, até atingir os  $-18^{\circ}\text{C}$  (no centro do produto). Após 110 minutos do início do processo de congelamento, o produto se encontra totalmente congelado.

Quando a temperatura de congelamento era de  $-40^{\circ}\text{C}$ , a velocidade de congelamento foi mais acentuada (cerca de  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) e a curva se tornou mais fechada. Comparativamente ao congelamento à  $-20^{\circ}\text{C}$ , notou-se, no congelamento a  $-40^{\circ}\text{C}$ , uma diminuição de 20 para 3 minutos no patamar onde a temperatura permanece quase constante, correspondente à formação dos cristais de gelo. Todo o processo de congelamento ( $-40^{\circ}\text{C}$ ), ocorreu até os 25 minutos, alcançando a temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  no núcleo do produto.

Para a temperatura de  $-80^{\circ}\text{C}$  o processo de congelamento foi rápido, sendo concluído em 11 minutos. Isso tornou muito difícil identificar as diferentes fases de congelamento. Todas estas temperaturas, têm efeitos significativos nas massas dos pães, como descritos nas discussões a seguir.

## 4.2 INFLUÊNCIA DO TIPO DE CONGELAMENTO NA VIABILIDADE DO FERMENTO E NA QUALIDADE DO PÃO

### 4.2.1 Efeitos do congelamento lento e à temperatura de $-40^{\circ}\text{C}$

Este tópico apresenta a comparação de dois tipos de congelamento: congelamento rápido (cerca de  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) e lento ( $>2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ), seguido de descongelamento nos primeiros 5 dias e estocagem por mais 60 dias.

#### 4.2.1.1 Produção de $\text{CO}_2$ – Viabilidade

Na Figura 13 encontra-se as curvas relativas a três experimentos onde verificou-se a quantidade (volume) de gás produzido pelas massas de pão que sofreram congelamento lento ( $-20^{\circ}\text{C}$ ). A Figura 14 apresenta a curva da velocidade de produção de  $\text{CO}_2$ . Os dados correspondentes aos gráficos encontram-se na Tabela do anexo 4. Todos os experimentos, para determinação do volume de gás produzido, tiveram duração de aproximadamente 5 horas.

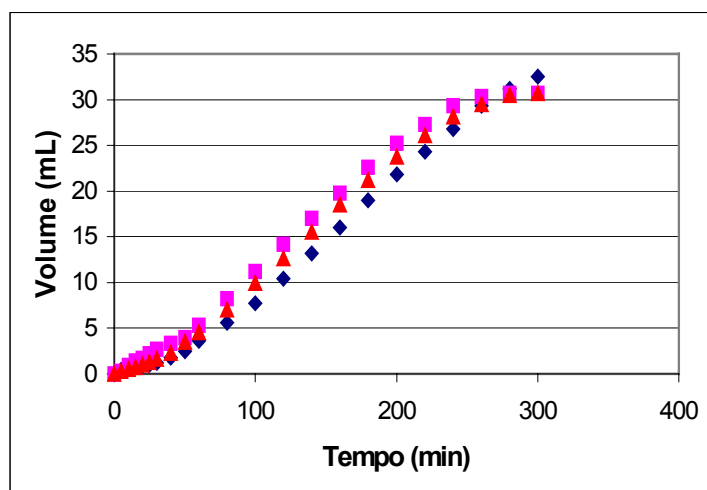


Figura 13 – Triplicata das curvas de  $\text{CO}_2$  analisadas com massas congeladas no congelamento lento ( $-20^{\circ}\text{C}$ ).

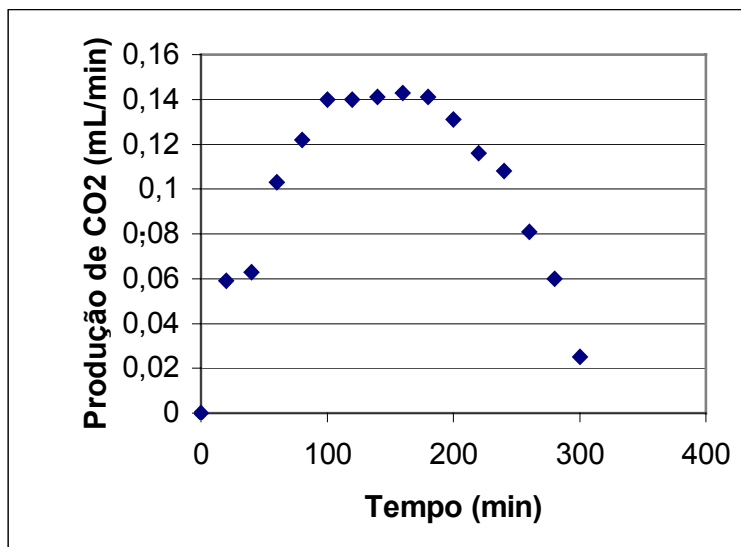
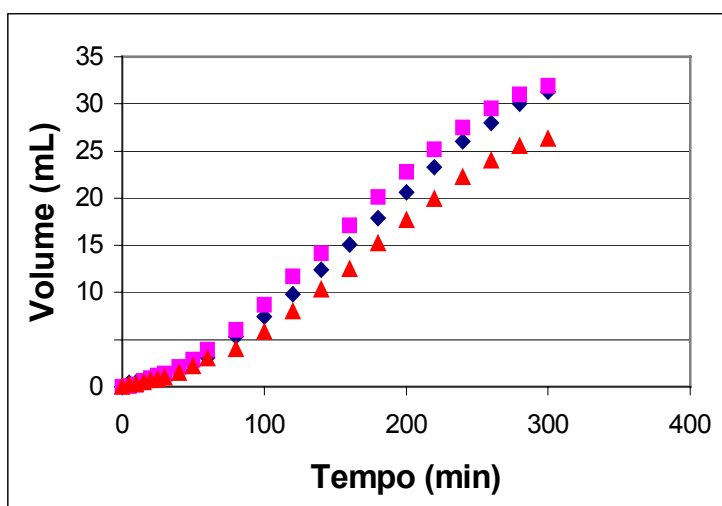


Figura 14 – Velocidade de produção de CO<sub>2</sub> a partir de massas congeladas à temperatura de – 20°C.

Abaixo estão os gráficos do congelamento rápido (– 40°C), com os resultados das análises das três curvas de produção de CO<sub>2</sub> (Figura 15) e a curva da velocidade de produção de gás (Figura 16). Os dados se encontram na Tabela do anexo 1.



Figuras 15 – Triplicata das curvas CO<sub>2</sub> analisadas com massas congeladas à temperatura de – 40°C.

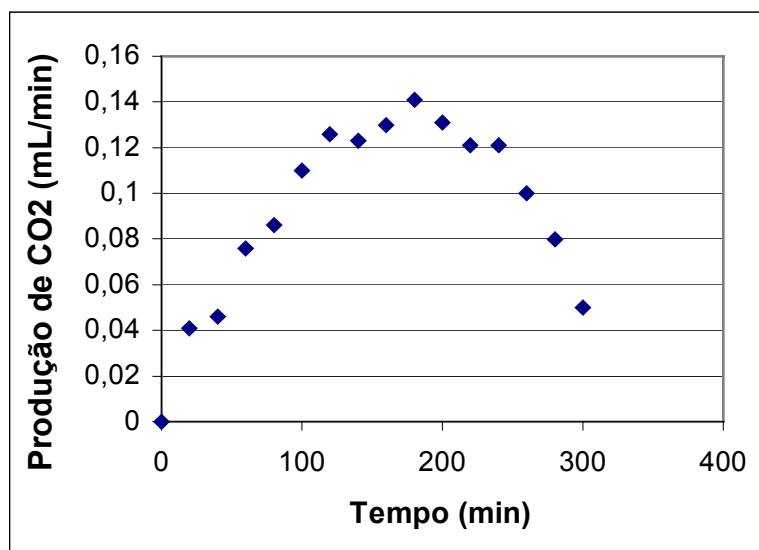


Figura 16 – Taxa da velocidade de produção de CO<sub>2</sub> a partir de massas congeladas a – 40°C.

A velocidade com que o gás foi produzido nas massas aumentou durante as três primeiras horas. Em seguida, apresentou considerável diminuição. As massas congeladas e estocadas durante os primeiros 5 dias, apresentaram através dos testes de viabilidade, uma produção de CO<sub>2</sub> (volume médio acumulado) de 29,89 mL à temperatura de – 40°C e de 31,39 mL à temperatura de – 20°C (congelamento lento), o que representa uma diferença percentual de 3,97% entre as amostras.

Nas experiências de GÉLINAS *et al.* (1993) constatou-se que o congelamento lento de – 20°C (>2°C/min) não afetou a taxa de sobrevivência das leveduras, mas num congelamento rápido a sobrevivência apresentou uma diminuição considerável, indicando que no congelamento rápido da massa o fermento era muito mais prejudicado, comparado ao congelamento lento.

Comparados à massa fresca que apresentou um volume de 38,78 mL, a produção de gás teve uma queda de 19,06% a – 20°C e 23% a – 40°C. Sendo a produção de CO<sub>2</sub> por grama de massa observada em estufa (30°C) de 3,1 mL a – 20°C e 2,9 mL por grama a – 40°C.

A curva da taxa de velocidade de produção de CO<sub>2</sub> no congelamento lento se mostrou menos irregular quando atingiu o nível máximo de CO<sub>2</sub>, e se manteve mais constante até sua diminuição.

Já, a curva apresentada no congelamento a – 40°C teve sua fase de aceleração constante até os 120 min, seguida de contínuo crescimento com algumas oscilações, atingiu sua taxa máxima aos 180 min, começando a diminuir lentamente sua fermentação.

HOSENEY (1991) cita que em condições de congelamentos convencionais (freezer comum), provavelmente a levedura não se congela. A água que rodeia a levedura se congela, porém o citoplasma da levedura se encontra em estado de sobrefusão e não congelará até chegar a – 35°C. Em laboratório leveduras que atingiram esta temperatura perderam o poder fermentativo.

Com o congelamento da massa do pão à temperatura de – 40°C o poder fermentativo diminui mas não totalmente como mostrado pelas curvas de produção de CO<sub>2</sub> que indicam a viabilidade das leveduras.

#### 4.2.1.2 Características dos pães

De acordo com a Figura 17, as massas descongeladas e assadas a 200°C por  $\pm$  20 min, apresentaram um bom volume. Os pães produzidos a partir de massas congeladas lentamente, após descongelamento, fermentaram com maior velocidade, que os pães submetidos ao congelamento rápido. Estes mantiveram uma fermentação mais prolongada, aspecto também observado por LINKO & KARHUNEN (1984).

Após assados, a massa submetida a congelamento lento, manteve uma coloração mais acentuada com uma crosta mais lisa, e pouco aspecto de crocância, enquanto que os pães de massa congelada à temperatura de – 40°C, mostraram-se mais escamosos. Com estes aspectos, apesar da maior sobrevivência das leveduras no congelamento lento, a estrutura da massa a – 40°C mostrou-se mais firme e com melhor aspecto visual.

Segundo AUTIO *et al.* (1992) a diminuição do volume dos pães originários de massas congeladas comparados àqueles de massa fresca é resultado do congelamento e descongelamento. Não estão associadas somente à diminuição da produção de gás, mas também às mudanças estruturais da massa, ocorrendo o enfraquecimento da rede do glúten, situação observada comparando os dados obtidos na produção de CO<sub>2</sub>, e o comportamentos das massas após assadas.

A estrutura do glúten (rede de proteínas responsável pela retenção de gás) na massa congelada pode ser danificada pela formação de cristais de gelo e contribuir para o aumento no tempo de fermentação, devido a destruição das leveduras durante o congelamento, resultando na diminuição da produção de gás. A destruição da estrutura da massa durante o congelamento foi observada através de microscópio eletrônico (INQUE & BUSHUK, 1992 apud VARRIANO MARSTON *et al.* (1980) e BERGLUND *et al.*, 1990).

A causa dos maiores danos à estrutura da massa no congelamento lento tem sido atribuída aos efeitos da cristalização (INQUE & BUSHUK, 1991 apud POTTER (1986) e VARRIANO MARSTON *et al.*, 1980).

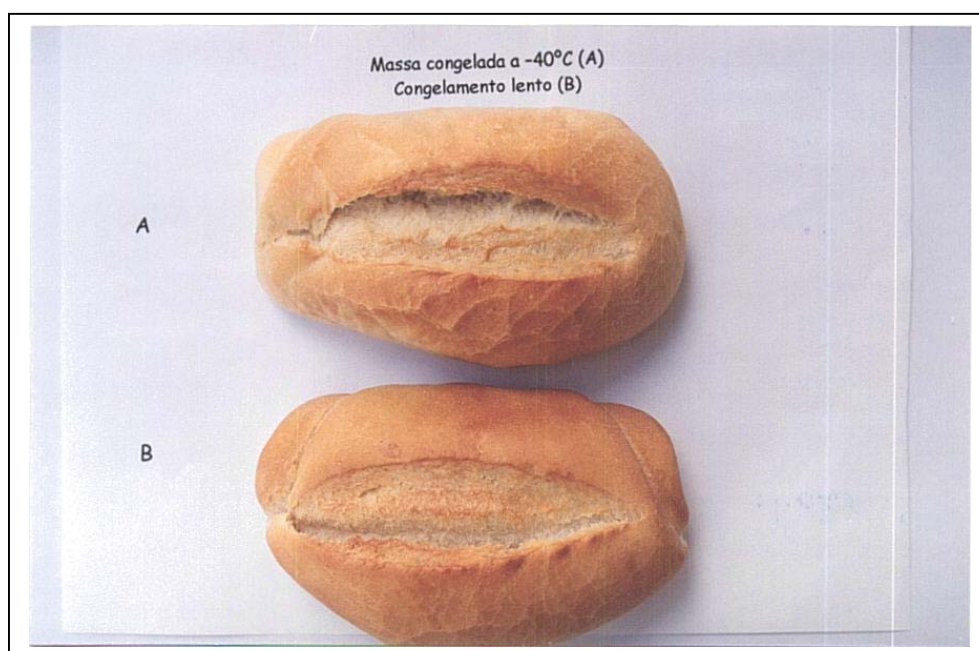


Figura 17 - Amostra de massa congelada a -20°C (B) e -40°C (A).



## 4.2.2 Efeitos do congelamento à temperatura de $-80^{\circ}\text{C}$

Com a finalidade de comparar os experimentos de congelamento a  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $-40^{\circ}\text{C}$ , foram realizados congelamento à temperatura de  $-80^{\circ}\text{C}$ , com 1,3% de fermento instantâneo.

### 4.2.2.1 Produção de $\text{CO}_2$ – Viabilidade

As Figuras 18 e 19 (Tabela do anexo 7) mostram os resultados de produção de  $\text{CO}_2$ .

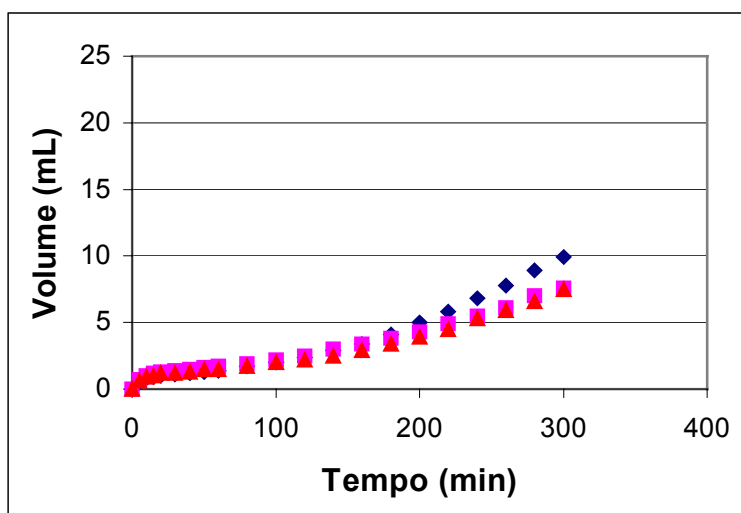


Figura 18 – Produção de  $\text{CO}_2$  em massas congeladas à temperatura de  $-80^{\circ}\text{C}$ .

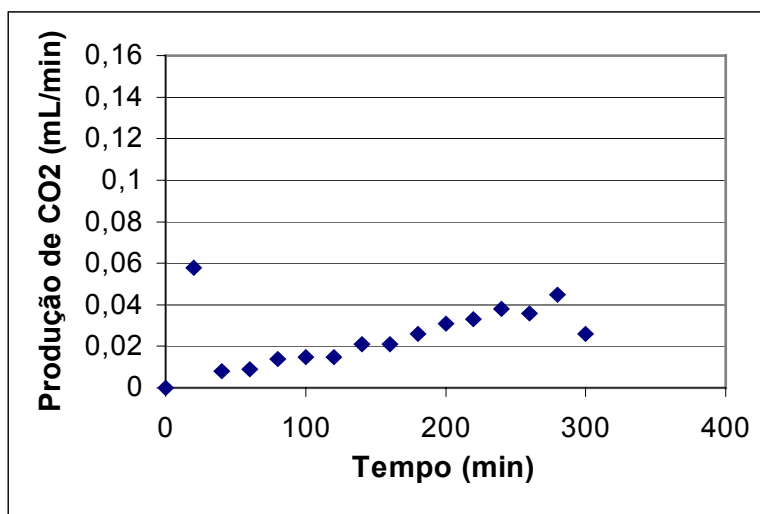


Figura 19 - Velocidade de produção de  $\text{CO}_2$  à temperatura de  $-80^{\circ}\text{C}$ .

### Comparativo entre as taxas de produção de gás e os efeitos causados na massa após assamento.

A Figura 20 mostra a comparação entre as curvas do volume acumulativo da produção de CO<sub>2</sub> no congelamento à diferentes temperaturas e da massa fresca.

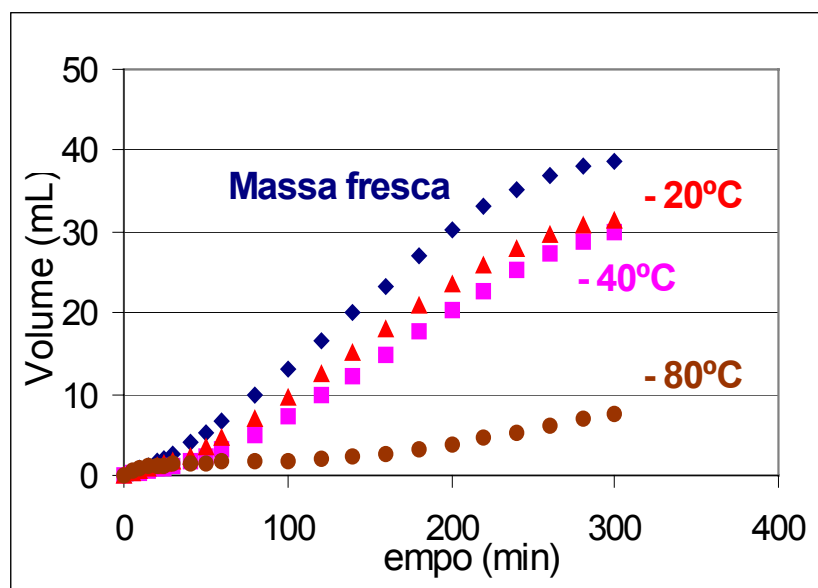


Figura 20 – Produção de CO<sub>2</sub> entre o congelamento a diferentes temperaturas: -20°C, -40°C, -80°C e massa fresca.

A utilização de temperaturas muito baixas, promove um congelamento muito rápido, provocando alterações na qualidade dos pães e um acentuado número de leveduras mortas.

A Figura 18 apresenta um baixo índice de produção de CO<sub>2</sub>, durante as 5 horas, atingindo no máximo um volume acumulado de 10 mL. Sua maior taxa de produção de gás foi atingida lentamente aos 280 min apresentando em seguida uma tendência a diminuir (Figura 19).

A redução na produção de CO<sub>2</sub> da massa à temperatura de – 40°C para – 80°C foi de 57,64%, valor muito alto, para se produzir um pão de volume considerável.

#### 4.2.2.2 Características dos pães

Como mostrado na Figura 21 o crescimento foi deficiente. O pão se apresentou mal desenvolvido, denso, com aspecto exterior totalmente prejudicado. Tanto a pestana quanto a coloração ficaram fora dos padrões do pão francês. Além das leveduras serem mais prejudicadas, havendo menor retenção de gás, provavelmente ocorreram danos causados à estrutura da rede de glúten quando a massa foi congelada a – 80°C. O produto se tornou bastante prejudicado, segundo o observado durante a fermentação e após assamento.



Figura 21 - Pães congelados à temperatura de – 40°C e – 80°C.

### **4.3 EFEITOS DO CONGELAMENTO NAS MASSAS EM DIFERENTES NÍVEIS DE FERMENTAÇÃO – PRODUÇÃO DE CO<sub>2</sub>**

Com o intuito de estudar os efeitos do congelamento na viabilidade e características dos pães em diferentes estágios de fermentação, massas foram congeladas à temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ , com níveis de fermentação de 0%, 50% e 100%.

#### **4.3.1 Produção de CO<sub>2</sub> em diferentes níveis de fermentação**

São apresentadas a seguir a produção de CO<sub>2</sub> para cada nível fermentativo.

##### **Taxa de produção de CO<sub>2</sub> em massa congelada sem fermentação (0%) à temperatura de $-40^{\circ}\text{C}$**

Os gráficos com os resultados das análises das curvas de produção de CO<sub>2</sub>, à temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ , se encontram nas Figuras 15 e 16 apresentadas em 4.2.2.

##### **Taxa de produção de CO<sub>2</sub> com fermentação a nível de 50% de crescimento da massa, à temperatura de $-40^{\circ}\text{C}$**

As Figuras 22 e 23 (Tabela do anexo 2) apresentam resultados de produção acumulada de CO<sub>2</sub> e da taxa de produção de CO<sub>2</sub>, respectivamente para uma massa congelada com 50% de fermentação.

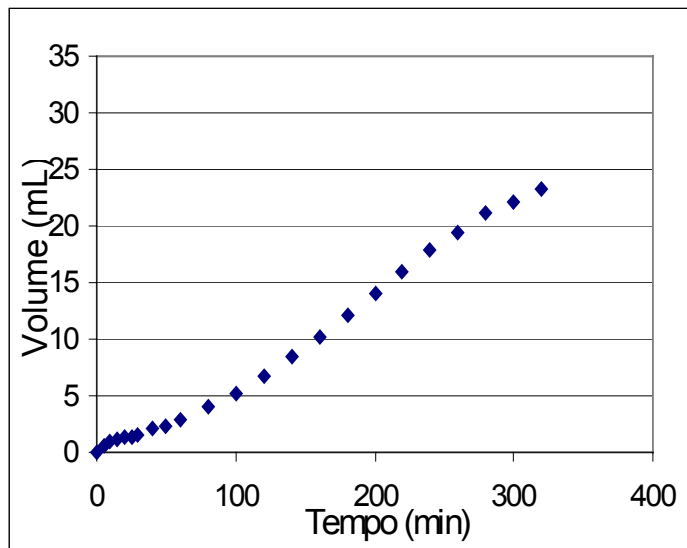


Figura 22 – Média acumulativa de produção de CO<sub>2</sub>, à temperatura de – 40°C com 50% de fermentação.

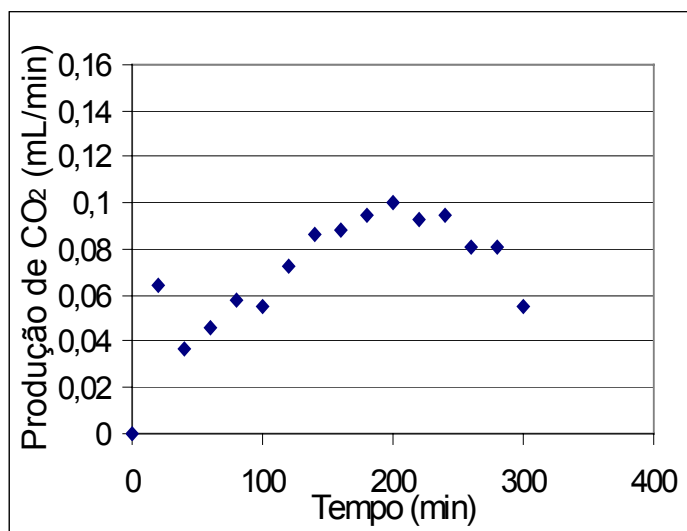


Figura 23 - Velocidade de produção de CO<sub>2</sub> da Figura 22 , à temperatura de – 40°C com 50% de fermentação.

**Taxas de produção de CO<sub>2</sub> após congelamento com fermentação total  
( 100%), à temperatura de – 40°C**

O resultado da média da curva acumulativa e da velocidade de produção de CO<sub>2</sub> após congelamento com 100% de fermentação são apresentados nas Figuras 24 e 25 (Tabela do anexo 3).

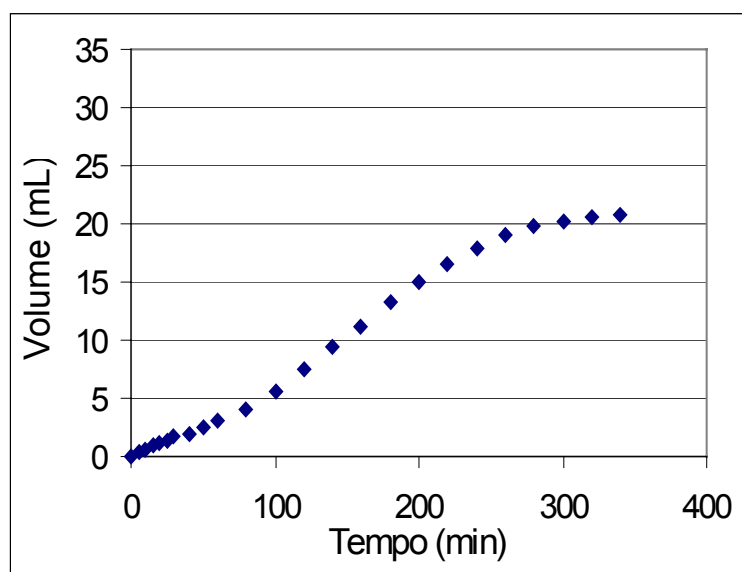
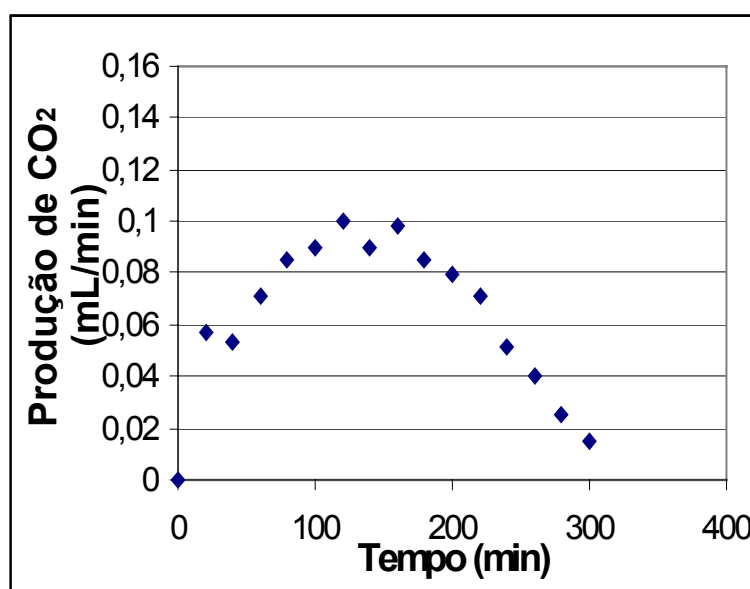


Figura 24 – Produção de CO<sub>2</sub>, com pães congelados a 100% de fermentação.



#### 4.3.2 Comparativos entre as taxas de produção de CO<sub>2</sub> e as características das massas após descongeladas e assadas nos três níveis de fermentação.

No gráfico da Figura 26 pode-se comparar as taxas de gás entre os três níveis de fermentação, através das curvas acumulativas. A Figura 27 representa uma curva esquemática para detalhar o comportamento celular.

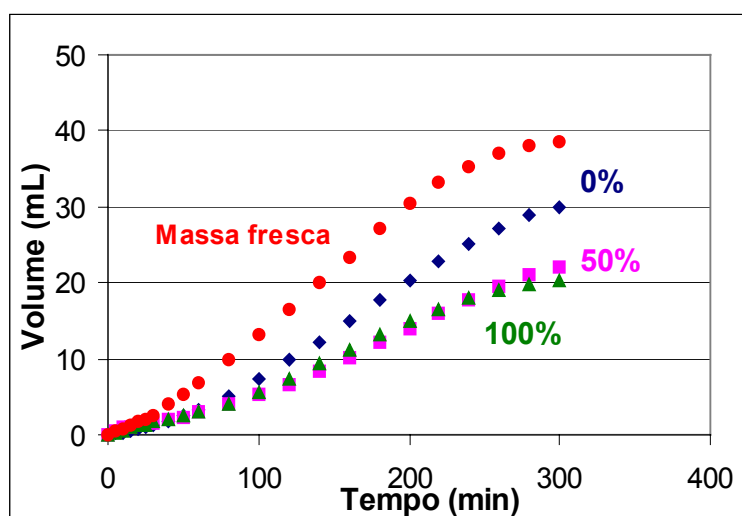


Figura 26 - Curvas comparativas entre as médias acumulativas da produção de gás (0%, 50%, 100% e massa fresca).

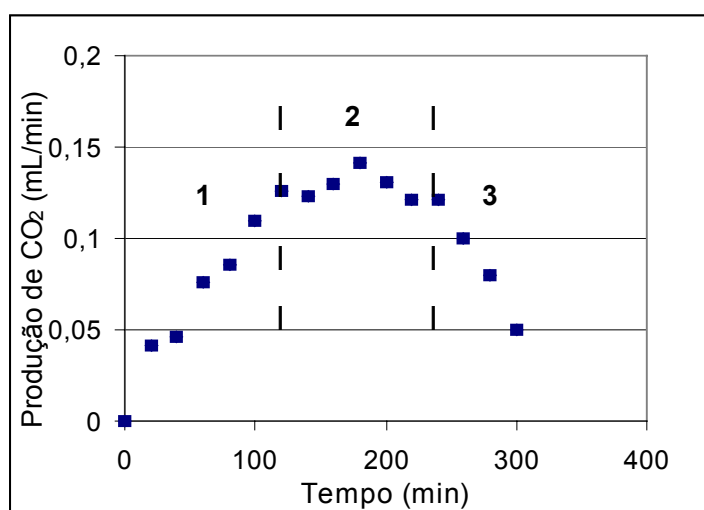


Figura 27 - Comportamento da velocidade de produção de CO<sub>2</sub> durante a fermentação.

Todas as amostras de massas foram analisadas a partir do preparo da receita com 1,3% de fermento seco instantâneo e congeladas em diferentes estágios de fermentação e congelados à temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  (Figura 28).

A Figura 27 nos mostra as características do poder fermentativo dos microrganismos, em massa congelada e suas diferentes fases no decorrer do experimento:

1 – Após a fase de adaptação inicial do microrganismo ao meio, em relação à temperatura da estufa e da água, observa-se um período de aceleração do metabolismo das leveduras.

2 – A levedura adaptada ao meio, estabelece um período com elevadas taxas de fermentação, correspondendo certamente à fase de crescimento exponencial.

3 – O período de produção de gás se reduz (por carência de substratos, ou formação de compostos tóxicos). Este período corresponde à fase de desaceleração na curva de crescimento celular.

O volume de  $\text{CO}_2$  produzido depende da intensidade da atividade de cada levedura, levando em conta as suas propriedades e fatores como temperatura e concentração.

Nesse estudo foram comparadas diversas curvas obtidas, e mostradas somente as mais representativas. Os volumes da produção de  $\text{CO}_2$  acumulativos nos 300 minutos de contagem entre os diferentes estágios de fermentação foram:

$$V_{0\%} = 29,89 \text{ mL}$$

$$V_{50\%} = 22,20 \text{ mL}$$

$$V_{100\%} = 20,29 \text{ mL}$$

A produção de gás obtida pela curva 0% de fermentação, como se pode observar na Figura 16 atingiu o máximo próximo aos 160 minutos com um pico importante de  $\text{CO}_2$  aos 180 minutos, com decréscimo lento. O  $\text{CO}_2$  produzido



nas massas descongeladas diminuiu com o aumento do período de fermentação antes do congelamento.

Como mostram as Figuras 23 e 25 correspondendo às curvas de (50%) e (100%) de fermentação, o nível de gás foi reduzido, produzindo taxa de fermentação, num valor máximo de 0,1 mL/min. Na curva de 50% as leveduras se mantiveram ativas durante um tempo mais longo. Na curva com 100% de fermentação o nível máximo de gás foi atingido rapidamente, e as leveduras logo diminuíram a sua atividade. Para melhor visualização é mostrado o comparativo do gráfico das curvas acumulativas da produção de gás dos três estágios de fermentação e da massa fresca (Figura 26).

A relação da produção de gás entre as massas, mostrou uma redução do volume ( $V_{0\%}$ ) para o volume ( $V_{50\%}$ ) de 19,73% e para ( $V_{100\%}$ ) de 23,27%. A diminuição da atividade do fermento é causada pelas baixas temperaturas que provocam danos estruturais as células das leveduras.

#### 4.3.3 Características pós assamento

Nos pães assados após congelamento a diferentes níveis de fermentação, como mostra a Figura 29, foram notadas diferenças na qualidade final do produto. Um pão (0% de fermentação) congelado à temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  teve um bom desenvolvimento em relação à estrutura e miolo (Figura 29 e 30). Quanto menos fermentou, mais substratos e proteção teve a célula, logo, mais  $\text{CO}_2$  foi produzido.

Os pães com 50% de fermentação mantiveram um crescimento significativo, apresentando boa aparência, coloração e corte. Como defendem (BRÜMMER & NEUMANN, 1993), o uso da massa pré – fermentada antes do congelamento pode ser uma solução para a viabilidade das leveduras depois do congelamento e estocagem, porque ela reduz o tempo necessário para a massa fermentar depois de descongelada (RÄSÄNEN, 1995 *apud* BRÜMMER & NEUMANN, 1993).

O tempo de pré-fermentação deve ser analisado cuidadosamente pois os pães provenientes de massa congelada com uma fermentação completa,

com 100% de crescimento se apresentaram pesados e mal desenvolvidos (chapados), havendo perda da resistência da massa devido à ação negativa do congelamento sobre o glúten.

De acordo com GÉLINA (1993), os volumes dos pães não podem servir como bons indicadores para a sobrevivência das leveduras após congelamento. Segundo se observa pelas curvas de produção de CO<sub>2</sub> da Figura 26, não existem grandes diferenças entre os volumes de CO<sub>2</sub> nas massas fermentadas depois do congelamento, porém as diferenças nos pães depois de assados apresentaram características visíveis neste quadro.

A estrutura interna como o miolo (Figura 30) se mostrou com maior leveza, mais agradável ao toque e com uma boa textura no T<sub>0</sub>, enquanto no T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> os miolos apresentaram uma tendência a produzirem alvéolos (cavidades) e aspecto menos agradável.

Estas características são citadas por RÄSÄNEN *et al.* (1995), onde seus experimentos mostraram que uma massa congelada com fermentação interrompida com menores tempos, de acordo com os estudos em microscópio, forma bolhas ao redor da densa camada na rede de glúten. Essas bolhas são menores e mais resistentes ao congelamento do que uma fermentação completa (100%) que forma grandes bolhas dentro da crosta, liberando mais CO<sub>2</sub> com a destruição da rede de glúten.

Outro fator observado nos estágios mais avançados de fermentação, refere-se ao consumo de açúcar pelas leveduras, que após o congelamento apresenta características deficientes no que se refere à coloração, tornando a crosta mais clara após o forneamento. INQUE *et al.* (1994), em suas pesquisas constataram que havia redução nos níveis de açúcar em ciclos de congelamento e descongelamento.

Nos pães congelados com fermentação avançada em apenas um ciclo de congelamento e descongelamento não foram notadas diferenças na coloração, pois mantiveram um aspecto característico de acordo com os padrões visuais.

Para HSU *et al.* (1979) o estado de dormência das leveduras, mantidas na massa congelada sem fermentação, seja a causa de uma melhor

estabilidade da massa e o congelamento se torne menos prejudicial às leveduras do que quando submetidas a uma fermentação prévia.

As massas congeladas sem fermentação e com 50% de crescimento resultaram em pães com melhores características. O tempo de pré-fermentação deve ser sempre considerado pois é um fator importante para a qualidade final do pão.

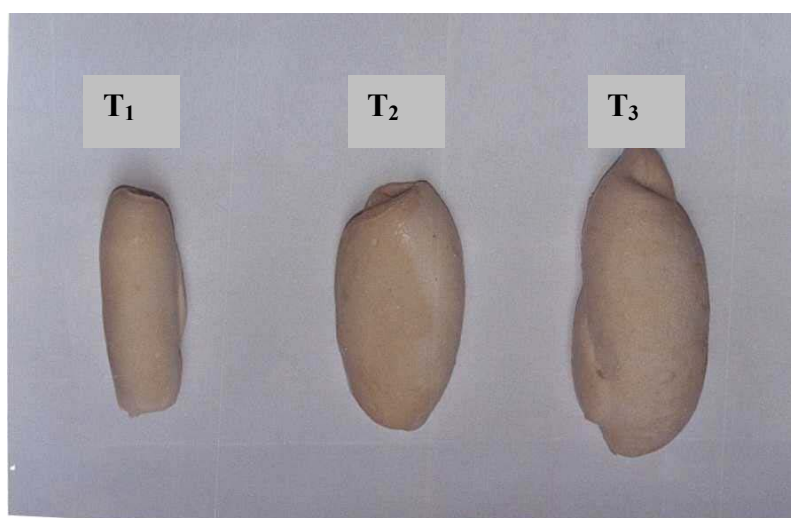


Figura 28 – Massas de pães após serem modeladas e congeladas em diferentes estágios de fermentação.



Figura 29 – Massas após assamento em diferentes estágios de fermentação:  $T_0$  (0%),  $T_1$  (50%) e  $T_2$  (100%).

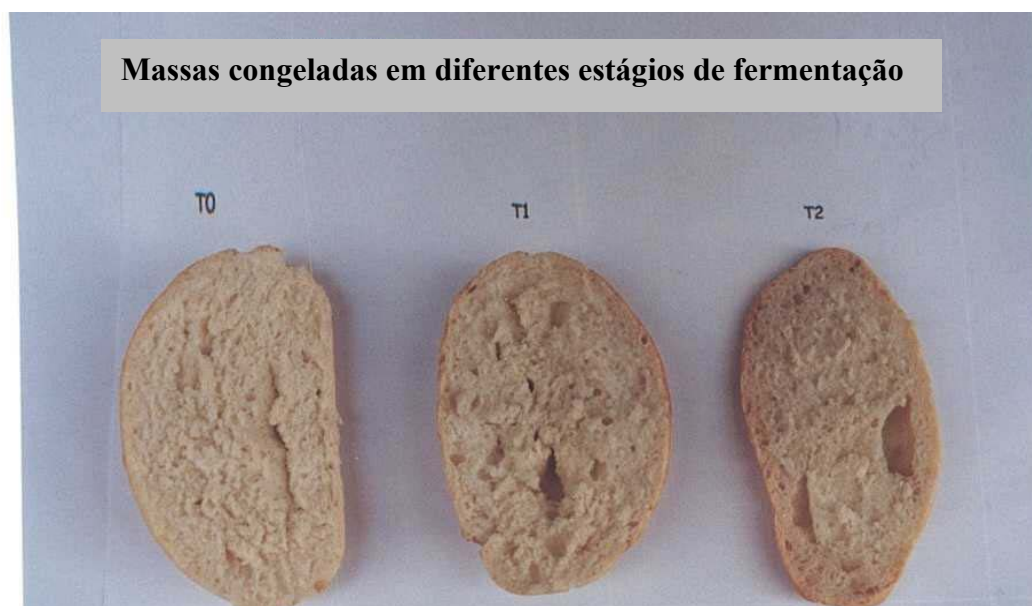


Figura 30 – Cortes dos pães da figura 29:  $T_0$  (0%),  $T_1$  (50%) e  $T_2$  (100%).

## 4.4 ..... EFEITOS DO TEMPO DE ESTOCAGEM EM MASSAS CONGELADAS

Foram estocadas massas congeladas (congelamento rápido – 40°C e lento a –20°C) durante 60 dias e analisado o nível de produção de CO<sub>2</sub> das leveduras, bem como suas características após o forneamento.

A Figura 31 apresenta o volume médio de CO<sub>2</sub> de três experimentos e a Figura 32 a velocidade de produção de CO<sub>2</sub> das massas congeladas à temperatura de – 40°C e estocada durante 60 dias. Os dados se encontram na Tabela do anexo 5. A Figura 33 apresenta o comparativo das análises de CO<sub>2</sub> das massas congeladas com 5 dias e 60 dias de estocagem.

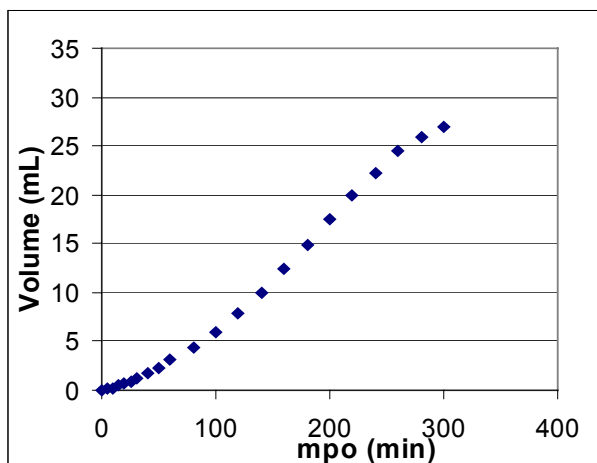


Figura 31 – Média acumulativa da produção de CO<sub>2</sub> em massas com 60 dias de estocagem (temperatura de – 40°C).

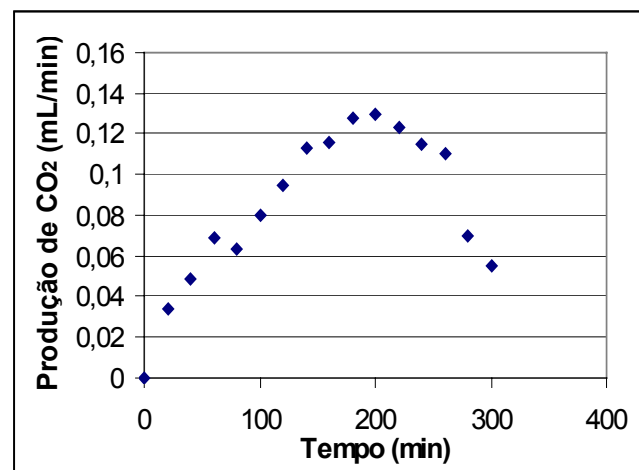


Figura 32 - Taxa de produção de CO<sub>2</sub> em massas com 60 dias de estocagem (temperatura de – 40°C).

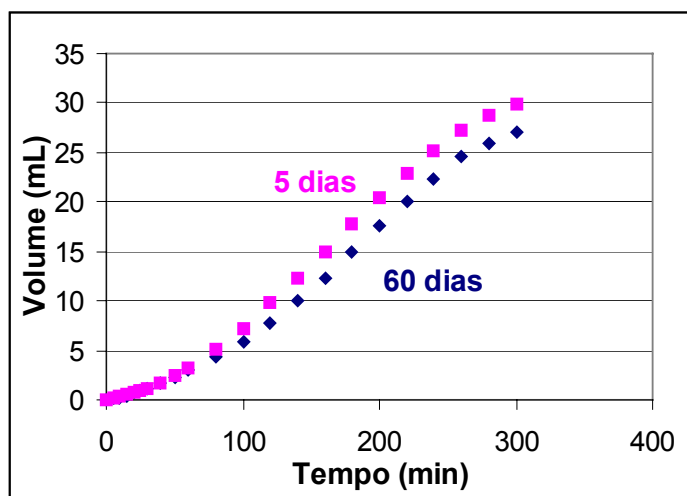


Figura 33 - Comparativo entre as curvas de 5 e 60 dias de estocagem no congelamento rápido (- 40°C).

Os resultados da fermentação da massa congelada no congelamento lento e estocada durante 60 dias, são apresentados nas Figuras 34 e 35 (Tabela do anexo 6) e o comparativo das curvas de estocagem na Figura 36.

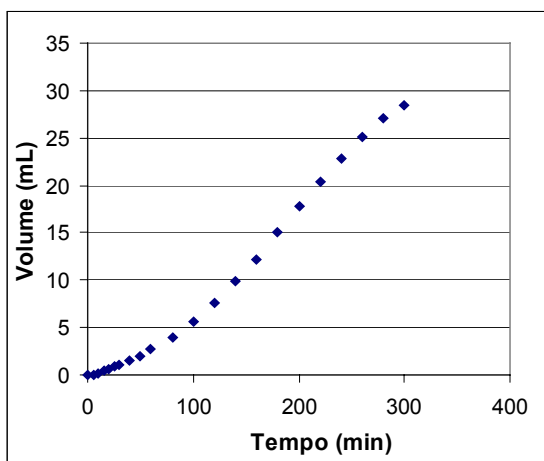


Figura 34 – Média acumulativa da produção de CO<sub>2</sub> em massas com 60 dias de estocagem (temperatura de -20°C).

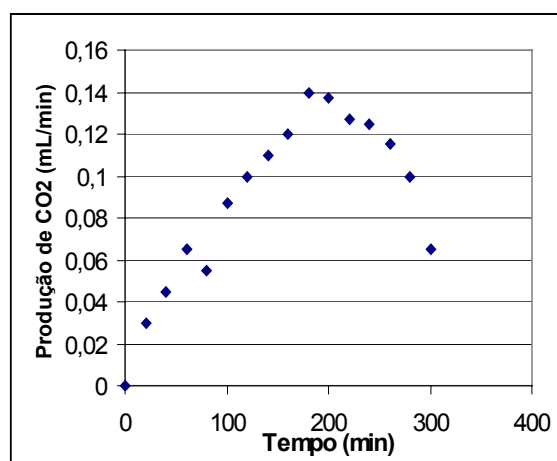


Figura 35 - Taxa de produção de CO<sub>2</sub> da Figura 34, em massas com 60 dias de estocagem (temperatura de -20°C).

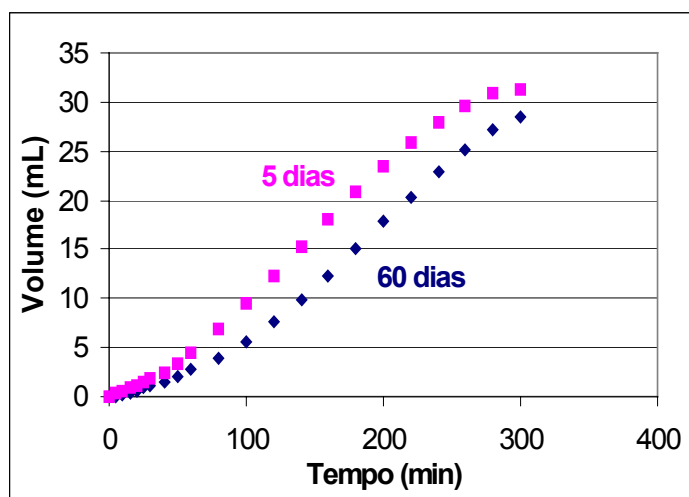


Figura 36 - Massas congeladas e estocadas (5 e 60 dias) à temperatura de -20°C.

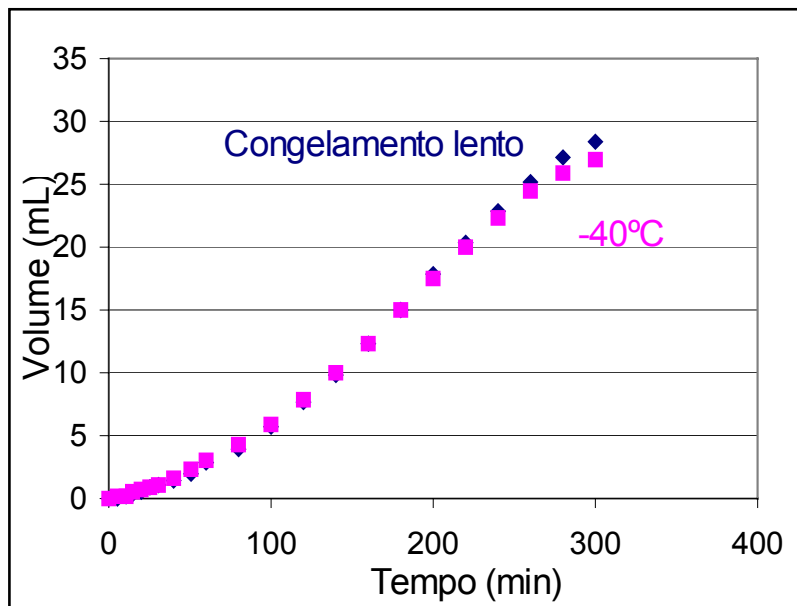


Figura 37 - Curvas do tempo de estocagem (60 dias) entre o congelamento à temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Foram estocadas massas congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $-40^{\circ}\text{C}$  durante 60 dias e verificado o nível de produção de  $\text{CO}_2$  das leveduras, e as características do pão após o forneamento.

Os gráficos das Figuras 33 e 36 de  $-40^{\circ}\text{C}$  e congelamento lento ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) nos mostraram, durante a estocagem, uma redução em volume não muito brusca, mas considerável em relação a viabilidade dos 5 primeiros dias.

Nessas comparações pode-se notar que a produção de  $\text{CO}_2$  das leveduras diminuiu em função do tempo de estocagem, sugerindo que durante este período, ocorreu maior destruição de leveduras durante o congelamento. A produção de  $\text{CO}_2$ , durante o congelamento lento, apresentou um volume acumulativo de 31,39 mL nos 5 primeiros dias, sendo este valor reduzido durante os 60 dias para 28,45 mL, uma diminuição percentual de 7,57%. A curva da Figura 35 indica uma produção de  $\text{CO}_2$  mais lenta até os 180 min, não se manteve constante e logo começou a diminuir.

A curva de  $-40^{\circ}\text{C}$  (Figura 32) atingiu sua máxima taxa de produção aproximadamente ao mesmo tempo (180 min) da massa analisada com 5 dias

de congelamento. Os pontos desta curva mostraram a mesma tendência durante os 300 min ao congelamento lento. Manteve um valor acumulativo de 27,06 mL com praticamente as mesmas diferenças percentuais ao congelamento lento, com diminuição de 7,19% da viabilidade da massa estocada por uma semana.

A diferença percentual da redução de produção de CO<sub>2</sub> durante o tempo de estocagem nos congelamentos de – 40°C e – 20°C foi de 0,38% (Figura 37). Esta diferença nos mostra que a quantidade de células que deixaram de produzir CO<sub>2</sub>, independente da temperatura de congelamento utilizada, ocorreu com praticamente a mesma intensidade durante o armazenamento.

Os efeitos adversos, sofridos pelas massas durante o tempo de estocagem, podem ser explicados através dos produtos da fermentação que podem resultar na inibição da fermentação e aumentar seus danos durante a estocagem. WOLT & D'APPOLONIA (1984) também verificaram que o aumento de compostos sulfídricos na massa durante a estocagem tem um efeito prejudicial sobre a reologia e cozimento da massa congelada (HINO *et al.*, 1987 *apud* WOLT & D'APPOLONIA (1984)).

O enfraquecimento das massas de pães que ocorre durante o período de estocagem resulta de reduções químicas dos grupos dissulfeto do glúten, através da redução de substâncias liberadas pelas células das leveduras mortas, que provocam a redução das proteínas do glúten (INQUE & BUSHUK, 1991 *apud* KLINE & SUGIHARA (1968), INQUE & BUSHUK, 1992).

Com o tempo de armazenamento da massa, notamos uma perda de qualidade dos pães. Podemos observar através da Figura 38, que uma diferença neste tempo de 20 para 60 dias resultou numa pequena redução no volume. Após assados não conseguem manter por muito tempo a estrutura firme, perdendo suas características em relação ao brilho e textura, sendo também alteradas suas características organolépticas.

Segundo BERGLUND *et al.* (1991), através de análise ao microscópio eletrônico, constatou-se que após estocagem a matriz do glúten parecia menos contínua, com mais ruptura e separadas dos grânulos de amido. Por causa da



matriz do glúten menos uniforme, retém-se pouco  $\text{CO}_2$  e essas características das estruturas podem ajudar a explicar a diminuição dos volumes dos pães.

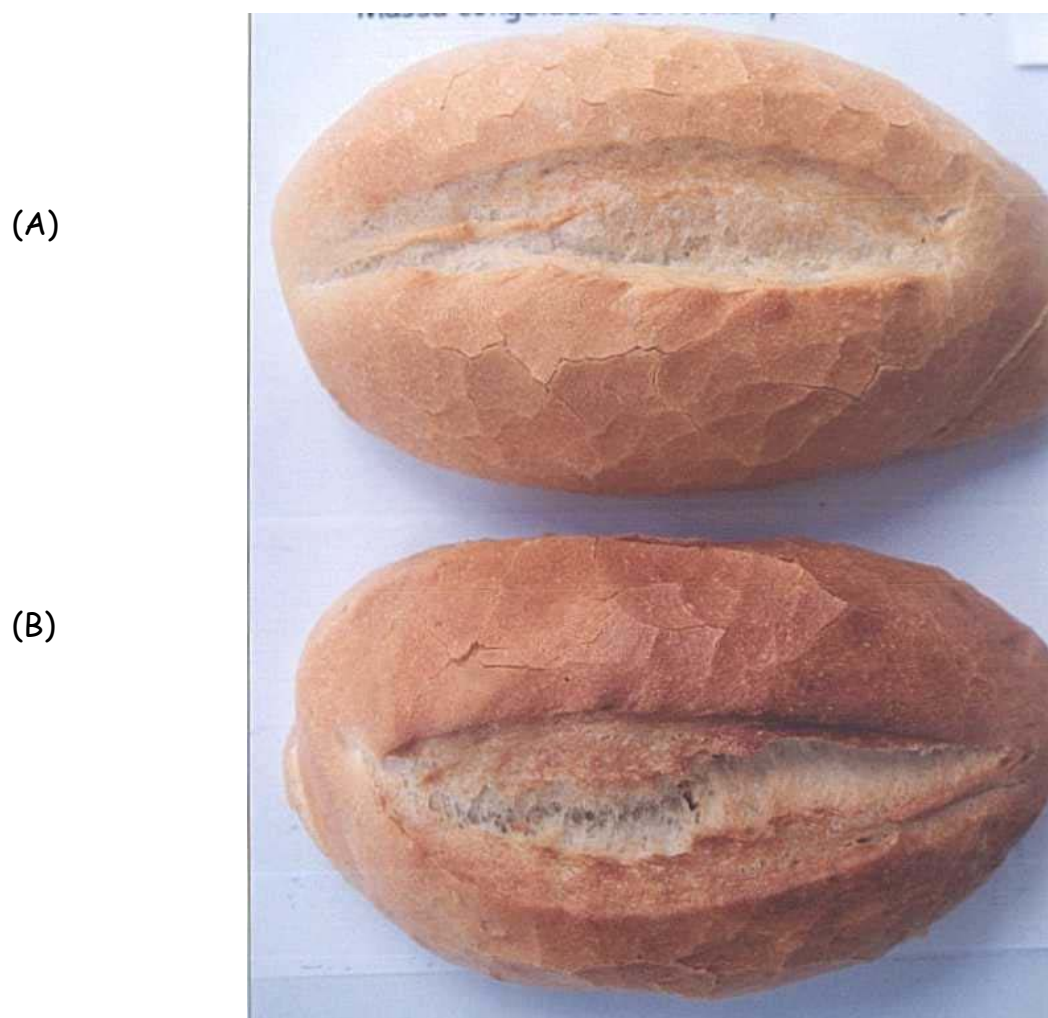


Figura 38 – Pães assados a partir de massa congelada com (A) 20 e (B) 60 dias de estocagem.

#### 4.5 INFLUÊNCIA DO TIPO DE DESCONGELAMENTO SOBRE AS MASSAS CONGELADAS NOS PÃES

Trabalhou-se com três diferentes temperaturas e UR, durante o descongelamento, para que fosse analisada a qualidade dos pães após forneamento. Estas temperaturas foram 32, 36 e 40°C. As massas testadas foram congeladas a – 40°C.

Não seria indicado trabalhar com pães após descongelamento à temperatura ambiente, sem tempo, temperatura e UR controlados, pois não foram obtidos bons resultados, sem este controle.

Após os pães serem submetidos a diferentes condições de descongelamento observou-se os seguintes resultados:

- Massas submetidas ao descongelamento à temperatura de  $40 \pm 1^\circ\text{C}$  com saturação de umidade, não tiveram bons resultados, devido ao ressecamento no produto final. A expansão da massa se tornou prejudicada, os cortes não tiveram boas aberturas e a casca ficou sem brilho, com poucas escamas, aspecto de pão velho (Figura 39).
- O processo a  $36 \pm 1^\circ\text{C}$  a 85% de UR, apresentou bons resultados, mas a  $30^\circ\text{C} (\pm 1)$  a 85% de UR, foram obtidos os melhores resultados devido à manutenção da umidade da crosta, sem ressecamento nem precipitação de umidade. Os pães apresentaram um bom volume, coloração, aspecto de crocância e boa abertura de pestana (Figura 40).

O uso do descongelamento nas massas de pães diretamente em câmaras já acionadas (sem prévio descongelamento à temperatura ambiente), apresentaram resultados satisfatórios nos produtos finais, além da redução do tempo de processo.



Figura 39 – Pães assados após descongelamento em câmara de 40°C.



Figura 40 – Pães assados após descongelamento em câmara de 30°C.

#### **4.6 EFEITOS DA COMPOSIÇÃO DA MASSA NA ESTABILIDADE DO CONGELAMENTO**

Nos pães congelados à temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ , foram usados dois tipos de fermento: 2,6% de fermento seco instantâneo e 4,5% de fermento fresco (essa relação de aumento deve existir pois o fermento fresco possui 70% de umidade em relação ao outro fermento).

Na Figura 42 é mostrado o aspecto dos pães, após descongelamento e nota-se que o desenvolvimento entre as amostras utilizando-se estes dois tipos de fermento, é similar. O volume dos pães manteve-se em bons níveis, coloração e corte. A levedura fresca apresenta ação mais rápida no início da fermentação devido, principalmente às condições industriais utilizadas na sua obtenção.

Contrário aos comentários de NEYRENEUF & VAN DER PLAAT (1991) onde verificaram que leveduras desidratadas apresentavam resultados inferiores comparadas com aquelas comprimidas. As condições de secagem provavelmente afetavam as estruturas e integridade funcional da membrana citoplasmática e aumenta a sensibilidade das leveduras secas no congelamento o que é também citados por (Kline and Sugihara, 1968; Javes, 1971; Wolt and D`Appolonia, 1984b).

Na massa onde se utilizou fermento seco instantâneo, adicionou-se inicialmente, 1,3% para os testes de viabilidade (produção de  $\text{CO}_2$ ) e foi duplicado para 2,6% do peso da farinha para melhorar o volume e textura dos pães, como recomendado por HSU et al. (1979), que utilizara quantidades de leveduras superiores à empregada no processo convencional.

De acordo com os resultados apresentados após assamento dos pães, foi considerado fundamental o aumento na quantidade de leveduras para compensar as perdas durante o congelamento.

A quantidade de leveduras utilizadas, foi o suficiente para se obter resultados satisfatórios em relação ao volume do pão (Figura 41) sem apresentar efeitos negativos no sabor e odor.

O bom desempenho da levedura após descongelamento, depende da qualidade da mesma. Nos experimentos, foi utilizado fermento da marca Fleischmann, com uma concentração de proteína em torno de 47%. Esta quantidade de proteína é inferior ao recomendado para as massas congeladas, onde é sugerido o uso de leveduras com um conteúdo protéico não inferior a 57%.

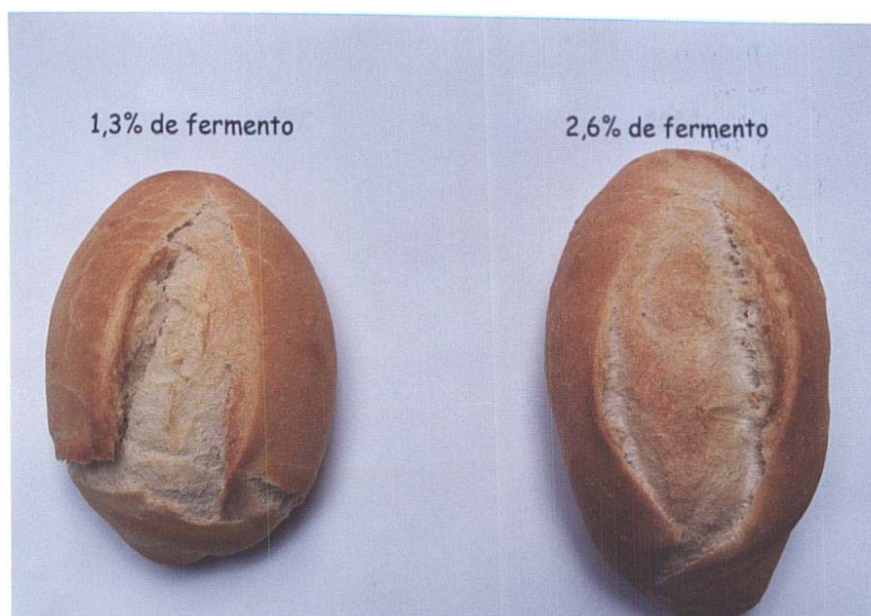


Figura 41 – Pães assados com 1,3% e 2,6% de fermento seco instantâneo.

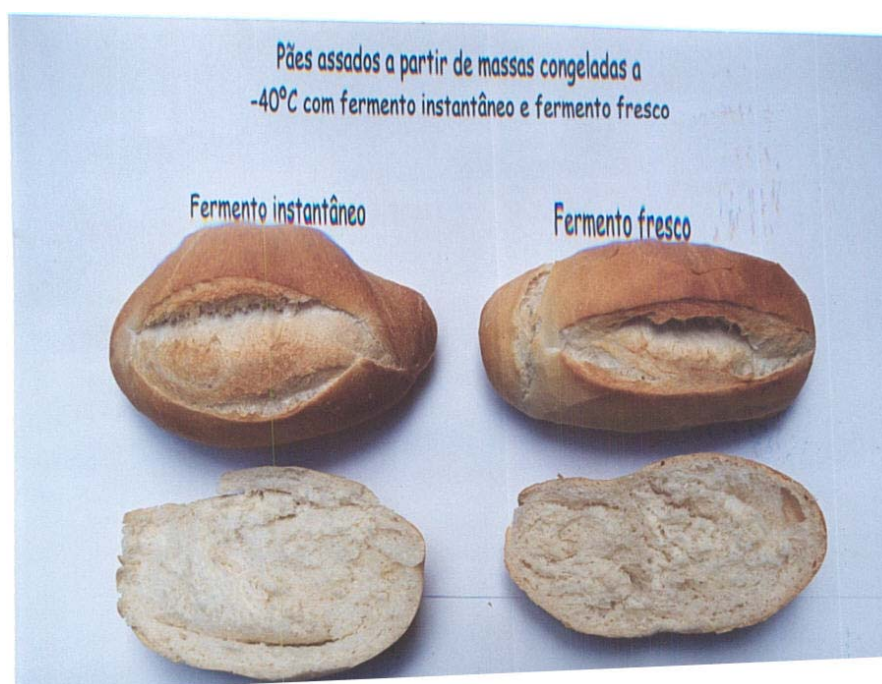


Figura 42 – Pães assados a partir de massas congeladas com fermento seco e fermento fresco.

#### 4.7 PLAQUEAMENTO

Testes de plaqueamento confirmaram o observado nos testes de produção de  $\text{CO}_2$  ou seja uma redução de contagem de leveduras em massas descongeladas comparativamente à massa fresca.

As Tabelas 4, 5, 6 e 7 apresentam os resultados da contagem de placas, Unidades Formadoras de Colônias (UFC), após descongelamento das massas de pães, congeladas à temperatura de:  $-20^\circ\text{C}$ ,  $-40^\circ\text{C}$ ,  $-80^\circ\text{C}$  e massa fresca.

Tabela 4 – Contagens das placas com diluição  $1 \times 10^{-4}$  das massas de pães congeladas à temperatura de  $-20^\circ\text{C}$ .

PLACAS	CONTAGEM
1. <sup>a</sup>	221
2. <sup>a</sup>	140
3. <sup>a</sup>	220

MA= 193,6

UFC=  $1,9 \times 10^6$

Tabela 5 – Contagens das placas com diluição  $1 \times 10^{-4}$  das massas de pães congeladas à temperatura de  $-40^\circ\text{C}$ .

PLACAS	CONTAGEM
1. <sup>a</sup>	111
2. <sup>a</sup>	49
3. <sup>a</sup>	52

MA= 70,33

UFC=  $7 \times 10^5$

Tabela 6 – Contagens das placas com diluição  $1 \times 10^{-3}$  das massas de pães congeladas à temperatura de  $-80^\circ\text{C}$ .

PLACAS	CONTAGEM
1. <sup>a</sup>	98
2. <sup>a</sup>	73
3. <sup>a</sup>	78

MA= 83

UFC=  $8,3 \times 10^4$

Tabela 7 – Contagens das placas com diluição  $1 \times 10^{-5}$  das massas frescas.

PLACAS	CONTAGEM
1. <sup>a</sup>	47
2. <sup>a</sup>	150
3. <sup>a</sup>	93

MA = 97

UFC =  $9,7 \times 10^6$

## Danos das células das leveduras associados ao congelamento

De acordo com os resultados apresentados, diremos que a resistência das leveduras é bastante prejudicada a medida que a temperatura é reduzida. A ocorrência destes fatores geralmente são caracterizados devido as modificações nas propriedades das massas congeladas, confirmando as análises dos testes de produção de CO<sub>2</sub>, que apresentou redução na viabilidade das leveduras e a pequena capacidade de retenção de gás nas massas.

A baixa viabilidade das células no congelamento a temperaturas mais elevadas (menores taxas de congelamento) estão associadas a formação de cristais de gelo fora da células, levando a um aumento na concentração de solutos e a hiperosmose, causando danos nas membranas, redução do pH, redução do volume das células e seu encolhimento (desidratação) (MYERS & ATTFIELD, 1999).

Enquanto menores temperaturas causam mais injúria as leveduras, resultando na formação de cristais de gelo dentro das células, destruindo a organização interna das mesmas, parando ou modificando profundamente o metabolismo, o que pode provocar a morte das células.

### 4.8 EXTENSÓGRAFO

Os três tipos de massa (congelamento lento, a – 40°C e massa fresca), foram analisadas e comparadas entre si. Para a massa fresca a quantidade de fermento utilizado foi de 0,6% de fermento seco instantâneo, enquanto que para as massas congeladas (congelamento lento e a – 40°C) foram usados 1,3% do mesmo fermento.

Tabela 8- Resultado da análise do extensógrafo para massa a – 20°C.

Referência	Congelamento	
	lento	
Extensografia	15'	30'
Resistência a Extensão (U.B.)	300	440
Resistência Máx. à Extensão (U.B.)	310	460



Extensibilidade (cm)	85	62
Área (cm <sup>2</sup> )	35	30
Proporção (U.B./mm)	3,5	7,1

Tabela 9- Resultado da análise do extensógrafo para massa a – 40°C.

Referência	Congelamento rápido	
	15'	30'
Extensografia	15'	30'
Resistência a Extensão (U.B.)	320	330
Resistência Máx. à Extensão (U.B.)	360	480
Extensibilidade (cm)	94	59
Área (cm <sup>2</sup> )	37	30
Proporção (U.B./mm)	3,4	5,6

Tabela 10- Resultado da análise do extensógrafo para massa fresca.

Referência	Massa fresca	
	15'	30'
Extensografia	15'	30'
Resistência a Extensão (U.B.)	540	680
Resistência Máx. à Extensão (U.B.)	560	680
Extensibilidade (cm)	88	62
Área (cm <sup>2</sup> )	66	56
Proporção (U.B./mm)	6,1	11,0

Somente foram considerados os dois primeiros tempos de descanso 15 e 30 minutos.

A “força” da massa é determinada pelo extensógrafo. A máxima resistência, como mostrado nas massas congeladas, diminuiu consideravelmente em relação à massa fresca. Nesta última foram obtidos valores compreendidos entre 560 e 680 (U.B), indicando estruturas mais frágeis, podendo resultar em pães com volumes menores em relação à massa fresca. Este tipo de medida permite modificações na composição melhorando as condições da massa.

QUALIA, (1991) indica uma relação comparativa para análise de farinhas (farinhas, água, aditivos). Quando R/E (relação entre resistência e extensibilidade) estiver situado entre 0,5 e 1,0 consideramos uma massa ótima; 0,35 boa; 0,25 discreta; 0,10 inferior.

Verifica-se uma queda na qualidade da massa congelada e pode-se afirmar que à massa fresca apresentou melhores valores entre a resistência e a

extensibilidade (0,61 e 1,1 U.B/mm, encontrados na Tabela 10) enquanto as demais tiveram uma redução nestes valores (U.B/mm). As massas congeladas não obtiveram resultados indesejáveis, porém, com alterações devido aos danos do congelamento.

Também a área das massas congeladas apresentada pela curva do extensógrafo, podendo ser comparadas pelos gráficos do anexos 12, 13 e 14 e valores apresentados pelas Tabelas 8, 9 e 10 resultou menor, indicando a diminuição da força da farinha.

As diferenças entre a massa congelada a  $-40^{\circ}\text{C}$  e a de congelamento lento se mostraram pouco significantes de acordo com os dados das Tabelas 8 e 9. A massa com congelamento a  $-40^{\circ}\text{C}$  apesar de resultados favoráveis, teve suas características durante o processamento diferenciados, pois a massa para ser congelada neste experimento necessitou de transporte. Além disto, houve pequenas oscilações no ultracongelador, quando se trabalhou com temperatura na faixa de  $-50$  e  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Antes do congelamento notou-se que uma leve fermentação ocorreu na massa. Também pode ter ocorrido uma recristalização o que nos leva a deduzir que a massa teria uma qualidade superior aos resultados apresentados no extensograma, perante o congelamento lento.

BERGLUND, 1991 *apud* VARRIANO-MARSTON *et al.* (1980), observaram que as massas congeladas são capazes de resistir aos danos do congelamento, depois de uma rápida estocagem. Porém após ciclos de congelamento e descongelamento foi constatado o enfraquecimento da massa.

Nos estudos de INQUE *et al.* (1991 e 1992) constatou-se que a extensibilidade aumenta e a resistência diminui depois que uma massa sofre congelamento e descongelamento. Segundo suas pesquisas, a qualidade da massa congelada está mais relacionada com a força da farinha, do que com a perda da atividade das leveduras durante o armazenamento sob congelamento e recomendam o uso de farinhas com alta resistência à extensão e baixa extensibilidade, capazes de manter o bom desenvolvimento do volume do pão durante o assamento, mesmo perdendo parte de sua força intrínseca depois de submetida ao congelamento e descongelamento.

No mesmo trabalho, foi encontrada uma relação positiva entre a resistência máxima no extensógrafo e o volume do pão. Foi ressaltado que a farinha considerada muito forte para a produção de massa convencional deve ser adequada para a massa congelada.

Fatores influenciaram para as mudanças ocorridas, nas massas durante o congelamento como alterações na estrutura do glúten enfraquecendo a massa, através da cristalização ou como citado por HOSENEY (1991) o fato das leveduras influenciarem nas propriedades reológicas e na relação de extensão, podendo alterar o comportamento da massa.

Verifica-se que é possível, a partir dos resultados obtidos, reforçar a estrutura da massa através de aditivos ou aumentando a quantidade do glúten que aumentaria a força e resultaria em pães com maiores volumes e massas mais estruturadas.

#### 4.9 ANÁLISE SENSORIAL

Três tipos de amostras foram utilizadas nos testes: congelamento à temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $-40^{\circ}\text{C}$  com 2,6% de fermento seco instantâneo e 4,5% de fermento fresco. As análises foram feitas a cada 20 dias, desde o congelamento inicial até os 60 dias de armazenamento. Todos os três tipos de pães deveriam apresentar as características de um pão fresco, aceitável ao consumidor. Para todo o processamento dos pães foi aplicada a mesma metodologia, procurando, assim, evitar alterações que pudessem através do processamento, influenciar nas respostas dos painelistas.

O valor de F indicado nas tabelas para os testes foi de 3,49 para  $\alpha = 0,05$  e 5,95 para  $\alpha = 0,01$ . Valores de F encontrados iguais ou maiores que o tabelado indicam que haviam diferenças significativas entre as amostras.

Foram avaliados: cor do miolo, aparência da crosta (bolhas, escamas, pestana), volume, sabor (ácido, fermentado), textura da crosta (maciez, consistência, crocância) e cor da crosta (opacidade, brilho).

Nas Tabelas abaixo observam-se os resultados das análises de variância para as características dos pães.

## Cor do miolo

Tabela 11 - Avaliação da cor do miolo para pães provenientes de três temperaturas de congelamento.

## A – Fermento instantâneo (– 20°C)

Causas Da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Amostras	3	0,018	0,006	0,01
Provadores	4	0,48	0,12	
Resíduo	12	5,39	0,449	
Total	19	5,88	0,30	

## B - Fermento fresco (– 40°C)

Causas Da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Amostras	3	0,028	0,009	0,12
Provadores	4	0,41	0,10	
Resíduo	12	0,07	0,07	
Total	19	1,28	0,06	

## C - Fermento instantâneo (– 40°C)

Causas Da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Amostras	3	1,41	0,47	2,35
Provadores	4	0,74	0,18	
Resíduo	12	2,49	0,20	
Total	19	4,64	0,24	

## D – Cor creme

Amostra⇒	0	20	40	60
Média das amostras				
F.I (– 20°C)	0,3 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>
F.F (– 40°C)	0,24 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>
F.I (– 40°C)	0,79 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
Ideal	0	0	0	0

\* Médias seguidas por letras iguais indicam não haver diferenças significativas entre as amostras.

\*F.F – fermento fresco

\*F.I – fermento instantâneo

Tabela 12 - Avaliação das cores do miolo.

Causas Da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Amostras	3	0	0	0
Provadores	4	0	0	
Resíduo	12	0	0	
Total	19	0	0	

As amostras de pães, desde o congelamento inicial e após 60 dias, não apresentaram alterações na coloração, mantendo um padrão. Nenhuma presença de pontos azulados, cinzas ou pretos que poderiam ser causados por farinha envelhecida, com fungos, sujidades, ou ainda por fermentos velhos ou ácidos, foi detectado nos pães.

A cor branco creme é a cor original do miolo.

Obs: Para as demais características abaixo citadas, as Tabelas com as apresentações dos dados de G.L, S.Q, Q.M e F para os três tipos de pães estão apresentadas no anexo 10.

#### Aparência da crosta

Tabela 13 - Avaliação da característica da crosta - **Bolhas**

Amostra⇒	0	20	40	60
Média das amostras				
F.I (- 20°C)	8,42 <sup>a</sup>	8,18 <sup>a</sup>	8,56 <sup>a</sup>	8,82 <sup>a</sup>
F.F (- 40°C)	7,66 <sup>a</sup>	6,98 <sup>a</sup>	8,46 <sup>a</sup>	7,22 <sup>a</sup>
F.I (- 40°C)	6,8 <sup>a</sup>	8,12 <sup>a</sup>	6,86 <sup>a</sup>	7,96 <sup>a</sup>
Ideal	9,0	9,0	9,0	9,0

\* Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, indicam não haver diferenças significativas entre as amostras.

As bolhas se apresentam na crosta. Podem aparecer como bolhas grandes (Figura 43) ou embrionárias de aspecto esbranquiçado. Na escala utilizada o ideal seria a completa ausência (9 cm).

Nas três amostras de pães não houve diferenças significativas entre as amostras, notou-se a presença de minúsculas bolhinhas, quase imperceptíveis em alguns pães, como também se encontram nos pães frescos. Este problema pode advir da farinha ou amassamento intensivo (menos provável), excesso de vapor d'água no forneamento (atmosfera úmida que propicia o aparecimento deste defeito), massas com excesso de umidade, etc. O uso de câmara de controle de fermentação no período que antecede ao forno também pode levar à manifestação desta característica. (KLIMAQUIP, s/a).

Quando as bolhas forem grandes, causando aspecto de rejeição ao produto, este problema deve ser corrigido. Porém, no presente estudo, as bolhinhas não possuem aspecto comprometedor, e os pães foram considerados aceitáveis.

Tabela 14 - Avaliação das características da crosta - **Escamas**

Amostra⇒	0	20	40	60
Média das amostras				
F.I (- 20°C)	3,12 <sup>a</sup>	5,52 <sup>ab</sup>	7,62 <sup>b</sup>	7,82 <sup>b</sup>
F.F (- 40°C)	4,7 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>	7,14 <sup>b</sup>	8,26 <sup>b</sup>
F.I (- 40°C)	5,52 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	7,9 <sup>a</sup>	7,2 <sup>a</sup>
Ideal	5,0	5,0	5,0	5,0

\* ab – Médias na mesma linha com diferentes notações apresentam diferenças entre as amostras.

As escamas são resultados da fragilidade da crosta. O crescimento do volume do pão, torna a crosta mais fina, e os efeitos do choque térmico que o pão sofre na saída do forno ocasionam rachaduras e certa escamação (Figura 44). Nos pães congelados deve ser evitado uma dessecação da crosta durante o descongelamento.

A aparência das escamas não é considerada pelo consumidor como um defeito, pois o pão se apresenta fresco e crocante. Na escala da análise de 0 (presença) e 9 cm (ausência) a presença de escamas considerada ideal foi pontuada como 5 cm.

Diferenças significativas foram identificadas pela equipe sensorial, de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 1% para os pães de congelamento lento e fermento fresco.

No congelamento lento houve diferença entre as amostras do tempo 0 (média 3,12) que se mostrou mais escamoso, que as amostras nos tempos 40 e 60 dias. No fermento fresco ( $-40^{\circ}\text{C}$ ) também houve diferença entre o tempo 0 e 20 dias (média de 4,7 e 4,6) para as demais amostras. No fermento instantâneo não houve diferença entre os tempos, mas mostraram que a crosta dos pães apresentou-se mais lisa e sem aspecto de crocância com a estocagem.

Observando-se as médias, todos os três tipos de pães, apresentaram inicialmente, uma crosta mais quebradiça, tornando o aspecto do pão mais aceitável. Já no decorrer do armazenamento, as escamas ficaram menos visíveis e o pão com a crosta mais lisa.

### Aparência da pestana

Tabela 15 - Avaliação das características da crosta – **Pestana**

Amostra⇒	0	20	40	60
Média das amostras				
F.I ( $-20^{\circ}\text{C}$ )	2,9 <sup>a</sup>	5,6 <sup>ab</sup>	6,5 <sup>b</sup>	6,6 <sup>b</sup>
F.F ( $-40^{\circ}\text{C}$ )	3,5 <sup>a</sup>	4,8 <sup>ab</sup>	6,2 <sup>b</sup>	6,7 <sup>b</sup>
F.I ( $-40^{\circ}\text{C}$ )	3,8 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>
Ideal	5,0	5,0	5,0	5,0

\* ab – Médias na mesma linha com diferentes notações apresentam diferenças entre as amostras.

A aparência da pestana foi representada na escala como: 0 (pestana muito aberta) à 9 cm (ausência de pestana). O aparecimento irregular ou ausência completa de pestanas decorrente das incisões, prejudica fortemente o aspecto exterior do pão. O ideal para abertura da pestana foi considerado 4 cm na escala, tendendo a uma abertura maior.

Os resultados das análises nos quatro tempos mostraram que as diferenças significativas entre o congelamento lento e fermento fresco apresentaram um valor de F maior do que o F5% tabelado. Os pães no tempo 0 tiveram pestanas mais abertas do que os pães de 40 e 60 dias.

Nos pães a – 40°C com fermento instantâneo não houve diferenças significativas entre as amostras. A comparação entre as médias mostrou boa aparência das pestanas no decorrer do tempo. Os pães apresentaram uma média aceitável nas análises, sendo as melhores aberturas de pestanas no tempo 0 (após o congelamento). O restante, apesar das diferenças, apresentou uma tendência de pestanas com cortes mais fechados aos 60 dias. Esta característica não chega a ser considerada um defeito, não caracterizando um “pão careca” (Figura 45). Um mau corte da massa, antes do assamento, também pode prejudicar o aspecto do pão.

## Volume

Tabela 16 – Avaliação do volume dos pães.

Amostra⇒	0	20	40	60
Média das amostras				
F.I (– 20°C)	5,2 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>
F.F (– 40°C)	5,8 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>	5,3 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>
F.I (– 40°C)	4,74 <sup>a</sup>	4,12 <sup>a</sup>	3,96 <sup>a</sup>	3,62 <sup>a</sup>
Ideal	6,5	6,5	6,5	6,5

\* Médias seguidas por letras iguais indicam não haver diferenças significativas entre as amostras.

Os pães podem se apresentar mal desenvolvidos e pesados sendo inferiores à média. Farinhas provenientes de trigos muito fracos e pobres em glúten, pães pouco fermentados ou fermentados em demasia quando postos no forno, apresentam problemas com volume (KLIMAQUIP, s/a).

Os pães durante as análises não apresentaram diferenças significativas durante os 60 dias, em relação ao volume. Comparando a média obtida nos resultados com a pontuação ideal (6 cm), os pães apresentaram menores volumes comparados ao padrão, desde a amostra 0. Com o tempo de estocagem, 60 dias, este volume tendeu a reduzir um pouco mais, para todas as amostras.



Os pães feitos com fermento fresco apresentaram notas melhores, e se mantiveram durante a estocagem com uma menor diferenciação entre os tempos.

## Sabor

O sabor do pão é considerado o mais importante de suas características organolépticas. Aqui foi analisado o gosto (ácido e fermentado), onde se verificou prováveis mudanças ocorridas nos pães, durante o armazenamento. Podem estas alterações ocorridas, serem provenientes da farinha, excesso de fermento, culturas velhas ou ácidas ou ainda agentes oxidantes que possam alterar o odor.

Tabela 17 - Avaliação do sabor - **Ácido**

Amostra⇒	0	20	40	60
Média das amostras				
F.I (- 20°C)	8,04 <sup>a</sup>	7,34 <sup>a</sup>	7,52 <sup>a</sup>	7,36 <sup>a</sup>
F.F (- 40°C)	8,34 <sup>a</sup>	8,26 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>	6,54 <sup>a</sup>
F.I (- 40°C)	8,44 <sup>a</sup>	7,4 <sup>a</sup>	7,38 <sup>a</sup>	7,22 <sup>a</sup>
Ideal	8,0	8,0	8,0	8,0

\* Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, indicam não haver diferenças significativas entre as amostras.

O gosto ácido nas amostras manteve um padrão aceitável durante a estocagem, não apresentando diferenças.

Tabela 18 – Avaliação do sabor - **Fermentado**

### D - Fermentado

Amostra⇒	0	20	40	60
Média das amostras				
F.I (- 20°C)	7,82 <sup>a</sup>	7,0 <sup>ab</sup>	6,90 <sup>ab</sup>	4,72 <sup>b</sup>
F.F (- 40°C)	7,90 <sup>a</sup>	6,48 <sup>a</sup>	6,86 <sup>a</sup>	5,52 <sup>a</sup>
F.I (- 40°C)	8 <sup>a</sup>	6,84 <sup>a</sup>	6,22 <sup>a</sup>	5,32 <sup>a</sup>
Ideal	9,0	9,0	9,0	9,0

Os pães, diante da avaliação do sabor fermentado, apresentaram um aumento desta característica no decorrer das análises. O congelamento lento

indicou uma diferença maior entre os tempos 0 e 60 dias apresentados pelo teste de Tukey de 7,82 para 4,72. Já as demais amostras não apresentaram diferenças, apesar de indicarem mudanças no sabor com o tempo de estocagem. Estas alterações podem ser decorrentes ao acréscimo de fermentos usados nos pães congelados.

### Textura da crosta

Tabela 19 – Avaliação da textura da crosta - **Maciez**

Amostra⇒	0	20	40	60
Média das amostras				
F.I (- 20°C)	6,76 <sup>a</sup>	6,54 <sup>a</sup>	6,6 <sup>a</sup>	4,32 <sup>a</sup>
F.F (- 40°C)	6,15 <sup>a</sup>	6,32 <sup>a</sup>	4,26 <sup>a</sup>	3,96 <sup>a</sup>
F.I (- 40°C)	6,3 <sup>a</sup>	5,78 <sup>a</sup>	6,3 <sup>a</sup>	3,76 <sup>a</sup>
Ideal	6,0	6,0	6,0	6,0

\* Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, indicam não haver diferenças significativas entre as amostras.

Tabela 20 – Avaliação da textura da crosta - **Consistência**

Amostra⇒	0	20	40	60
Média das amostras				
F.I (- 20°C)	6,08 <sup>a</sup>	6,06 <sup>a</sup>	4,74 <sup>a</sup>	3,32 <sup>a</sup>
F.F (- 40°C)	5,76 <sup>a</sup>	5,02 <sup>a</sup>	5,34 <sup>a</sup>	5,16 <sup>a</sup>
F.I (- 40°C)	6 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>	3,92 <sup>a</sup>	3,56 <sup>a</sup>
Ideal	5,0	5,0	5,0	5,0

\* Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, indicam não haver diferenças significativas entre as amostras.

Não foram observadas diferenças entre as amostras no quesito maciez e consistência, mas houve uma tendência, com o tempo de estocagem, de perda de qualidade. Isto evidencia, os feitos danosos da ação prolongada do frio sobre a massa.

Tabela 21 – Avaliação da textura da crosta - **Crocância**

Amostra⇒	0	20	40	60
Média das amostras				
F.I (- 20°C)	6,02 <sup>a</sup>	3,88 <sup>ab</sup>	2,82 <sup>ab</sup>	0,72 <sup>b</sup>
F.F (- 40°C)	6,2 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>	1,88 <sup>b</sup>	1,36 <sup>b</sup>

F.I (- 40°C)	5,84 <sup>a</sup>	3,12 <sup>ab</sup>	2,44 <sup>b</sup>	2,56 <sup>b</sup>
Ideal	6,0	6,0	6,0	6,0

\* ab – Médias na mesma linha com diferentes notações são estatisticamente diferentes.

A crocância foi uma característica que teve mudança bem notável para os julgadores. Os pães após saírem do forno apresentavam bom aspecto, mas ao tempo de fazer as análises já se mostravam com aparência de pouca firmeza.

Todos os pães tiveram diferenciações, com aplicação do teste de Tukey. No congelamento lento esta diferença foi apresentada pelos pães nos tempos 0 e 60 dias (6,02 para 0,72). No fermento fresco e seco pelo tempo 0 em relação aos 40 e 60 dias. Com o decorrer das análises os pães foram apresentando aspectos mais elásticos, borrachudos e menos saborosos.

### Cor da crosta

Tabela 22 – Avaliação das características da cor da crosta – **Opacidade**

Amostra⇒	0	20	40	60
Média da amostras				
F.I (- 20°C)	1,26 <sup>a</sup>	3,22 <sup>a</sup>	2,78 <sup>a</sup>	5,46 <sup>a</sup>
F.F (- 40°C)	1,88 <sup>a</sup>	2,76 <sup>a</sup>	2,88 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>
F.I (- 40°C)	3,12 <sup>a</sup>	4,18 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	5,22 <sup>a</sup>
Amostra Ideal	2,0	2,0	2,0	2,0

\* Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, indicam não haver diferenças significativas entre as amostras.

Uma crosta opaca significa um pão com aparência de ressecado. A escala representa: 0 (pouco opaco) e 9 cm ( muito opaco) e o ideal ficou com uma pontuação de 2 cm, considerando um valor ideal para os níveis de aceitação.

Nenhuma amostra teve diferenças significantes entre os tempos, porém analisando a média nota-se que o tempo 0 teve melhores resultados e com a estocagem sob congelamento, a opacidade manteve um aumento gradativo.

Tabela 23 – Avaliação das características da cor da crosta - **Brilho**

Amostra⇒	0	20	40	60
Média da amostras				
F.I (- 20°C)	6,2 <sup>a</sup>	3 <sup>ab</sup>	3,5 <sup>ab</sup>	1,75 <sup>b</sup>
F.F (- 40°C)	5,9 <sup>a</sup>	2,76 <sup>a</sup>	2,88 <sup>a</sup>	1,88 <sup>a</sup>
F.I (- 40°C)	4,82 <sup>a</sup>	3,36 <sup>a</sup>	4,12 <sup>a</sup>	2,82 <sup>a</sup>
Amostra Ideal	7,0	7,0	7,0	7,0

\* ab – Médias na mesma linha com diferentes notações são estatisticamente diferentes.

Uma crosta com um determinado brilho torna o pão atraente. Na escala foi considerado o ponto 7 cm como ideal para um pão ser bem aceito. No congelamento lento houve diferenças significantes entre as amostras nos tempos 0 e 60 dias, pois o pão se mostrou mais fosco, com perdas da característica original. Nos pães cuja massa foi congelada a - 40°C e onde se utilizaram fermento fresco e fermento instantâneo não houve diferenças significativas entre as amostras. Porém como observamos, às médias, tiveram uma redução na pontuação, indicando a perda maior desta característica nas amostra 60.

Todas as amostras, com exceção da cor, que não apresentou alterações visíveis durante as análises, indicaram alterações com o armazenamento. As características tanto pelo julgamento visual como degustativo, mostraram a tendência dos pães, depois de 20 dias de congelamento, a perderem suas qualidades, tornando-se assim menos apreciados.

As melhores notas foram apresentadas ao tempo 0 (após congelamento), que mantiveram melhor o produto sem maiores alterações e mais próximo ao padrão estabelecido. O congelamento lento por sua vez, se mostrou sujeito a maiores alterações durante o decorrer dos testes sensoriais.



Figura 43 – Característica da crosta – Bolhas.



Figura 44 – Característica de um bom corte (pestanda), aparência de crocância e volume.



Figura 45 – Pão com ausência de pestana “pão careca”.

## 5. CONCLUSÕES

- A temperatura de congelamento da massa deve ficar em torno de  $-40^{\circ}\text{C}$ , temperaturas inferiores resultam em um produto final de baixa qualidade e temperaturas superiores também causam danos à estrutura da massa.
- O tempo de pré-fermentação nas massas congeladas é um fator importante para o alcance de um bom resultado. Analisando o presente trabalho verificamos que massas congeladas sem fermentação e após fermentação com 50% de crescimento, resultaram em pães com boas características e aqueles congelados com fermentação completa, com características não desejáveis. Assim, pode-se concluir que a massa deve ser congelada antes do início da fermentação ou no decorrer do seu desenvolvimento. O congelamento das massas antes da fermentação também oferece vantagem por ocupar menor espaço durante a estocagem (freezer) e no transporte.
- O descongelamento das massas deve ser feito em câmara com temperatura aproximada de  $30^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de 85%.
- As massas podem permanecer estocadas à temperaturas de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Com o tempo de armazenamento verificou-se uma perda da qualidade apresentada pelos pães. Após 60 dias de estocagem, o pão derivado desta massa congelada apresentou redução de volume. Após assados, não conseguem manter por muitas horas uma textura firme.
- De acordo com a análise sensorial, os melhores resultados foram obtidos nos primeiros 20 dias de estocagem da massa, sofrendo maiores alterações até os 60 dias.
- O poder fermentativo das leveduras, após descongelamento da massa, se reduziu considerando a produção de  $\text{CO}_2$ . Quanto menor a temperatura, maior a taxa de mortalidade. Este fato também foi observado pela resistência das leveduras através do plaqueamento.
- Os dados apresentados pelo extensógrafo, indicaram um enfraquecimento nas massas após congelamento.

- A utilização do congelamento nas massas de pães, se bem aplicados, pode trazer ganhos para a indústria, tanto na racionalização da produção quanto dos custos. O processo possibilita às empresas, a centralização da produção com um melhor controle de qualidade e com aproveitamento da mão de obra. O congelamento traz à panificação a possibilidade de trabalhar com estoques de produção, caso improvável nos processos convencionais e cria condições para que uma padaria possa expandir-se com pontos de vendas mais econômicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, A. Processos atuais de panificação: Problemas de processamento e uso de aditivos. QUARTO SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. São Paulo, **Anais...** Campinas – SP, 21 a 25 nov. 1982.
- ALEXOPOULOS, C.J. & MIMS, C.W. **Introducción a la micología**. Barcelona, 1985. 638p. ISBN: 84-282-0747-X
- ARAUJO, S.M., **Tecnologia de panificação**, 2 ed. Rio de Janeiro, 1987.
- AUTIO.K., SINDA, E. Frozen doughs: rheological changes and yeast viability. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 69, n. 4, p. 409-413, 1992.
- AUTRAN, J.C. Soft Wheat: View from France. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 34, n. 9, p. 667-676, 1989.
- BARTNICKI-GARCIA, S. 1973. Cell wall composition and other biochemical markers in fungal phylogeny. Pp. 81-103. In J. B. Harborne (ed.), **Phytochemical Phylogeny**. Academic Press, New York.
- BARUFFALDI, R., OLIVEIRA, M.N. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**, São Paulo; Atheneu, v. 3. 1998.
- BERGLUND, P.T., SHELTON, D.R., FREEMAN, T.P. Comparison of two sample preparation procedures for low-temperature scanning electron microscopy of frozen bread dough. **Cereal Chemistry**. v. 67, p. 139. 1990
- BERGLUND, P.T., SHELTON, D.R., FREEMAN, T.P. Frozen bread dough ultra-structure as affected by duration of frozen storage and freeze-thaw cycles. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 68, n. 1, p. 105-107, 1991.
- BERGLUND, P.T., SHELTON, D.R. Effect of frozen storage duration on firming properties of breads baked from frozen doughs. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 38, n. 2, p. 89-90, 92-93, 1993.



- BRENNAN, J.G.; BUTTERS, J.R., COWELL, N.D., LILLY, A.E.V., **Las operaciones de la ingeniería de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza, España; Acríbia S.A. p. 540, 1980.
- BRUINSMA, B.L., GIESENSCHLAG, J. Frozen dough performance. Compressed yeast-instant dry yeast. **Bakers`Digest**, Kansas, v. 58, n. 6, p. 6-7, 11, 1984
- BRÜMMER, J.M., NEUMANN, H. Tiefhülung von vorgegarten Teiglingen für Weizenbrötchen. Getreid Mehl Brot v. 47, p. 25-29. 1993
- BUSIONE, A.R.U.J. Pão Tipo Francês – Tecnologia de processamento e principais matérias-primas usadas no fabrico. p.235-246 QUARTO SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. São Paulo, **Anais...** Campinas – SP, 21 a 25 nov. 1982.
- CAETANO, C. Tecnologia de congelamento: como, quando e por quê aplicar? **Revista Padaria 2000**. AnoVII, Edição 36, p. 32-45, Jan-Fev. 2000.
- CARLILE, M.Z.J. & WATKINSON, S.C. 1994. **The Fungi**. London, Acad. Press. 482p.
- CASTRO, I. **Revista padaria 2000**. Ano. IV. Edição 26 – Jun, 1998.
- CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H.; BESANÇON. P. **Introducción a la tecnología de los Alimentos**. v. II, Zaragoza, España: Acríbia S.A. 1983.
- COX, M. P. **Ultracongelacion de alimentos**. Zaragoza, España; Acribia, S.A, 1987.
- CZUCHAJOWSKA, Z.; PASZCZYŃSKA, B. Is wet gluten good for baking? **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 73, n. 4, p. 483-489, 1996.
- DAVIS, E.W. Shelf-life studies on frozen doughs. **Baker`s Digest**, Kansas, v. 55, n. 3, p. 12,13,16 ,1981.
- DEACON, J.W. **Modern Mycology**. London, Blackwell EUA. 3 ed. Science. p. 303, 1997.

- DEMARCHI, C. Cresce o consumo de massa congelada. **Gazeta Mercantil Latino-Americano**, 15 a 21 de janeiro. p. 31. 2001.
- Disponível em [www.geocities.com/](http://www.geocities.com/)
- FELLOWS, P. **Tecnologia del procesado de los alimentos: Principios y prácticas**. Zaragoza, Espanha: Acríbia S.A., ISBN. : 84-200-0748-X, 1994.
- FENNEMA, O.R, **Low-Temperature Preservation of Foods and Living Matter**, Ed. Marcel Dekker, Inc. NY, 1973.
- FERNANDES, F.A. Prática do congelamento. **Revista Padaria 2000**. Bíblia do panificador. Ano VI. Edição 34, p. 58, 1994.
- FLANDIN, J.L.; MONTANARI, M, **História da Alimentação**, 2 ed. São Paulo: Estação Liberdade, 1998. Pg. 885.
- FRANCISCHI, M.L.P. ORMENESE, R.C.S.C.; PIZZINATO, A tecnologia de produção de pães a partir de massas congeladas. **Bol. SBCTA**, v. 32, n. 2, p. 209-214. 1998.
- GÉLINAS, P., LAGIMONIÉRE, M., DUBORD, C. Baker's yeast sampling and frozen dough stability. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 70, n. 2, p. 219-225, 1993.
- GÉLINAS, P., DEAUDELIN, I., GRENIER, M. Frozen dough: effects of dough shape, water content, and sheeting-molding conditions. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 40, n. 3, p. 124-126, 1995.
- GÉLINAS, P., MCKINNON, C.M., LUKOW, O.M., TOWNLEY-SMITH, F. Rapid evaluation of frozen and fresh doughs involving stress conditions. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 73, n.6, p. 767-769, 1996.
- GRISWOLD, R.M. **Estudo Experimental dos Alimentos**. Rio de Janeiro: Edgar Blücher, 1972, 469p.
- GROSSKREUTZ, J.C. A lipoprotein model of wheat gluten structure. **Cereal Chemistry**, v. 38, p. 336-349, 1961.
- GUTKOSKI, L.C., ANTUNES, E.; ROMAN, T.I. Avaliação do grau de extração de farinhas de trigo e de milho em moinho tipo colonial. **B. CEPPA**. Curitiba, v. 17, n. 2, p. 154-166, jun-dez, 1999.

- HIMMELSTEIN, A. Enzyme treatment of flour. Will it help frozen and retarded dough? **Baker's Digest**, Kansas, v. 58, n. 5, p. 8,11-12, 1984.
- HINO, A., TAKANO, H., TANAKA, Y. New freeze-tolerant yeast for frozen dough preparations. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 64, n. 4, p. 269-275, 1987.
- HISSA, R. **Conselho Federal de Química – Informativo**, Ano XXX – Jun-Set. 2001.
- HOLMES, J.T., HOSENEY, R.C. Frozen dough: freezing and thawing rates and the potential of using a combination of yeast and chemical leavening. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 64, n. 4, p. 348-351, 1987.
- HOSENEY, C.R. **Principios de ciencia y tecnología de los cereales**. Zaragoza (España) p. 321, 1991.
- HSU, K.H., HOSENEY, R.C., SEIB, P.A. Frozen dough. I. Factors affecting stability of yeasted doughs. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 56, n. 5, p. 419-424, 1979.
- HSU, K.H., HOSENEY, R.C., SEIB, P.A. Frozen dough. II. Effects of freezing and storing conditions on the stability of yeasted doughs. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 56, n. 5, p. 424-426, 1979b.
- INQUE, Y., BUSHUK, W. Studies on frozen doughs. I. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and rheological properties. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 68, n. 6, p. 627-631, 1991
- INQUE, Y., BUSHUK, W. Studies on frozen doughs II. Flour quality requirements for bread production from frozen dough. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 69, n. 4, p. 423-428, 1992.
- INQUE, Y., SAPIRSTEIN, H.D., TAKAYANAGI, S., BUSHUK, W. Studies on frozen doughs. III. Factors involved in dough weakening during frozen storage and thaw-freezer cycles. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 71, n. 2, p. 118-121, 1994.

- INQUE, Y., SAPIRSTEIN, H.D., BUSHUK, W. Studies on frozen doughs. IV. Effect of shortening system on baking and rheological properties. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 72, n. 2, p. 221-226, 1995.
- JACKEL, S.S. frozen dough opportunities keep heating up. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 36, n. 6, p. 529, 1991.
- JAVES, R. The ingredients and the processes. Effect on shelf-life of frozen, unbaked yeast leavened dough. **Baker's Digest**. v. 45, n. 2, p. 56, 1971.
- KLIMAQUIP. **Guia informativo**. Aplicação do frio na panificação. s/a.
- KNIGHTLY, W.H. Surfactants in baked foods: current practice and future trends. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 33, n. 5, p. 405-412, 1988.
- KLINE, L., SUGIHARA, T.F. Factors affecting the stability of frozen bread doughs. I. Prepared by the straight dough method. **Baker's Digest**. v. 42, n.5, p. 44. 1968.
- LINKO, P.; KARHUNEN, A. Quality considerations in freezing of dough and baker products. In: Thermal processing and quality of foods. London: **Elsevier Applied Science Publishers**, p.745-749, 1984.
- LODDER, J. 1970. **The Yeasts** (2nd Edition). 1485 pp. North Holland Publishing Co., Amsterdam-London.
- MARSTON, P.E. Frozen dough for breadmaking. **Baker's Digest**, Kansas, v. 52, n. 5, p. 18-20, 37, 1978.
- MYERS, D.K. ATTFIELD, P.V. Intracellular concentration of exogenous glycerol in *Saccharomyces cerevisiae* provides for improved leavening of frozen sweet doughs. **Food Microbiology**, v. 16, p. 45-51, 1999
- MOINHOS LAGOMARSINO, **Boletim Informativo Técnico**, v. 3, ed. 3, mar/2000.
- NEYRENEUF, O. VAN DER PLAAT, J.B. Preparation of frozen French bread dough with improved stability. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 68, n. 1, p. 60-66, 1991.
- OURA, E., SUOMALAINEN, H., VISKARI, R. Breadmaking. p. 87-146 in: **Economical Microbiology**. v. 7, A. H. Rose, ed: Academic Press: Oxford. 1982.

- PIROLI, M. O estalar do pãozinho francês. **Valor Econômico**, São Paulo, Sexta-feira e fim de semana, 13, 14 e 15 de outubro de 2000. p. 30.
- POTTER, N.N. Cold preservation and processing. p. 201-245 in: *Food Science*, 4th ed. Van Nostrand Reinhold: New York. 1986.
- QUALIA, G. **Ciencia y tecnología de la panificación**. Zaragoza (Espanã). 1991. 485 p. ISBN 84-200-0718-8.
- RÄSÄNEN, J., HÄRKÖNEN, H., AUTIO, K. Freeze-thaw stability of prefermented frozen lean wheat doughs: effect of flour quality and fermentation time. **Cereal Chemistry**, St paul, v. 72, n. 6, p. 637-642, 1995.
- RÄSÄNEN, J., LAURIKAINEN, T., AUTIO, K. Fermentation stability and pore size distribution of frozen prefermented lean wheat doughs. **Cereal Chemistry**, St paul, v. 74, n. 1, p. 56-62, 1997.
- REED, G., PEPLER, H. *Yeast Technology*. Avi Publishing: Westport, CT. P. 103-164, 1973.
- REIS, F.M. **A utilização do frio alimentar**. s/a.
- SLUIMER, IR. P. Principles of dough retarding. **Baker's Digest**, Kansas, v. 55, n. 4, p. 6-8, 10, 1981.
- SILVA, R. Phospholipids as natural surfactants for the cereal industry. **Cereal Foods World**, St Paul, v. 35, n. 10, p. 1008-1012, 1990.
- TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A. **Análise Sensorial de Alimentos**; Florianópolis – SC; UFSC; 1987. 180p.
- VARRIANO MARSTON, E., NSU, K.H., MHADI, J. Rheological and structural changes in frozen dough. **Baker's Digest**. v. 54, n. 1, p. 32. 1980.
- VITTI, P. *Biotecnologia Industrial*, São Paulo, Ed: Edgard Blücher Ltda, v.4, 2001.
- WATANABE, E., BENASSI, T.V. O uso de massa congelada na produção de pão. **B. CEPPA**. Curitiba, v. 18, n. 1, p. 72-84, jan-jun, 2000.
- WOLT, M.J., D'APPOLONIA, B.L. Factors involved in the stability of frozen dough. I. The influência of yeast reducing compounds on frozen-dough stability. **Cereal Chemistry**. v. 61, p. 205. 1984.

## ANEXOS

## ANEXO 1

Na Tabela abaixo são mostrados os dados dos volumes acumulativos obtidos de massa de pão congelada sem fermentação à temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ . A média dos volumes e a velocidade de produção de  $\text{CO}_2$  (mL/min) .

<b>Tempo (min)</b>	<b>1.º mL</b>	<b>Volume 2.º mL</b>	<b>3.º mL</b>	<b>Média dos volumes</b>	<b>Produção de <math>\text{CO}_2</math> (mL/min)</b>
<b>0</b>	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0,4	0,1	0,2	0,23	
<b>10</b>	0,5	0,2	0,3	0,33	
<b>15</b>	0,6	0,6	0,5	0,56	
<b>20</b>	0,9	0,9	0,7	0,82	0,041
<b>25</b>	1	1,2	0,8	0,98	
<b>30</b>	1,2	1,4	1	1,18	
<b>40</b>	1,8	2,1	1,5	1,78	0,046
<b>50</b>	2,3	2,9	2,2	2,44	
<b>60</b>	3,1	3,9	3	3,3	0,076
<b>80</b>	5,3	6	4	5,06	0,086
<b>100</b>	7,4	8,7	5,8	7,26	0,11
<b>120</b>	9,8	11,7	8	9,79	0,126
<b>140</b>	12,4	14,2	10,3	12,25	0,123
<b>160</b>	15,1	17,1	12,5	14,91	0,13
<b>180</b>	17,9	20,1	15,2	17,74	0,141
<b>200</b>	20,6	22,8	17,7	20,37	0,131
<b>220</b>	23,3	25,2	19,9	22,8	0,121
<b>240</b>	26	27,5	22,2	25,23	0,121
<b>260</b>	28	29,5	24	27,23	0,1
<b>280</b>	30	31	25,5	28,83	0,08
<b>300</b>	31,3	31	26,3	29,83	0,05
<b>Volume corrigido</b>				29,89	

## ANEXO 2

Dados dos volumes obtidos de massa de pão congelada quando atingido metade do seu crescimento (50% de fermentação) à temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ . Média dos volumes e a taxa da velocidade de produção de  $\text{CO}_2$ .

<b>Tempo (min)</b>	<b>1.º mL</b>	<b>Volume 2.º mL</b>	<b>3.º mL</b>	<b>Média dos volumes</b>	<b>Produção de <math>\text{CO}_2</math> (mL/min)</b>
<b>0</b>	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0,7	0,3	0,5	0,5	
<b>10</b>	1,5	0,6	0,8	0,96	
<b>15</b>	1,6	0,8	1	1,12	
<b>20</b>	1,7	1	1,2	1,28	0,064
<b>25</b>	1,9	1,1	1,4	1,44	
<b>30</b>	2	1,3	1,5	1,57	
<b>40</b>	2,5	1,7	2	2,03	0,037
<b>50</b>	2,8	2	2,5	2,39	
<b>60</b>	3,3	2,5	3,2	2,95	0,046
<b>80</b>	4,6	3,5	4,4	4,11	0,058
<b>100</b>	5,6	4,8	5,7	5,21	0,055
<b>120</b>	6,9	6,1	7,5	6,67	0,073
<b>140</b>	8,7	7,6	9,4	8,4	0,086
<b>160</b>	10,4	9,2	11,4	10,16	0,088
<b>180</b>	12,4	10,9	13,4	12,06	0,095
<b>200</b>	14,4	12,8	15,5	14,06	0,1
<b>220</b>	16,2	14,6	17,5	15,92	0,093
<b>240</b>	18,3	16,4	19,3	17,82	0,095
<b>260</b>	19,9	18	21	19,45	0,081
<b>280</b>	21,5	19,6	22,4	21,08	0,081
<b>300</b>	22,6	20,8	23	22,18	0,055
<b>Volume corrigido</b>				22,20	

## ANEXO 3

Dados dos volumes obtidos de massa de pão congelada com crescimento total do pão (100% de fermentação) à temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ . Valor da média dos volumes e a velocidade de produção de  $\text{CO}_2$ .

<b>Tempo (min)</b>	<b>1.º mL</b>	<b>Volume 2.º mL</b>	<b>3.º mL</b>	<b>Média dos volumes</b>	<b>Produção de <math>\text{CO}_2</math> (mL/min)</b>
<b>0</b>	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0,5	0,5	1	0,36	
<b>10</b>	0,7	0,8	1,3	0,62	
<b>15</b>	0,9	1,1	1,7	0,92	
<b>20</b>	1,2	1,4	1,8	1,16	0,057
<b>25</b>	1,5	1,6	2	1,39	
<b>30</b>	1,8	2	2,2	1,69	
<b>40</b>	2,4	2,6	2,6	1,99	0,053
<b>50</b>	3,1	3,3	3,1	2,52	
<b>60</b>	3,9	4,2	3,8	3,15	0,071
<b>80</b>	5,7	6	5,3	3,95	0,085
<b>100</b>	7,6	7,7	7,1	5,65	0,09
<b>120</b>	9,8	9,7	8,9	7,45	0,1
<b>140</b>	11,7	11,6	10,7	9,45	0,09
<b>160</b>	13,9	13,6	12,4	11,25	0,098
<b>180</b>	15,4	15,4	14,2	13,21	0,085
<b>200</b>	17,2	16,9	15,7	14,91	0,08
<b>220</b>	18,8	18,3	17	16,51	0,071
<b>240</b>	19,9	19,3	18	17,94	0,051
<b>260</b>	20,8	20	18,8	18,97	0,04
<b>280</b>	21,4	20,4	19,3	19,77	0,025
<b>300</b>	21,6	20,6	19,8	20,27	0,015
<b>Volume corrigido</b>				20,29	



## ANEXO 4

A tabela abaixo mostram a quantidade de gás produzido por massas de pães através do congelamento lento ( $-20^{\circ}\text{C}$ ). A média das curvas e a curva da velocidade de produção de  $\text{CO}_2$ .

<b>Tempo (min)</b>	<b>1.º mL</b>	<b>Volume 2.º mL</b>	<b>3.º mL</b>	<b>Média dos volumes</b>	<b>Produção de <math>\text{CO}_2</math> (mL/min)</b>
<b>0</b>	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0,4	0,3	0,3	0,33	
<b>10</b>	0,5	0,9	0,5	0,63	
<b>15</b>	0,7	1,4	0,7	0,93	
<b>20</b>	0,9	1,7	1	1,19	0,059
<b>25</b>	1	2,2	1,3	1,49	
<b>30</b>	1,2	2,7	1,6	1,82	
<b>40</b>	1,8	3,3	2,3	2,45	0,063
<b>50</b>	2,5	4	3,5	3,38	
<b>60</b>	3,6	5,3	4,5	4,51	0,103
<b>80</b>	5,6	8,2	7	6,96	0,122
<b>100</b>	7,7	11,2	9,9	9,56	0,14
<b>120</b>	10,4	14,2	12,6	12,36	0,14
<b>140</b>	13,2	17	15,5	15,19	0,141
<b>160</b>	16	19,8	18,5	18,05	0,143
<b>180</b>	19	22,6	21,2	20,88	0,141
<b>200</b>	21,8	25,2	23,7	23,51	0,131
<b>220</b>	24,3	27,3	26,1	25,84	0,116
<b>240</b>	26,8	29,3	28,1	27,99	0,108
<b>260</b>	29,3	30,3	29,5	29,62	0,081
<b>280</b>	31,2	30,7	30,5	30,82	0,06
<b>300</b>	32,5	30,7	30,7	31,32	0,025
<b>Volume corrigido</b>				31,39	

## ANEXO 5

Resultado da fermentação da massa congelada à temperatura de – 40°C e estocada durante 60 dias.

<b>Tempo (min)</b>	<b>1.º mL</b>	<b>Volume 2.º mL</b>	<b>3.º mL</b>	<b>Média dos volumes</b>	<b>Produção de CO<sub>2</sub> (mL/min)</b>
<b>0</b>	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0	0,3	0,1	0,13	
<b>10</b>	0,1	0,4	0,3	0,26	
<b>15</b>	0,3	0,6	0,5	0,46	
<b>20</b>	0,5	0,9	0,7	0,69	0,034
<b>25</b>	0,8	1,2	0,9	0,95	
<b>30</b>	1,0	1,4	1,1	1,15	
<b>40</b>	1,4	2,1	1,6	1,68	0,049
<b>50</b>	1,9	2,9	2,2	2,31	
<b>60</b>	2,6	3,7	3	3,07	0,069
<b>80</b>	3,3	5,2	4,5	4,3	0,063
<b>100</b>	4,8	6,9	6,1	5,9	0,08
<b>120</b>	6,6	8,9	8	7,8	0,095
<b>140</b>	8,7	11,3	10,3	10,06	0,113
<b>160</b>	11,1	13,5	12,7	12,39	0,116
<b>180</b>	13,8	15,9	15,3	14,95	0,128
<b>200</b>	16,5	18,4	17,9	17,55	0,13
<b>220</b>	19	20,8	20,4	20,01	0,123
<b>240</b>	21,3	23	22,9	22,31	0,115
<b>260</b>	23,5	25,1	25,2	24,51	0,11
<b>280</b>	25,3	26,3	26,6	25,91	0,07
<b>300</b>	26,4	27	27,8	27,01	0,055
<b>Volume corrigido</b>				27,06	

## ANEXO 6

Resultado da fermentação da massa congelada no congelamento lento e estocada durante 60 dias.

<b>Tempo (min)</b>	<b>1.º mL</b>	<b>Volume 2.º mL</b>	<b>3.º mL</b>	<b>Média dos volumes</b>	<b>Produção de CO<sub>2</sub> (mL/min)</b>
<b>0</b>	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0,1	0,3	0	0,05	
<b>10</b>	0,3	0,4	0,1	0,2	
<b>15</b>	0,5	0,6	0,3	0,4	
<b>20</b>	0,7	0,9	0,5	0,6	0,03
<b>25</b>	0,9	1,2	0,8	0,85	
<b>30</b>	1,1	1,4	1	1,05	
<b>40</b>	1,6	2,1	1,4	1,5	0,045
<b>50</b>	2,2	2,9	1,9	2,05	
<b>60</b>	3	3,7	2,6	2,8	0,065
<b>80</b>	4,5	5,7	3,3	3,9	0,055
<b>100</b>	6,3	7,7	5	5,65	0,087
<b>120</b>	8,3	10	7	7,65	0,1
<b>140</b>	10,6	12,4	9,1	9,85	0,11
<b>160</b>	13	14,6	10,5	12,25	0,12
<b>180</b>	15,7	17	13,4	15,05	0,14
<b>200</b>	18,3	19,5	16,3	17,8	0,137
<b>220</b>	20,9	21,9	18,8	20,35	0,127
<b>240</b>	23,4	24,1	21,3	22,85	0,125
<b>260</b>	25,7	26,2	23,6	25,15	0,115
<b>280</b>	27,5	27,7	25,8	27,15	0,1
<b>300</b>	28,9	28,7	26,9	28,4	0,065
<b>Volume corrigido</b>				28,45	

## ANEXO 7

Taxas do volume de gás produzidos por massas congeladas à temperatura de – 80°C. Média das curvas e velocidade de produção de gás.

<b>Tempo (min)</b>	<b>1.º mL</b>	<b>Volume 2.º mL</b>	<b>3.º mL</b>	<b>Média dos volumes</b>	<b>Produção de CO<sub>2</sub> (mL/min)</b>
0	0	0	0	0	0
5	0,5	0,7	0,6	0,6	
10	0,8	1	0,9	0,9	
15	0,9	1,2	1	1,03	
20	1	1,3	1,2	1,26	0,058
30	1,1	1,4	1,2	1,32	
40	1,2	1,5	1,3	1,42	0,008
50	1,3	1,6	1,5	1,55	
60	1,4	1,7	1,5	1,61	0,009
80	1,7	1,9	1,7	1,84	0,014
100	2	2,2	2	1,87	0,015
120	2,4	2,5	2,2	1,9	0,015
140	2,9	3	2,5	2,33	0,021
160	3,4	3,4	2,9	2,76	0,021
180	4,1	3,8	3,4	3,29	0,026
200	5	4,3	3,9	3,92	0,031
220	5,8	4,9	4,5	4,58	0,033
240	6,8	5,5	5,3	5,34	0,038
260	7,8	6,1	5,9	6,07	0,036
280	8,9	7	6,6	6,97	0,045
300	9,9	7,6	7,5	7,5	0,026
<b>Volume corrigido</b>				7,5	

## ANEXO 8

Taxas do volume de gás produzidos por massas frescas. Média das curvas e velocidade de produção de gás.

<b>Tempo (min)</b>	<b>1.º mL</b>	<b>Volume 2.º mL</b>	<b>3.º mL</b>	<b>Média dos volumes</b>	<b>Produção de CO<sub>2</sub> (mL/min)</b>
0	0	0	0	0	0
5	0,3	0,6	0,4	0,43	
10	0,6	0,9	0,8	0,76	
15	1	1,3	1,2	1,16	
20	1,5	1,8	1,7	1,66	0,083
25	2	2,2	2,2	2,12	
30	2,5	2,8	2,8	2,62	
40	3,8	4,1	4,2	3,95	0,117
50	5,2	5,5	5,6	5,35	
60	6,6	6,9	7,2	6,81	0,142
80	9,6	9,9	10,4	9,87	0,153
100	12,8	13,2	13,7	13,13	0,163
120	16,1	16,8	16,7	16,43	0,165
140	19,3	20,8	20,1	19,93	0,175
160	22,8	24,3	23,5	23,39	0,173
180	26,4	27,9	27,3	27,05	0,183
200	29,4	31,5	30,6	30,35	0,165
220	31,9	34,3	33,7	33,15	0,14
240	33,9	36,3	36,3	35,25	0,105
260	35,2	37,9	38,5	36,95	0,08
280	35,9	38,7	40,3	38,05	0,05
300	36,1	39,1	41,6	38,68	0,03
<b>Volume corrigido</b>				<b>38,78</b>	

## ANEXO 9

## Curvas de congelamento

Tempo (min)	(- 20°C) Temperatura	Tempo (min)	- 80°C	-40°C	Tempo (min)	- 40°C
0	23	1	28	23	24	
5	18	2	26,5		25	-1
10	10,9	3	23,5		30	-3,1
15	6	4	19,5		35	-4,2
20	2	5	14,5	18	40	-4,3
25	-1	6	9,5		45	-4,4
30	-3,1	7	4,7		50	-4,5
35	-4,2	8	-3,3		55	-4,7
40	-4,3	9	-5		60	-5,1
45	-4,4	10	-7,9	10,9	65	-5,5
50	-4,5	11	-20		70	-6,1
55	-4,7	12			75	-6,9
60	-5,1	13			80	-7,7
65	-5,5	14			85	-8,9
70	-6,1	15		6	90	-11,2
75	-6,9	16			95	-13,4
80	-7,7	17			100	-15,3
85	-8,9	18			105	-17,7
90	-11,2	19			110	-18,4
95	-13,4	20		2	115	
100	-15,3	21			120	
105	-17,7	22				
110	-18,4	23				

## ANEXO 10

## Bolhas

A – Fermento instantâneo (– 20°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	1,07	0,35	1,09
Provadores	4	0,37	0,09	
Resíduo	12	3,93	0,32	
Total	19	5,37	0,28	

B - Fermento fresco (– 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	6,39	2,13	1,53
Provadores	4	1,14	0,28	
Resíduo	12	16,75	1,39	
Total	19	24,28	1,27	

C - Fermento instantâneo (– 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	7,39	2,46	1,62
Provadores	4	15,56	3,89	
Resíduo	12	18,14	1,51	
Total	19	41,09	2,16	

## Escamas

A - Fermento instantâneo (– 20°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	72,38	24,12	13,25
Provadores	4	9,05	2,26	
Resíduo	12	21,87	1,82	
Total	19	103,30	5,43	

B - Fermento fresco (– 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	51,52	17,17	10,73
Provadores	4	28,13	7,03	
Resíduo	12	19,3	1,60	
Total	19	98,95	5,2	

C - Fermento instantâneo (– 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	19,12	6,37	1,56
Provadores	4	5,82	1,45	
Resíduo	12	48,78	4,06	
Total	19	73,72	3,88	

O F é menor do que o F tabelado. Não apresentou diferenças entre as amostras.

## Pestana

A - Fermento instantâneo (- 20°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	44,22	14,74	4,99
Provadores	4	1,13	0,28	
Resíduo	12	35,42	2,95	
Total	19	80,77	4,25	

B - Fermento fresco (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	30,23	10,07	4,98
Provadores	4	18,18	4,54	
Resíduo	12	24,27	2,02	
Total	19	72,68	3,82	

C - Fermento instantâneo (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	7,82	2,60	0,99
Provadores	4	27,46	6,86	
Resíduo	12	31,49	2,62	
Total	19	66,77	3,5	

## Volume

A - Fermento instantâneo (- 20°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	1,55	0,51	0,91
Provadores	4	0,74	0,18	
Resíduo	12	6,8	0,56	
Total	19	9,09	0,47	

B - Fermento fresco (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	1,99	0,66	0,97
Provadores	4	6,65	1,66	
Resíduo	12	8,2	0,68	
Total	19	16,85	0,88	

C - Fermento instantâneo (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	3,3	1,1	1,69
Provadores	4	1,91	0,47	
Resíduo	12	7,81	0,65	
Total	19	13,02	0,68	



## Ácido

A - Fermento instantâneo (- 20°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	1,68	0,58	0,39
Provadores	4	14,14	3,53	
Resíduo	12	17,83	1,48	
Total	19	33,65	1,77	

B - Fermento fresco (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	11,63	3,87	2,21
Provadores	4	7,12	1,78	
Resíduo	12	21	1,75	
Total	19	39,75	2,09	

C - Fermento instantâneo (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	4,69	1,56	0,51
Provadores	4	12,17	3,04	
Resíduo	12	36,42	3,03	
Total	19	53,28	2,80	

## Fermentado

A - Fermento instantâneo (- 20°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	26,29	8,76	1,52
Provadores	4	11,40	2,85	
Resíduo	12	69,01	5,75	
Total	19	106,7	5,6	

B - Fermento fresco (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	35,34	11,78	18,4
Provadores	4	25,69	6,42	
Resíduo	12	7,7	0,64	
Total	19	68,73	3,61	

C - Fermento instantâneo (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	19,02	6,34	2,29
Provadores	4	31,38	7,95	
Resíduo	12	33,2	2,76	
Total	19	84,05	4,42	

## Maciez

A - Fermento instantâneo (- 20°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	20,19	6,73	2,13
Provadores	4	25,85	6,46	
Resíduo	12	37,91	3,15	
Total	19	83,95	4,41	

B - Fermento fresco (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	22,85	7,16	1,61
Provadores	4	16,61	4,15	
Resíduo	12	56,7	4,72	
Total	19	96,16	5,06	

C - Fermento instantâneo (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	21,91	7,30	2,05
Provadores	4	19,68	4,92	
Resíduo	12	42,70	3,55	
Total	19	84,29	4,43	

## Consistência

A - Fermento instantâneo (- 20°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	25,85	8,61	1,23
Provadores	4	25,18	6,29	
Resíduo	12	83,52	6,96	
Total	19	134,55	7,08	

B - Fermento fresco (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	1,54	0,51	0,12
Provadores	4	18,27	4,56	
Resíduo	12	49,27	4,10	
Total	19	69,08	3,63	

C - Fermento instantâneo (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	20,44	6,81	1,53
Provadores	4	7,13	1,78	
Resíduo	12	53,17	4,43	
Total	19	90,74	4,77	

## Crocância

A - Fermento instantâneo (- 20°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	73,03	24,34	6,37
Provadores	4	10,93	2,73	
Resíduo	12	45,85	3,82	
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>129,81</b>	<b>6,83</b>	

B - Fermento fresco (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	93,17	31,05	8,34
Provadores	4	36,74	9,18	
Resíduo	12	44,74	3,72	
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>174,65</b>	<b>9,19</b>	

C - Fermento instantâneo(- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	51,52	17,17	5,96
Provadores	4	32,68	8,17	
Resíduo	12	34,67	2,88	
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>118,87</b>	<b>6,25</b>	

## Opacidade

A - Fermento instantâneo (- 20°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	45,24	15,08	1,46
Provadores	4	23,96	5,99	
Resíduo	12	123,38	10,28	
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>192,58</b>	<b>10,13</b>	

B - Fermento fresco (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	46,16	15,38	1,65
Provadores	4	25,17	6,29	
Resíduo	12	111,48	9,29	
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>182,81</b>	<b>9,62</b>	

C - Fermento instantâneo (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	11,03	3,67	0,35
Provadores	4	18,21	4,5	
Resíduo	12	122,60	10,21	
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>151,84</b>	<b>7,99</b>	

## Brilho

A - Fermento instantâneo (- 20°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	52,57	17,52	3,51
Provadores	4	18,01	4,5	
Resíduo	12	59,79	4,98	
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>130,37</b>	<b>6,86</b>	

B - Fermento fresco (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	42,90	14,3	3,17
Provadores	4	19,79	4,94	
Resíduo	12	54,13	4,51	
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>116,82</b>	<b>6,14</b>	

C - Fermento instantâneo (- 40°C)

<b>Causas Da Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Amostras	3	11,48	3,82	0,93
Provadores	4	21,64	5,41	
Resíduo	12	49,1	4,09	
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>82,22</b>	<b>4,32</b>	

## Anexo 11

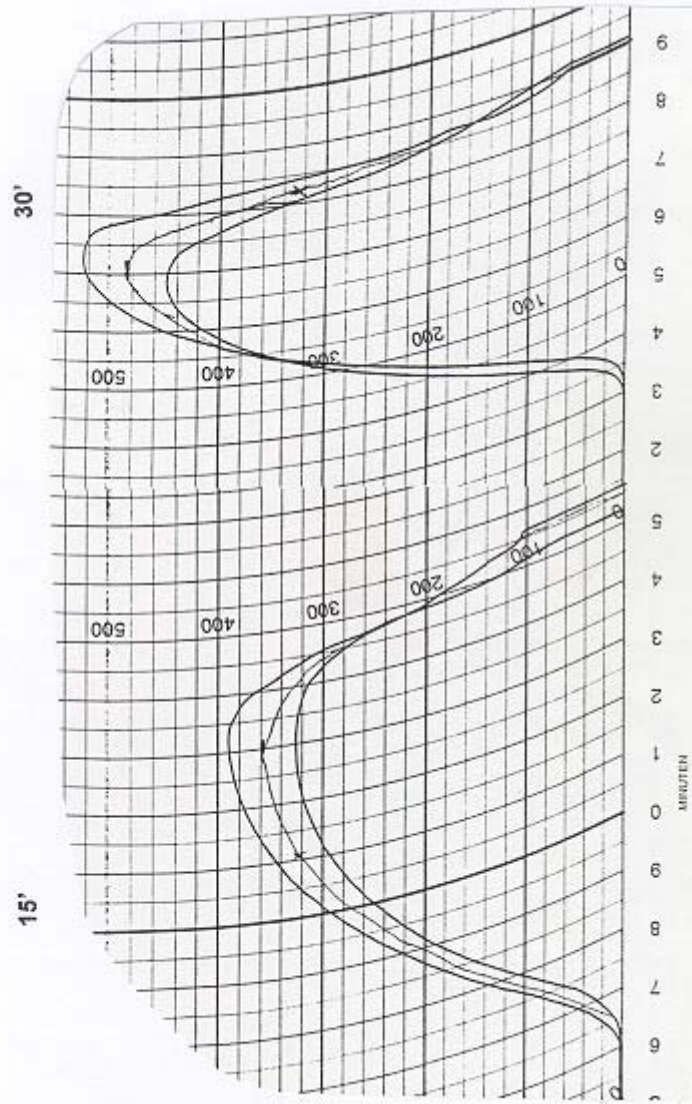
Nome: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_ Amostra \_\_\_\_\_  
 Avalie a intensidade de cada atributo de acordo com as escalas abaixo:

	Aparência da pestana	
Pestana	_____	
	Muito aberta	Ausência
	Aparência da crosta	
Bolhas	_____	
	Presença	Ausência
Escamas	_____	
	Presença	Ausência
	Volume	
Volume	_____	
	Inferior	Muito desenvolvido
	Sabor	
Ácido	_____	
	Presença	Ausência
Fermentado	_____	
	Presença	Ausência
	Textura da crosta	
Macia	_____	
	Pouco	Muito
Consistênte	_____	
	Pouco	Muito
Crocante	_____	
	Pouco	Muito
	Cor do miolo	
Bege	_____	
	Presença	Ausência
Pontos pretos	_____	
	Presença	Ausência
Azulada	_____	
	Presença	Ausência
Cinza	_____	
	Presença	Ausência
	Cor da crosta	
Opaco	_____	
	Pouco	Muito
Brilho	_____	



ANEXO 13

CONGELAMENTO RÁPIDO



ANEXO 14

MASSA FRESCA

