

EFEITO DE ALGUMAS VARIÁVEIS DO PROCESSO  
DE PANIFICAÇÃO DA MASSA CONGELADA NA ESTABILIDADE  
DA MASSA ESTOCADA E NA QUALIDADE DO PÃO.

02/92

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

TESE APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, PARA OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.

Parer

1992

*Este exemplar corresponde a redação final  
da tese defendida por Myriam M. Salas  
Mellado e aprovada pela Comissão Jul-  
gadora em 24-01-92*

*Jelinhurgo*

EFEITO DE ALGUMAS VARIÁVEIS DO PROCESSO  
DE PANIFICAÇÃO DA MASSA CONGELADA NA ESTABILIDADE  
DA MASSA ESTOCADA E NA QUALIDADE DO PÃO.

MYRIAM M. SALAS MELLADO <sup>ii</sup>

ENGENHEIRA DE ALIMENTOS

PROFA. DRA. CELINA R. O. CAMARGO <sup>comulda de Myriam</sup>

ORIENTADORA

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

## AGRADECIMENTOS

A Professora Celina Raquel de Oliveira Camargo, pela orientação desse trabalho.

A Universidade do Rio Grande pelo afastamento concedido para a realização desse curso.

Aos colegas do grupo de alimentos da URG, especialmente a Jorge, Neusa e Milton.

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Professor Lincoln de Camargo Neves Filho, pelo apoio e colaboração técnica.

Ao professor Tabajara Lucas de Almeida, pelo apoio no desenvolvimento da análise estatística.

A Elissandra Nunes, pela amizade e colaboração no desenvolvimento do trabalho prático.

A minha mãe pelo apoio e incentivo durante o trabalho.

A Carlos Prentice, Elisabete e Caco Viegas, Carmen e Miguel Müller, Manuel Plata pelo carinho, amizade e apoio durante nossa permanência em Campinas.

Aos colegas e funcionários do laboratório de Tecnologia de Cereais da FEA - UNICAMP, pela amizade e apoio durante o trabalho.

A ABIA, pelas cópias da tese.

BANCA EXAMINADORA

*Celina Camargo*

-----  
Prof. Dra. Celina Raquel de Oliveira Camargo  
(orientadora)

*Suplente*

-----  
Prof. Dr. Theo Guenter Kieckbusch  
(membro)

*Yoon Kil Chang*

-----  
Prof. Dr. Yoon Kil Chang  
(membro)

*Pilar Rodriguez de Massaguer*

-----  
Prof. Dra. Pilar Rodriguez de Massaguer  
(membro)

Campinas, 24 de Janeiro de 1.992

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

CON AMOR A MIS  
HIJOS PABLO Y ALVARO.

# INDICE GERAL

|  | Página |
|--|--------|
| INDICE DE TABELAS  | x      |
| INDICE DE FIGURAS  | xii    |
| INDICE DE ANEXOS   | xv     |
| RESUMO   | xix    |
| SUMMARY  | xx     |
| <br>   |        |
| I INTRODUÇÃO . . . . .   | 01     |
| <br>   |        |
| II REVISÃO BIBLOGRÁFICA. . . . .                                       | 04     |
| <br>   |        |
| A. Processamento do pão . . . . .                                      | 04     |
| 1. Metodologia de panificação. . . . .                                 | 04     |
| 1.1. Uso de processos convencionais<br>no congelamento. . . . .        | 05     |
| 1.2. Uso dos processos "no-time" no<br>congelamento . . . . .          | 06     |
| 1.3. Comparação entre os métodos<br>convencionais e "no-time". . . . . | 07     |
| 2. Formulação. . . . .   | 08     |
| 2.1. Farinha de trigo . . . . .  | 08     |
| 2.2. Levedura . . . . .  | 10     |
| 2.2.1. Estabilidade das leveduras<br>nas massas congeladas . . . . .   | 10     |
| 2.2.2. Conteúdo, tipo e forma de<br>adição da levedura. . . . .        | 11     |

|  |    |
|--|----|
| 2.3. Água . . . . .  | 13 |
| 2.4. Outros ingredientes. . . . .  | 14 |
| 2.4.1. Oxidantes . . . . .   | 15 |
| 2.4.2. Emulsificantes. . . . .   | 16 |
| 2.4.3. Gordura . . . . .   | 18 |
| 2.4.4. Enzimas . . . . .   | 18 |
| 3. Mistura da massa. . . . .   | 19 |
| 4. Fermentação . . . . .   | 20 |
| B. O congelamento das massas. . . . .  | 24 |
| 1. Velocidade de congelamento. . . . .   | 25 |
| 2. Embalagem . . . . .   | 27 |
| 3. Estocagem congelada . . . . .   | 28 |
| C. O descongelamento das massas . . . . .                                      | 31 |
| 1. Efeito da velocidade de descongelamento . . . . .                           | 31 |
| 2. Condições de descongelamento. . . . .                                       | 32 |
| D. Estabilidade das massas congeladas<br>e armazenadas. . . . .                | 35 |
| 1. Critérios de avaliação. . . . .   | 35 |
| 1.1. Efeito na qualidade das leveduras. . . . .                                | 36 |
| 1.2. Efeito nas características reológicas<br>e estruturais da massa . . . . . | 37 |
| 1.3. Efeito na qualidade do pão . . . . .                                      | 40 |
| III. MATERIAIS E MÉTODOS . . . . .   | 42 |
| A. Materiais . . . . .   | 42 |
| 1. Matéria prima. . . . .  | 42 |
| 2. Aditivos, reagentes e ingredientes . . . . .                                | 42 |

|  |    |
|--|----|
| a. Aditivos . . . . .  | 42 |
| b. Reagentes . . . . .   | 42 |
| c. Ingredientes . . . . .  | 42 |
| 3. Embalagem . . . . .   | 43 |
| 4. Aparelhos e equipamentos . . . . .  | 43 |
| B. Métodos experimentais . . . . .   | 44 |
| 1. Análise química da matéria prima . . . . .  | 44 |
| 1.1. Umidade . . . . .   | 44 |
| 1.2. Proteína . . . . .  | 44 |
| 1.3. Gordura . . . . .   | 45 |
| 1.4. Cinzas . . . . .  | 45 |
| 2. Determinação da atividade diastática e da<br>absorção de água, da farinha de trigo. Avaliação<br>das propriedades de mistura e extensão<br>da massa . . . . . | 45 |
| 2.1. Atividade diastática . . . . .  | 45 |
| 2.2. Absorção de água e propriedades<br>de mistura . . . . .   | 45 |
| 2.3. Propriedades de extensão . . . . .  | 47 |
| 3. Preparo da massa. Formulação, Mistura,<br>Divisão e Moldagem . . . . .  | 47 |
| 3.1. Formulação . . . . .  | 49 |
| 3.2. Preparo da massa: Mistura, Divisão<br>e Moldagem . . . . .  | 49 |
| 4. Processamento do pão: Congelamento, Estocagem,<br>Descongelo, Fermentação e Cozimento . . . . .   | 49 |
| 4.1. Congelamento e estocagem . . . . .  | 50 |
| 4.2. Descongelo . . . . .  | 50 |



|  |    |
|--|----|
| 4.3. Fermentação. . . . .  | 50 |
| 4.4. Cozimento. . . . .  | 51 |
| 5. Ensaaios realizados . . . . .   | 51 |
| 5.1. Ensaio I. Efeito da formulação . . . . .  | 51 |
| 5.2. Ensaio II. Efeito do tempo de espera . . . . .  | 52 |
| 5.3. Ensaio III. Efeito do congelamento . . . . .  | 52 |
| 5.4. Ensaio IV. Efeito do descongelamento . . . . .  | 53 |
| 6. Avaliação dos ensaios . . . . .   | 53 |
| 6.1. Determinação das propriedades<br>de extensão das massas . . . . .   | 53 |
| 6.2. Características de fermentação das<br>massas . . . . .  | 54 |
| 6.2.1. Propriedades de fermentação<br>avaliadas pelo maturógrafo. . . . .  | 54 |
| 6.2.2. Tempo de fermentação avaliado<br>pelo teste de panificação . . . . .  | 55 |
| 6.2.3. Determinação do número de<br>leveduras viáveis . . . . .  | 55 |
| 6.3. Avaliação da qualidade global do pão:<br>determinação do volume específico, das<br>características externas e internas,<br>aroma e gosto do pão . . . . . | 56 |
| 6.3.1. Determinação do volume<br>específico. . . . .   | 56 |
| 6.3.2. Avaliação das características<br>externas e internas do pão. . . . .  | 57 |
| 6.3.3. Aroma e gosto . . . . .   | 57 |
| 7. Análise estatística . . . . .   | 57 |

|  |    |
|--|----|
| IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .   | 59 |
| 1. Análise química da farinha de trigo . . . . .   | 59 |
| 2. Determinação da atividade diastática, das<br>propriedades de absorção de água, e de<br>mistura e das propriedades de extensão da<br>farinha de trigo. . . . . | 59 |
| 3. Curvas de congelamento. . . . .   | 61 |
| PARTE I - Efeito dos ensaios I, II, III e IV<br>nas características viscoelásticas e de<br>fermentação da massa e da qualidade do pão . . . . .                  | 67 |
| 4. Efeito da formulação (ensaio I) nas características<br>viscoelásticas e de fermentação da massa<br>e na qualidade do pão . . . . .                            | 67 |
| 4.1 Efeito da formulação nas características<br>viscoelásticas da massa . . . . .  | 67 |
| 4.2. Efeito da formulação nas características<br>de fermentação da massa. . . . .  | 70 |
| 4.2.1. Efeito nos parâmetros de fermentação<br>avaliados pelo maturógrafo . . . . .  | 71 |
| 4.2.2. Efeito no tempo de fermentação<br>avaliado pelo teste de panificação . . . . .  | 74 |
| 4.2.3. Efeito na viabilidade das leveduras. . . . .  | 76 |
| 4.3. Efeito nas características de qualidade do pão. . . . .   | 78 |
| 4.3.1. Efeito nas características externas. . . . .  | 78 |
| 4.3.2. Efeito nas características internas. . . . .  | 82 |
| 5. Efeito do tempo de espera nas características<br>viscoelásticas e de fermentação da massa e na  |    |

|   |     |
|---|-----|
| qualidade do pão . . . . .  | 82  |
| 5.1 Efeito do tempo de espera nas características viscoelásticas da massa. . . . .  | 85  |
| 5.2. Efeito do tempo de espera nas características de fermentação da massa . . . . .  | 88  |
| 5.2.1. Efeito do tempo de espera nos parâmetros de fermentação avaliados pelo maturógrafo                                       | 88  |
| 5.2.2. Efeito do tempo de espera no tempo de fermentação avaliado pelo teste de panificação . . . . .                           | 90  |
| 5.2.3. Efeito do tempo de espera na viabilidade das leveduras. . . . .  | 91  |
| 5.3. Efeito do tempo de espera nas características de qualidade do pão . . . . .  | 94  |
| 5.3.1. Efeito nas características externas. . .   | 94  |
| 5.3.2. Efeito nas características internas. . .   | 96  |
| 6. Efeito do tempo de congelamento nas características viscoelásticas e de fermentação da massa e na qualidade do pão . . . . . | 99  |
| 6.1. Efeito do tempo de congelamento nas características viscoelásticas da massa . . . .  | 99  |
| 6.2. Efeito do tempo de congelamento nas características de fermentação da massa . . . .  | 103 |
| 6.2.1. Efeito do tempo de congelamento nos parâmetros de fermentação avaliados pelo maturógrafo . . . . .                       | 104 |
| 6.2.2. Efeito do tempo de congelamento no tempo de fermentação avaliado pelo  |     |

|  |     |
|--|-----|
| teste de panificação . . . . .   | 107 |
| 6.2.3. Efeito do tempo de congelamento na<br>viabilidade das leveduras. . . . .  | 107 |
| 6.3. Efeito do tempo de congelamento nas<br>características de qualidade do pão . . . . .  | 110 |
| 6.3.1. Efeito do tempo de congelamento nas<br>características externas . . . . .   | 111 |
| 6.3.2. Efeito do tempo de congelamento nas<br>características internas . . . . .   | 114 |
| 7. Efeito da forma de descongelamento nas<br>características viscoelásticas e de fermentação<br>das massas e na qualidade do pão . . . . . | 114 |
| 7.1. Efeito da forma de descongelamento nas<br>características viscoelásticas da massa . . . . .   | 114 |
| 7.2. Efeito da forma de descongelamento nas<br>características de fermentação. . . . .   | 117 |
| 7.2.1. Efeito da forma de descongelamento<br>nos parâmetros de fermentação avaliados<br>pelo maturógrafo . . . . .                         | 119 |
| 7.2.2. Efeito da forma de descongelamento<br>no tempo de fermentação avaliado<br>pelo teste de panificação. . . . .                        | 121 |
| 7.2.3. Efeito da forma de descongelamento<br>na viabilidade das leveduras . . . . .  | 123 |
| 7.3. Efeito da forma de descongelamento nas<br>características de qualidade do pão . . . . .   | 123 |
| 7.3.1. Efeito da forma de descongelamento<br>nas características externas do pão. . . . .  | 125 |

|  |     |
|--|-----|
| 7.3.2. Efeito da forma de descongelamento<br>nas características internas do pão. . . . .  | 125 |
| 8. Efeito do tempo de estocagem nas características<br>viscoelásticas e de fermentação das massas e na<br>qualidade do pão nas condições estabelecidas nos<br>ensaios I, II, III e IV. . . . . | 127 |
| 8.1. Efeito do tempo de estocagem congelada nas<br>características viscoelásticas das massas<br>nos ensaios I, II, III e IV . . . . .  | 127 |
| 8.2. Efeito do tempo de estocagem congelada nas<br>características de fermentação da massa<br>nos ensaios I, II, III e IV . . . . .  | 132 |
| 8.3. Efeito do tempo de estocagem congelada nas<br>características de qualidade do pão<br>nos ensaios I, II, III e IV . . . . .  | 132 |
| 8.3.1. Efeito do tempo de estocagem nas<br>características externas do pão. . . . .  | 133 |
| 8.3.2. Efeito do tempo de estocagem nas<br>características internas do pão. . . . .  | 134 |
| V. CONCLUSÕES. . . . .   | 137 |
| 1. Efeito da formulação . . . . .  | 137 |
| 2. Efeito do tempo espera prévio<br>ao congelamento . . . . .  | 138 |
| 3. Efeito do tempo de congelamento . . . . .   | 139 |
| 4. Efeito da forma de descongelamento. . . . .   | 140 |

|  |     |
|--|-----|
| VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . . | 142 |
| VII. ANEXOS. . . . .                     | 149 |

## INDICE DE TABELAS

|  | Página |
|--|--------|
| 01 - Análises químicas da farinha de trigo. . . . .  | 60     |
| 02 - Valores farinográficos da farinha de trigo . . . . .  | 60     |
| 03 - Valores extensigráficos da farinha de trigo. . . . .  | 61     |
| 04 - Efeito da formulação nas características de extensão<br>das massas não congeladas e após congelamento e<br>estocagem congelada. . . . .             | 68     |
| 05 - Efeito da formulação nas características de fermentação<br>das massas não congeladas e após congelamento e<br>estocagem congelada. . . . .          | 72     |
| 06 - Efeito da formulação nas características externas<br>do pão obtido de massas não congeladas e após<br>congelamento e estocagem congelada. . . . .   | 79     |
| 07 - Efeito da formulação nas características internas<br>do pão obtido de massas não congeladas e após<br>congelamento e estocagem congelada. . . . .   | 83     |
| 08 - Efeito do tempo de espera nas características<br>de extensão das massas não congeladas e após<br>congelamento e estocagem congelada. . . . .        | 86     |
| 09 - Efeito do tempo de espera nas características<br>de fermentação das massas não congeladas e após<br>congelamento e estocagem congelada. . . . .     | 89     |
| 10 - Efeito do tempo espera nas características<br>externas do pão obtido de massas não congeladas<br>e após congelamento e estocagem congelada. . . . . | 95     |
| 11 - Efeito do tempo de espera nas características   |        |

|      |   |     |
|------|---|-----|
|      | internas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada. . . . .  | 97  |
| 12 - | Efeito do tempo de congelamento nas características de extensão das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada . . . . .             | 100 |
| 13 - | Efeito do tempo de congelamento nas características de fermentação das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada. . . . .           | 105 |
| 14 - | Efeito do tempo de congelamento nas características externas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada. . . . .    | 112 |
| 15 - | Efeito do tempo de congelamento nas características internas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada. . . . .    | 115 |
| 16 - | Efeito da forma de descongelamento nas características de extensão das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.. . . .            | 116 |
| 17 - | Efeito da forma de descongelamento nas características de fermentação das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.. . . .         | 120 |
| 18 - | Efeito da forma de descongelamento nas características externas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada. . . . . | 126 |
| 19 - | Efeito da forma de descongelamento nas características internas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada. . . . . | 128 |



## INDICE DE FIGURAS

|  | Página |
|--|--------|
| 01 - Esquema geral dos ensaios. . . . .  | 48     |
| 02 - Congelamento em congelador doméstico . . . . .  | 62     |
| 03 - Congelamento em túnel a $-15^{\circ}\text{C}$ . . . . .   | 63     |
| 04 - Congelamento em túnel a $-30^{\circ}\text{C}$ . . . . .   | 64     |
| 05 - Efeito da formulação na resistência à extensão das<br>massas não congeladas e após congelamento e<br>estocagem congelada. . . . .                       | 69     |
| 06 - Efeito da formulação na altura máxima das massas não<br>congeladas e após congelamento e estocagem congelada . .  | 73     |
| 07 - Efeito da formulação no tempo de fermentação<br>determinado pela altura das massas não congeladas e<br>após congelamento e estocagem congelada. . . . . | 75     |
| 08 - Efeito da formulação sobre a sobrevivência das<br>leveduras nas massas não congeladas e após congelamento<br>e estocagem congelada. . . . .             | 77     |
| 09 - Efeito da formulação nas características externas<br>do pão obtido das massas não congeladas e após<br>congelamento e estocagem congelada. . . . .      | 81     |
| 10 - Efeito da formulação nas características externas<br>do pão obtido das massas não congeladas e após<br>congelamento e estocagem congelada. . . . .      | 84     |
| 11 - Efeito do tempo de espera na resistência<br>à extensão das massas não congeladas e após<br>congelamento e estocagem congelada. . . . .                  | 87     |
| 12 - Efeito do tempo espera no tempo de<br>fermentação determinado pela altura máxima das  |        |

|      |   |     |
|------|---|-----|
|      | massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada. . . . .  | 91  |
| 13 - | Efeito do tempo de espera na sobrevivência das leveduras nas massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada . . . . .                        | 93  |
| 14 - | Efeito do tempo de espera nas características internas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada. . . . .              | 98  |
| 15 - | Efeito do tempo de congelamento na resistência máxima das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada. . . . .                            | 101 |
| 16 - | Curvas extensigráficas após 135 minutos de descanso das massas não congeladas e após 7 e 16 semanas de estocagem. . . . .                                     | 102 |
| 17 - | Efeito do tempo de congelamento na altura máxima das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada. . . . .                                 | 106 |
| 18 - | Efeito do tempo de congelamento no tempo de fermentação determinado pela altura das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada . . . . . | 108 |
| 19 - | Efeito do tempo de congelamento na sobrevivência das leveduras das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.. . . . .                  | 109 |
| 20 - | Efeito do tempo de congelamento nas características externas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.. . . . .       | 113 |
| 21 - | Efeito da forma de descongelamento na resistência máxima das massas não congeladas e após congelamento e  |     |

|  |     |
|--|-----|
| estocagem congelada. . . . .   | 118 |
| 22 - Efeito da forma de descongelamento no tempo de fermentação, determinado pela altura das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada . . | 122 |
| 23 - Efeito da forma de descongelamento na sobrevivência das leveduras das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.. . . . .             | 124 |
| 24 - Efeito da forma de descongelamento nas características internas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada. . . . .   | 129 |
| 25 - Efeito da estocagem nas características de extensão e de fermentação das massas congeladas (teste de Tukey).  | 131 |
| 26 - Efeito da estocagem nas características de qualidade do pão das massas congeladas (teste de Tukey). . . . .   | 135 |

## INDICE DE ANEXOS

|   | Página |
|---|--------|
| 01 - Análise de variância e teste de Tukey dos valores extensigráficos e de fermentação das massas com diferentes formulações . . . . .           | 149    |
| 02 - Médias dos valores extensigráficos, de fermentação e de qualidade do pão das massas com diferentes formulações. . . . .                      | 150    |
| 03 - Análise de variância e teste de Tukey dos valores de qualidade do pão das massas com diferentes formulações. . . . .                         | 151    |
| 04 - Análise de variância e teste de Tukey dos valores extensigráficos e de fermentação das massas com diferentes tempos de espera. . . . .       | 152    |
| 05 - Médias dos valores extensigráficos, de fermentação e de qualidade do pão das massas com diferentes tempos de espera . . . . .                | 153    |
| 06 - Análise de variância e teste de Tukey dos valores de qualidade do pão das massas com diferentes tempos de espera . . . . .                   | 154    |
| 07 - Análise de variância e teste de Tukey dos valores extensigráficos e de fermentação das massas com diferentes tempos de congelamento. . . . . | 155    |
| 08 - Médias dos valores extensigráficos, de fermentação e de qualidade do pão das massas com diferentes tempos de congelamento . . . . .          | 156    |
| 09 - Análise de variância e teste de Tukey dos valores  |        |

|      |   |     |
|------|---|-----|
|      | de qualidade do pão das massas com diferentes<br>tempos de congelamento . . . . .   | 157 |
| 10 - | Análise de variância e teste de Tukey dos valores<br>extensigráficos e de fermentação das massas com<br>diferentes formas de descongelamento.. . . .  | 158 |
| 11 - | Médias dos valores extensigráficos, de fermentação<br>e de qualidade do pão das massas com diferentes<br>formas de descongelamento. . . . .   | 159 |
| 12 - | Análise de variância e teste de Tukey dos valores<br>de qualidade do pão das massas com diferentes<br>formas de descongelamento. . . . .  | 160 |
| 13 - | Valores de F das características de extensão das<br>massas não congeladas em relação às massas<br>congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e<br>16 semanas . . . . .   | 161 |
| 14 - | Contraste entre as médias dos parâmetros extensigráficos<br>das massas não congeladas em relação às massas<br>congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas<br>dos efeitos da formulação e do tempo de espera . . . . .  | 162 |
| 15 - | Contraste entre as médias dos parâmetros extensigráficos<br>das massas não congeladas em relação às massas<br>congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas,<br>dos efeitos das formas de congelamento e descongelamento | 163 |
| 16 - | Valores de F das características de fermentação das<br>massas não congeladas em relação às massas<br>congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas . .   | 164 |
| 17 - | Contraste entre as médias dos parâmetros de<br>fermentação das massas não congeladas em relação   |     |

|      |   |     |
|------|---|-----|
|      | às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas, dos efeitos da formulação e do tempo de espera. . . . .   | 165 |
| 18 - | Contraste entre as médias dos parâmetros de fermentação das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas, dos efeitos das formas de congelamento e descongelamento . . . . .                   | 166 |
| 19 - | Valores de F das características externas do pão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas . . . . .  | 167 |
| 20 - | Contraste entre as médias dos valores das características externas do pão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas, dos efeitos da formulação e do tempo de espera . . . . .           | 168 |
| 21 - | Contraste entre as médias dos valores das características externas do pão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas, dos efeitos das formas de congelamento e descongelamento . . . . . | 169 |
| 22 - | Valores de F das características internas do pão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas . . . . .  | 170 |
| 23 - | Contraste entre as médias dos valores das características internas do pão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas, dos efeitos  |     |

|  |     |
|--|-----|
| da formulação e do tempo de espera . . . . .   | 171 |
| 24 - Contraste entre as médias dos valores das<br>características internas do pão das massas não<br>congeladas em relação às massas congeladas e<br>armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas, dos<br>efeitos das formas de congelamento e descongelamento . . | 172 |

## RESUMO

Foi estudada a influência da formulação da massa, do tempo prévio ao congelamento, do tempo de congelamento e da forma de descongelamento nas características viscoelásticas e de fermentação das massas, na qualidade do pão e na viabilidade das leveduras, de massas congeladas e estocadas sob congelamento durante 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

Verificou-se que o uso conjunto da vitamina C e do Estearoil lactil-lactato de sódio (SSL) na formulação, proporcionaram estabilidade à massa congelada. O período de tempo de 40 minutos entre o fim da mistura e o início do congelamento foi considerado adequado ao desempenho das massas congeladas, sendo o congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$ , melhor que os congelamentos em congelador doméstico e em túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$ . Os métodos de descongelamento em geladeira, forno de microondas e cabine a  $30^{\circ}\text{C}$  não apresentaram diferenças estatísticas suficientes, tornando difícil a escolha do método mais adequado.

No estudo da influência do tempo de estocagem congelada nas características viscoelásticas e de fermentação da massa e na qualidade do pão, foi constatado que a formulação da massa e o tempo de espera afetaram principalmente as características viscoelásticas da massa. O aumento do tempo de congelamento prejudicou as características viscoelásticas da massa e algumas características de qualidade do pão. A forma de descongelamento prejudicou principalmente as características internas do pão.



## SUMMARY

In this research, were studied the influence of dough formula, time before freezing operation, freezing and defrosting time on dough viscoelastic and fermentation properties, bread quality and yeast viability of frozen dough stored during 3, 5, 7, 9, 11 and 16 weeks.

The results showed that vitamin C and sodium stearoil lactil lactate (SSL), combined in the formula gave stability to the frozen dough. A period of up to 40 minutes between the end of mixing and the beginning of freezing was considered adequate for a good use of frozen doughs. Freezing in a blast-freezer at  $-30^{\circ}\text{C}$  was better than freezing in a common freezer or in a blast-freezer at  $-15^{\circ}\text{C}$ . The defrosting methods used: refrigerator, microwave oven and cabin at  $30^{\circ}\text{C}$  didn't present sufficient statistical differences to permit us to decide which would be the most adequate.

In the study of the influence of frozen storage time on the viscoelastic and fermentation properties of the dough and bread quality, we concluded that dough formula and time before freezing affected mainly the viscoelastic properties of the dough. Freezing time also affected viscoelastic properties and some bread quality characteristics. Defrosting velocity principally influenced the internal characteristics of the bread.

## I - INTRODUÇÃO

O processo de produção de massas congeladas é conhecido e aplicado em diversos países, porém não tem sido ainda estudado no Brasil.

O congelamento de massas apresenta uma série de vantagens para o produtor de pão, sendo citadas entre elas o aumento de eficiência industrial pela maior produção, a redução de pessoal e custos, a eliminação do turno de produção noturno e a expansão das vendas. O consumidor também se beneficia pela possibilidade de comprar pão fresco durante todo o dia e/ou de ele mesmo fornecer o pão em casa.

Um dos principais problemas que tem sido apontado com relação ao congelamento de massas se refere a sua estabilidade durante a estocagem à frio, o que resulta na diminuição da vida de prateleira. Muitos produtores de massas congeladas objetivam a sua distribuição e utilização dentro do prazo de um mes, porém uma vida de prateleira maior, pode proporcionar estabilidade e flexibilidade maiores no armazenamento das massas congeladas.

Alguns estudos têm demonstrado que a estabilidade das massas congeladas está principalmente relacionada com a qualidade da levedura, a formulação e o processo de produção da massa e as condições de congelamento e descongelamento da mesma.

Um dos problemas apontados com relação às massas congeladas se refere à retenção da viabilidade e do poder

gaseificante da levedura durante o armazenamento sob congelamento. Alguns pesquisadores mostraram que para se manter a estabilidade da levedura durante o armazenamento à temperatura de congelamento é necessário minimizar ou eliminar a atividade da levedura antes do congelamento da massa (Mc Pherson e Lamb, 1948; Godkin e Cathcart, 1949; Mayer *et al.*, 1956; Merrit, 1960).

O tipo de farinha de trigo foi considerado uma variável importante na produção de massas congeladas, no entanto, o conteúdo proteico da mesma não pode ser usado como um indicador fidedigno do seu desempenho na massa congelada (Wolt e D'Appolonia II, 1984).

No Brasil torna-se necessário estabelecer as condições de preparo da massa congelada devido principalmente às características de glúten fraco da farinha de trigo comercial e a proibição da adição do bromato de potássio, cujo uso é recomendado em vários países em massas de pão. Outro ponto se refere às formulações ricas usadas na maioria dos trabalhos, nos quais são incorporados vários ingredientes não adicionados na formulação do pão francês e em outros tipos de pão considerados de maior interesse no Brasil.

Em alguns trabalhos citados na literatura relacionados à massas congeladas, foram estudados os efeitos das variáveis do processo de panificação e do tempo de estocagem congelada na qualidade final do pão usando critérios subjetivos de avaliação.

Este trabalho teve o objetivo de estudar, através de testes reológicos e de panificação, os efeitos nas características da massa congelada e estocada e na qualidade do pão das variáveis:

- 1 - Formulação;

- 2 - Tempo transcorrido entre o fim da mistura e o início do congelamento (Tempo de espera);
- 3 - Tempo de congelamento;
- 4 - Forma de descongelamento.

Paralelamente foi estudado o efeito do tempo de estocagem congelada nas propriedades viscoelásticas e de fermentação da massa e no escore de qualidade do pão.

## II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### A - O PROCESSAMENTO DO PÃO

Neste ítem foram abordados os métodos mais comuns de panificação e a formulação da massa, considerando-se os ingredientes e aditivos utilizados e as etapas de mistura e fermentação da massa.

#### 1 - METODOLOGIA DE PANIFICAÇÃO

Os processos convencionais utilizados na produção de pão podem ser agrupados em dois tipos básicos, denominados de massa direta e massa esponja. No primeiro método, todos os ingredientes são incorporados juntos em uma única fase de mistura, enquanto que no método denominado esponja, são envolvidas duas fases distintas: a esponja, onde é feita a mistura de parte da farinha de trigo e da água com todo o fermento, e a fase "massa", após a fermentação da esponja, onde são incorporados os demais ingredientes da massa. Ambos os métodos envolvem uma fermentação principal denominada "bulk fermentation" (El Dash *et al*, 1973).

O método de massa direta foi muito utilizado nos Estados Unidos, principalmente até a década de 1920, quando surgiu o método esponja. Segundo Ponte (1985), o processo de massa esponja é ainda amplamente usado, sendo responsável por 60% do pão produzido nos Estados Unidos. Por esta metodologia são produzidos normalmente pães com boas características de volume, granulidade

fina de miolo, textura e flavor desejáveis.

### 1.1. USO DE PROCESSOS CONVENCIONAIS NO CONGELAMENTO.

Alguns trabalhos (Anonymous, 1964) e Lorenz (1965), citados por Kline e Sugihara (1968), mostraram que as massas preparadas pelo método de massa esponja foram particularmente instáveis no estado congelado, provavelmente devido ao longo tempo de fermentação. Consequentemente, foi considerado inadequado o preparo de massas congeladas sem algumas modificações no processamento. Foi sugerido pelos autores, a redução nos tempos de descanso e de fermentação da esponja, a adição de leite desnatado em pó, o resfriamento da esponja à temperatura de refrigeração, a redução da temperatura da massa e o aumento do nível de levedura.

Yamaguchi e Watanabe (1987) utilizaram emulsificantes, substâncias redutoras, glúten, substâncias poliméricas (ácido algínico, alginato de sódio, alginato de propileno glicol e goma xantana) para minimizar o prejuízo na qualidade do pão causado pelo congelamento de massas preparadas pelo método esponja.

Outros trabalhos (Anonymous, 1964 e 1965) também citados por Kline e Sugihara (1968), recomendaram a fermentação total da massa antes do congelamento, não considerando importante o tempo de fermentação final após o descongelamento.

Lorenz e Bechtel (1964) e Kline e Sugihara (1968) utilizaram o método de massa direta para produzir massas congeladas para pão, porém, para se conseguir um melhor desempenho foram diminuídos os tempos de mistura e de fermentação e a temperatura da massa.

## 1.2. USO DOS PROCESSOS "NO-TIME" NO CONGELAMENTO.

Os longos tempos de processamento requeridos e os altos custos de produção dos processos convencionais levaram ao uso de métodos alternativos, designados "no-time" ou "sem tempo" de grande importância em vários países do mundo. As massas "sem tempo" se caracterizam pela ausência da fermentação principal e pelo desenvolvimento mecânico do glúten durante a mistura em misturadores de alta velocidade. O processo Chorleywood, desenvolvido pela Associação Britânica de Pesquisa, em 1961 (El Dash et al, 1973) é um dos mais utilizados.

Os métodos Do-Maker e Am-Flow são os mais conhecidos e utilizados comercialmente entre os métodos de panificação de mistura contínua, que prescindem da fermentação principal. Neles, porções relativamente pequenas de massa pré-misturada são submetidas ao desenvolvimento a alta velocidade, em uma pequena câmara desenvolvedora. É usual nesses processos a adição de oxidantes de ação rápida. Os pães resultantes diferem dos convencionais com relação às características do miolo, que apresenta uma estrutura celular muito fina e uniforme, e textura muito suave tendendo a ser borrachenta, quando mastigada. Também, os pães produzidos por estes métodos contínuos possuem aroma e sabor inferiores àqueles produzidos pelos métodos convencionais (Pyler, 1982).

Foi considerado adequado preparar massas destinadas ao congelamento pelos processos de desenvolvimento e maturação rápidos, ou seja, os chamados processos "no-time" (Marston, 1978).

Nesses métodos a massa foi totalmente desenvolvida no misturador mantendo a atividade da levedura e a formação de gases, antes do congelamento, a níveis mínimos. Segundo os mesmos autores, uma massa densa tem normalmente maior condutividade ao calor que uma massa porosa (fermentada), o que facilitou o congelamento rápido. O preparo e o amadurecimento da massa através de fermentações longas, semelhantes àquelas dos métodos comerciais foram considerados menos satisfatórios para a operação comercial de congelamento, em relação aos métodos "no-time".

### 1.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS CONVENCIONAIS E "NO-TIME".

Os trabalhos de pesquisa relativos à produção de massas congeladas são conflitantes com relação ao melhor método de mistura. Lorenz e Bechtel (1964) compararam dois métodos convencionais de panificação com o método de mistura contínua, que utiliza o fermento líquido. O método de massa direta produziu inicialmente pães com qualidade muito boa, a que foi gradualmente diminuindo com o aumento do tempo de estocagem congelada, porém manteve-se razoavelmente boa em 12 semanas de armazenagem. Entretanto, o processo de massa esponja acarretou grande perda na qualidade dos pães congelados e armazenados durante três semanas, causando diminuição marcante do volume, granulidade do miolo aberta e textura áspera. No método de mistura contínua a qualidade do pão foi mantida nas 12 semanas de estocagem congelada, sem diminuição do volume ou alteração das características externas e internas do pão.

Hsu et al (1979a) desenvolveram um método de massa de



"tempo curto" com melhor resultado no congelamento, comparativamente ao método esponja. Os autores acreditam que o problema do método esponja ocorreu no estágio da massa, quando foi feita a mistura da esponja fermentada com os demais ingredientes.

## 2 - FORMULAÇÃO

Neste ítem foram discutidos os ingredientes utilizados na elaboração de massas para pão produzidas convencionalmente, e as modificações na formulação decorrentes do processo de congelamento e armazenamento congelado.

### 2.1. - FARINHA DE TRIGO.

A farinha de trigo é o ingrediente mais importante em panificação, devido à presença do glúten que forma e mantém a estrutura celular da massa até a gelatinização do amido no cozimento, quando é formada a estrutura final do pão.

Os fatores de qualidade mais importantes da farinha de trigo destinada à produção de pão são os conteúdos de proteínas e de cinzas, a atividade diastática e a cor. Segundo Schiller (1971), citado por Dubois (1981), a farinha de trigo usada em panificação deve possuir conteúdo de proteínas mínimo de 11.4%, teor de cinzas entre 0.44 e 0.46%, atividade diastática na faixa de 450 a 550 Unidades Brabender, e com relação a cor, uma leitura de 56-60 unidades Aghron.

Segundo Maître (1984), Marston (1978), a farinha de trigo adequada para uso em massas congeladas deve ter força média a

forte, conteúdo de proteínas de 11 a 13% e tempo de desenvolvimento de 4 a 8 minutos, determinado pelo Farinógrafo Brabender. O teor de amido danificado não deve ser alto, sendo recomendada a faixa de 6 a 8%. A atividade diastática da farinha determinada pelo aparelho de Hagberg deve ser igual ou superior a 280 segundos (Maitre, 1984).

Wolt e D'Appolonia (1984b) usaram, no preparo de massas congeladas, quatro farinhas de trigo com teores protéicos diferentes. Foi concluído que o tipo de farinha é uma variável de muita importância com relação à estabilidade do tempo de fermentação das massas após o descongelamento. Entretanto, os resultados deste estudo indicaram que o conteúdo protéico não foi um indicador seguro do desempenho de uma farinha destinada ao congelamento. Tresler *et al* (1968) citado por Wolt e D'Appolonia (1984b) sugeriram que o uso de farinha de trigo de alta qualidade proteica é importante em massas congeladas, porém a quantidade de proteína não é um fator crítico.

Segundo trabalhos de Nourigeon (1983) e Maitre (1984), foi possível melhorar as características da farinha de trigo utilizada na produção de massas congeladas através da adição de glúten. Nourigeon (1983) sugeriu o uso de 0.75% de glúten, em base à farinha de trigo, na formulação da massa a ser congelada. Segundo Maitre (1984), as propriedades viscoelásticas do glúten adicionado devem ser perfeitamente conhecidas para se conseguir o equilíbrio plástico final adequado da massa. Esse autor observou que a adição de doses superiores a 5% de glúten, em base a farinha de trigo, conduziu à elevação excessiva da hidratação, e que a quantidade de água suplementar favoreceu a formação de cristais de

gelo e prejudicou a firmeza da massa no decorrer do descongelamento. Resultados similares foram encontrados por Dubois (1981), com a incorporação de glúten em doses superiores a 5%.

## 2.2.- LEVEDURA

### 2.2.1.- ESTABILIDADE

O problema mais importante relacionado com o processamento das massas congeladas parece ser a manutenção da viabilidade e do poder fermentativo das leveduras. A qualidade do pão feito com massas congeladas foi melhorada quando se conseguiu manter a estabilidade das leveduras durante a estocagem congelada (Hino *et al*, 1987). Pesquisas conduzidas por estes autores mostraram que as leveduras ativadas, após uma fermentação inicial antes do congelamento, foram mais suscetíveis ao dano causado pelo congelamento, em relação àquelas não ativadas. Foram estudadas novas linhagens de leveduras, identificadas como *Kluveromyces thermotolerans* e *Saccharomyces cerevisiae*, as quais retiveram a atividade fermentativa em massas totalmente pré-fermentadas após 6 semanas de estocagem congelada. As massas congeladas contendo estas leveduras tolerantes produziram pães de qualidade similar àqueles feitos de massas não congeladas preparadas com levedura comum. Segundo Hino *et al* (1987) a maior estabilidade de uma massa não fermentada foi devida à condição de relativa dormência das leveduras imediatamente após a etapa da mistura. Uma vez que a levedura foi ativada, e ocorrendo a metabolização de açúcares, ela se tornou mais vulnerável ao congelamento e sua estabilidade no

armazenamento foi grandemente reduzida.

### 2.2.2. - CONTEÚDO, TIPO E FORMA DE ADIÇÃO DA LEVEDURA.

A manutenção da viabilidade da levedura e do poder fermentativo são fatores que dependem do estado fisiológico da levedura antes do congelamento, da existência de fermentação antes do congelamento e dos métodos de congelamento e descongelamento usados. Apesar das precauções tomadas nesse sentido, Maître (1984) observou que, após o congelamento das massas, houve diminuição do poder fermentativo da levedura e aumento dos tempos de produção de CO<sub>2</sub> e de fermentação final. Portanto, foi recomendado um aumento da quantidade de levedura empregada visando a compensação na perda da atividade da mesma.

Lorenz e Bechtel (1964) testaram 5 níveis de levedura prensada, no intervalo de 3 a 8%, com base na farinha de trigo. Foi observado que o uso de 3% de levedura aumentou em 20% o tempo de fermentação da massa descongelada, em relação a de 4%, e o pão apresentou volume relativamente menor, granuloso de miolo mais aberta e textura mais áspera. O uso de 6 a 8% de levedura acarretou a diminuição dos tempos de fermentação, porém o aroma e o "flavor" de pão não foram agradáveis. Os melhores resultados foram obtidos com o uso de 4 e 5% de leveduras.

Marston (1978) verificou que o conteúdo de levedura na massa deve ser aumentado, em relação ao usual, para compensar qualquer perda de atividade durante o congelamento e armazenamento e em condições inadequadas de fermentação junto ao consumidor. O uso de teores de 4 a 4.5% de levedura prensada foi considerado

satisfatório, visto que proporções maiores de fermento provocaram um pequeno aumento na velocidade de fermentação e maior risco de aparecimento de "flavor" a levedura, considerado inaceitável. Verificou-se ainda que as leveduras secas ativadas tiveram bom desempenho, semelhante ao das leveduras prensadas.

Trabalhos realizados por Bruisma e Giesenschlag (1984), mostraram que a quantidade de levedura a ser adicionada à massa que será congelada, é função principalmente do tempo médio de armazenamento à frio, da formulação usada e do tempo de fermentação final após o descongelamento. A adição de fermento seco ativo, do tipo destinado ao uso direto na mistura da massa foi considerado adequado para uso em massas congeladas.

Entretanto, Hsu *et al* (1979a) determinaram que as leveduras ativadas foram mais suscetíveis do que as leveduras não ativadas, em relação ao dano pelo congelamento, sendo o prejuízo causado principalmente pelos produtos formados na fermentação. Segundo os autores, a qualidade das leveduras afetou a estabilidade das massas congeladas, sendo o melhor desempenho do fermento após o congelamento, associado às leveduras com conteúdos proteicos superiores a 57%.

Nourigeon (1983) estudou a possibilidade de estabilização da levedura às temperaturas de -15 e -20°C durante um período de 48 e 24 horas, respectivamente, antes de ser incorporada à formulação da massa, com a finalidade de eliminar células que seriam afetadas pelo congelamento. Os problemas apresentados neste caso, foram relativos ao descongelamento das leveduras no momento da sua mistura à massa, à necessidade do aumento da quantidade a ser utilizada e também ao aumento dos tempos de mistura, pela

adição da levedura no final desta etapa.

Ono et al (1975) estudaram a adição da levedura à massa em duas etapas. Foi testada uma massa contendo 0.5% de levedura, a qual foi fermentada a 30°C por uma hora. A seguir, foi incorporada mais 4% de levedura, feita outra mistura, seguida de congelamento à -35°C e armazenamento. Após a armazenagem congelada a -20°C foi feita a análise das características do pão, comparativamente ao ensaio que adicionou toda a levedura no início do processo de panificação. Os resultados mostraram que a adição da levedura em duas etapas provocou menor prejuízo à qualidade geral do pão.

A levedura seca possui um período de indução maior do que a prensada, e portanto, oferece maior segurança na preparação de massas congeladas. O curto período de relativa inatividade foi mais importante na duração da massa congelada (Merrit, 1960).

### 2.3. - 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. A proporção de água em relação à farinha de trigo tem efeito marcante nas características da massa e na qualidade do produto final (Pomeranz, 1964). A água é necessária para a formação da massa e também representa o principal fator de controle da temperatura, que é de extrema importância em qualquer sistema fermentativo (Dubois, 1981). As propriedades viscoelásticas da massa são refletidas nas características gerais do pão, e podem ser total ou parcialmente determinadas pelo nível de absorção de água da farinha de trigo

durante a operação de mistura (Pomeranz, 1964).

No preparo das massas congeladas foram utilizadas quantidades de água ligeiramente inferiores às usadas comercialmente em massas comuns, a fim de obter massas mais firmes que as normais e de mais fácil manuseio, maquinabilidade e retenção da forma durante o processo de congelamento (Drake, 1970; Lorenz, 1965).

Segundo Maitre (1984), a água deve ser utilizada à temperaturas próximas a 0°C para que se obtenha uma massa fria. 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.

#### 2.4. - OUTROS INGREDIENTES

A medida que os sistemas de produção de pão tornaram-se mais automatizados, a flexibilidade do processamento diminuiu e algumas variações imprevistas no processo poderiam causar sérios problemas ao produto final. Este fator, juntamente com a necessidade de prolongar a vida de prateleira do pão, têm levado ao uso de vários aditivos na massa, como os nutrientes das leveduras e os agentes oxidantes (Dubois, 1981). Segundo o autor, o nitrogênio, na forma de cloreto ou sulfato de amônio, presente no nutriente do fermento é necessário para manter a atividade ótima das leveduras. Por outro lado, os agentes oxidantes interagem com as proteínas do glúten, propiciam o reforço das células de gás e a melhoria de sua retenção.

#### 2.4.1. - OXIDANTES

Segundo Fischer (1985), o uso de agentes oxidantes na formulação ocasionou a redução da extensibilidade da massa e a melhora na retenção de gases, o que conseqüentemente aumentou o volume e melhorou a granulicidade e a textura do pão. Segundo o autor, após a mistura e a fermentação da massa foi necessário refazer algumas ligações proteicas quebradas, pela adição de substâncias oxidantes, que possibilitaram a formação de novas pontes dissulfeto nas proteínas e a recuperação da extensibilidade e da elasticidade do glúten.

Lorenz e Bechtel (1965) compararam a estabilidade das massas congeladas feitas com farinha de trigo em vários níveis de oxidação. Estes pesquisadores verificaram que, nos níveis ótimos de oxidação para cada farinha, não foi constatada variação nos tempos de fermentação com o aumento do tempo de estocagem congelada.

A azodicarbonamida (ADA) foi citada como um agente de maturação adicionado à farinha panificável pelo moageiro e pelo padeiro, pelo seu efeito melhorador da massa (Dubois 1981). Foi também citado o bromato e o iodato de potássio, como agentes oxidantes populares, e ainda, para o mesmo fim, o ácido ascórbico.

Fischer (1985) apresentou valores relativos aos níveis máximos de utilização e a velocidade de ação de agentes oxidantes disponíveis para uso em panificação, podendo assim ser ajustado o nível ótimo para cada tipo de oxidação desejada. O bromato e o iodato de potássio ou cálcio têm, respectivamente, ação oxidativa



lenta e rápida, sendo recomendado o nível máximo de 75 ppm. A azodicarbonamida e o ácido ascórbico têm velocidade de ação rápida, sendo 45 ppm o limite máximo permitido para a azodicarbonamida e, no caso do ácido ascórbico, a quantidade a ser usada na massa não é limitada. Uma combinação de oxidantes lento e rápido, geralmente resultou em melhorias no volume e nos valores de contagem global de qualidade do pão (Fischer, 1985).

Segundo Maitre (1984) o teor de oxidante recomendado para adição em uma massa a ser congelada deverá ser duas vezes superior ao recomendado para uma massa normal não congelada, podendo ser utilizado até 150 ppm de ácido ascórbico. Segundo Marston (1978) é mais adequado preparar as massas congeladas na presença de oxidantes rápidos, como a combinação de ácido ascórbico e bromato de potássio.

Kline e Sugihara (1968) comprovaram o efeito melhorador da adição do bromato de potássio em massas congeladas. Paralelamente foi observado efeito prejudicial nas leveduras quando foram utilizados níveis superiores a 30 ppm de bromato, comprovado pelo aumento do tempo de fermentação e pela diminuição do poder gaseificante.

#### 2.4.2. - EMULSIFICANTES

Devido às diversas funções que exercem na massa do pão, os emulsificantes têm sido chamados de condicionadores, amaciadores e agentes de aeracão. Estes aditivos têm sido usados há mais de 30 anos para melhorar a qualidade dos produtos levedados de panificação, agindo principalmente no aumento da vida

de prateleira e/ou reforçando a massa (Newbold 1976).

Dubois e Blockolsky (1986) testaram o efeito do estearoil lactil lactato de sódio (SSL), juntamente com o bromato de potássio e o ácido ascórbico, na estabilidade das massas congeladas durante 20 semanas de estocagem. Foi concluído nesse estudo que a adição de bromato de potássio teve efeito melhorador no volume do pão e notadamente na qualidade geral do mesmo, e que a adição conjunta de ácido ascórbico propiciou uma melhora superior. Foi também observado nesse trabalho que a estabilidade das massas congeladas foi melhorada com o uso do SSL, o qual manteve inalterado o tempo de fermentação final das massas congeladas armazenadas por 20 semanas. Por outro lado, os autores verificaram que as massas contendo SSL apresentaram velocidade de produção de gás levemente superior durante a etapa final de fermentação. O uso de 0.5 % de SSL também produziu um aumento substancial do crescimento da massa no início do cozimento e maior volume final do pão.

As adições de SSL e do éster de monoglicerídeo do ácido tartárico diacetílico (DATA) foram efetivos na manutenção do volume e da maciez do miolo em pães produzidos de massas estocadas sob congelamento por longo tempo (Davis, 1981; Marston, 1978; Varriano-Marston *et alii* 1980). Wolt e D'Appolonia (1984), observaram que o SSL foi melhor que o DATA com relação ao volume final dos pães. Os resultados obtidos também indicaram que os surfactantes diminuíram o tempo de fermentação nas primeiras 6 semanas de estocagem, com relação ao controle (massa não congelada), porém aumentaram após este período. Esses autores determinaram ainda que as mudanças reológicas devido à estocagem

congelada prolongada, foram menos pronunciadas com o uso do SSL e do DATA. O efeito dos surfactantes sobre as características externas e internas do pão foi evidenciado com o uso do SSL, que eliminou o efeito prejudicial da armazenagem congelada na estrutura da célula do miolo.

#### 2.4.3. - GORDURA

Foi recomendada a adição de gordura em proporções superiores às normalmente usadas em massas que serão submetidas ao congelamento. O aumento da proporção de gordura até 4% provocou aumento marcante no tempo de armazenamento da massa congelada (Marston, 1978).

Drake (1970) e Lorenz (1965) verificaram que elevando-se a 5% o nível de gordura na massa congelada, resultou em pães com células internas menores, mais uniformes e finas e, conseqüentemente, com textura mais suave e macia, comparativamente com pães que tiveram a adição de 3% de gordura.

Resultados similares foram relatados por Lorenz e Bechtel (1964) que comprovaram que a gordura ou a banha em níveis de adição de 3 a 5%, tiveram bom desempenho em massas congeladas. Os resultados mostraram que a incorporação de 5% de banha ou gordura produziram pães com granulidade fina e uniforme e textura suave e macia.

#### 2.4.4. - ENZIMAS

As enzimas são ingredientes funcionais importantes nas

massas fermentadas, afetando o processo e a qualidade dos produtos finais (Dubois, 1981). As enzimas amilolíticas proporcionam a ação catalítica que converte o amido em açúcares fermentáveis, nutrientes essenciais para a fermentação das leveduras. Em vários países as enzimas amilolíticas são adicionadas à farinha de trigo pelo moageiro, em quantidades adequadas à produção de pão (Dubois, 1980, citado por Dubois, 1981).

O uso de enzimas amilolíticas em massas congeladas é importante no que se refere a retenção de água da massa, melhoria na tolerância à fermentação da mesma, aumento no "oven-spring" e no volume do pão e melhoria do gosto e aroma. Segundo Himmelstein (1984) estas propriedades favoráveis foram atribuídas à capacidade da amilase de desdobrar parcialmente o amido da farinha, permitindo assim a incorporação de uma quantidade maior de água, que é retida de uma maneira mais homogênea na massa, reduzindo assim a possibilidade de formar cristais de gelo grandes nas massas congeladas.

### 3 - MISTURA DA MASSA

A tecnologia envolvida no preparo da massa destinada ao congelamento, deve ser baseada na necessidade de se assegurar o desenvolvimento ótimo do glúten durante a mistura, a fim de se obter uma boa retenção de gás na massa e evitar o relaxamento da mesma durante o descongelamento. O conjunto dessas precauções levam certamente à obtenção de um produto final bem desenvolvido e estruturado (Maître, 1984).

O processo de mistura dos ingredientes é normalmente

acompanhado pelo aumento da temperatura da massa, causado principalmente pelo calor gerado por forças de fricção e pelo calor de hidratação (Pyler, 1973).

Segundo Merrit (1960) é aconselhável, no preparo das massas destinadas ao congelamento o uso de uma misturadeira de alta velocidade, com camisa refrigerada, que possibilite o resfriamento rápido da massa e o retardamento do início da fermentação. A faixa de temperatura final da massa deve ser de 18 a 21°C para facilitar o seu manuseio, pois a massa nessas condições apresenta-se plástica e firme.

Dubois e Blockolsky (1986), estudando o efeito do processo de mistura da massa a ser congelada, utilizaram um método de mistura rápida em misturadeira imersa parcialmente em banho de gelo, de modo que a temperatura final da massa fosse de 21°C. As variações nos procedimentos de mistura incluíram a adição de leveduras e/ou sal, em vários estágios da mistura. Em comparação com os demais, os ensaios envolvendo a adição de todos os ingredientes no início do estágio de mistura, produziram massas com a maior velocidade de produção de gás, os menores tempos de fermentação e a maior produção de gás, no período de estocagem estudado. Os resultados mostraram que os melhores escores de volume do pão foram obtidos a partir de massas com 24 semanas de estocagem congelada.

#### 4. - FERMENTAÇÃO

Antes do cozimento a massa deve ser fermentada por um período de tempo adequado, no qual as células de levedura,

uniformemente dispersas na massa no processo de mistura, agem sobre os açúcares disponíveis, transformando-os principalmente em gás carbônico e etanol. A mudança externa mais aparente causada pela fermentação é o aumento do volume da massa, que assume caráter leve e esponjoso. Vários fatores são citados como requisitos básicos para uma boa fermentação: nível de umidade adequado, temperatura moderada, suprimento de carboidratos fermentáveis, presença de substâncias nitrogenadas assimiláveis pelas leveduras, e de certos minerais essenciais (Pyler, 1973).

Nos primeiros estudos sobre massas congeladas foi dada ênfase à minimização da atividade fermentativa após a mistura e antes da moldagem e do congelamento da massa (Zaeringer *et al* 1951, Mc Pherson e Lamb 1948, Godkin e Cathcart 1949). Entretanto, estudos realizados por Merrit (1960) concluíram que o tempo de 30 a 45 minutos de fermentação, antes do corte e congelamento, produziram um "flavor" suave na massa e no pão. No entanto, foi notada a queda na qualidade do pão na 8ª semana de estocagem congelada e, após este período, a deterioração foi mais rápida. Segundo esses autores, as massas que não sofreram fermentação antes do congelamento desenvolveram "flavor" agradável durante o período de fermentação e os pães obtidos após vários meses de estocagem a  $-31^{\circ}\text{C}$  tiveram desempenho satisfatório, com respeito ao tempo de fermentação e ao volume específico, sem alteração no "flavor" e na textura do pão. Ao contrário, outros pesquisadores (Hino *et al*, 1987) comentaram que, massas sujeitas a pequena ou nenhuma fermentação antes do congelamento não desenvolveram "flavor" adequado durante o período de fermentação final. Segundo os autores, foi possível melhorar parcialmente o "flavor"

mudando-se as quantidades de açúcar, sal, gordura e agentes oxidantes na formulação. Porém, se a viabilidade da levedura não é mantida durante a estocagem congelada, a massa descongelada não irá crescer adequadamente, o que indicou que a fermentação da massa, antes do congelamento, desempenhou papel mais importante na estabilidade da mesma do que qualquer outro fator isolado.

No trabalho de Lamb e Bender (1977), foi verificado que a fermentação da massa antes do congelamento, tornou as células da levedura mais suscetíveis ao dano causado por congelamento, devido ao início da fase de crescimento celular.

Segundo Tanaka *et al* (1975) a atividade das leveduras em massas congeladas preparadas sem pré-fermentação foi mantida estável por tempo superior a 12 semanas de estocagem. Entretanto, massas fermentadas perderam mais de 60% de atividade das leveduras após estocagem congelada de 1 semana. Acredita-se que os produtos da fermentação formados antes do congelamento diminuíram a atividade das leveduras, principalmente quando atingiu-se a etapa de crescimento logarítmico, comparativamente à fase inicial de indução.

Kline e Sugihara (1968), verificaram que a estabilidade das leveduras e o poder fermentativo de uma massa congelada, obtida pelo método de massa direta, diminuíram marcadamente com o aumento do tempo de fermentação anterior à moldagem e ao congelamento. O uso de 3% de levedura e a fermentação por 3 horas antes do congelamento, produziram pães com características insatisfatórias em amostras estocadas no período de 6 semanas à temperatura de  $-32^{\circ}\text{C}$ . Porém, quando o tempo de pré-fermentação foi reduzido a 1 hora, a massa manteve-se satisfatória no período de 6

semanas a  $-32^{\circ}\text{C}$ , tornando-se inaceitável após 15 semanas, sendo usado como critério de avaliação o tempo de fermentação, a contagem residual de leveduras e o volume do pão. Os autores verificaram que somente aquelas amostras com tempos de pré-fermentação inferiores a 15 minutos, produziram massa satisfatória em 15 semanas de armazenamento a  $-32^{\circ}\text{C}$ . Foi observado que tempos de pré-fermentação superiores a 1 hora tornaram a massa mole após o descongelamento provocando perda na retenção de gás e sinais de colapso na massa, o que impossibilitou atingir a altura desejada na massa, mesmo com o aumento do tempo de fermentação. Nesse trabalho foi relacionada a morte das células de levedura da massa durante a estocagem congelada, com a retenção de gases. Estes pesquisadores concluíram que a estrutura da massa pode ser enfraquecida por substâncias redutoras liberadas das células de leveduras mortas.

Tanaka *et al* (1976) estudaram o efeito do etanol em massas congeladas e armazenadas a  $-20^{\circ}\text{C}$  por 7 dias. Foi observado que as células de levedura no estágio "dormente" não foram afetadas pela presença de etanol até a concentração de 20% (v/v). Entretanto, as células de levedura em massas fermentadas por 3 horas antes do congelamento foram consideravelmente prejudicadas quando congeladas para posterior estocagem.

Ono *et al* (1975) introduziram uma modificação na forma de adição da levedura à massa a ser congelada, adicionando 0.5% na etapa de mistura, submetendo-se a fermentação preliminar, seguida de resfriamento e incorporação da levedura adicional, antes de nova mistura. A massa foi então prontamente congelada, conseguindo-se desta forma pão com características aceitáveis e



sem perda de qualidade considerável por um período de 12 semanas de estocagem congelada.

## B - O CONGELAMENTO DAS MASSAS

O tempo de congelamento das massas é função de variáveis como o tipo de congelador, a temperatura inicial, a temperatura desejada no centro da massa, a temperatura de congelamento usada, o peso, e principalmente a espessura do produto.

Entre os sistemas utilizados para o congelamento de massas são citados o processo criogênico, que envolve o uso de nitrogênio líquido e a refrigeração mecânica, na qual a transferência de frio é feita por corrente de ar.

O sistema criogênico utiliza temperaturas muito baixas, da ordem de  $-80^{\circ}\text{C}$ , ficando o produto em contato direto com o agente congelante, possibilitando assim alta velocidade de congelamento. Entretanto, o seu custo é consideravelmente superior ao da refrigeração mecânica, tendo esta última, maior aplicação em produtos de panificação (Pizzinatto, 1979).

Linko e Karhunen (1984) observaram que o uso de nitrogênio líquido causou baixa tolerância às leveduras devido ao congelamento rápido. Isto foi claramente mostrado pelo aumento dos tempos de fermentação das massas e pela diminuição do volume dos pães, em comparação com as massas congeladas em aparelhos mecânicos convencionais. Esses autores também determinaram que temperaturas baixas no centro da massa propiciaram efeito benéfico na qualidade final do pão. Porém, temperaturas inferiores a  $-10^{\circ}\text{C}$  provocaram aumento do tempo de fermentação e diminuição do volume

do pão, especialmente quando a temperatura de congelamento foi muito baixa e o congelamento rápido.

Segundo Maître (1984), a temperatura interna da massa, independente do tipo de congelador usado, deve situar-se na faixa entre  $-35$  e  $-45^{\circ}\text{C}$ . Temperaturas menores podem produzir danos irreversíveis à qualidade do pão.

#### 1. - VELOCIDADE DE CONGELAMENTO

Considerando-se as células da levedura *Saccharomyces cerevisiae* presentes na massa do pão, o congelamento é considerado lento, quando a velocidade for inferior a  $1^{\circ}\text{C}$  por minuto, e rápido quando a velocidade for maior que  $10^{\circ}\text{C}$  por minuto. O resfriamento abaixo do ponto inicial de congelamento forma alguns núcleos de gelo do lado de fora das células de leveduras vivas. A velocidade de resfriamento lenta propicia formação de poucos núcleos de gelo que podem crescer posteriormente formando cristais grandes. A medida que estes cristais são formados fora das células de 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 levedura é reduzido, e segundo os criobiologistas, geralmente 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 (Lamb e Bender, 1977).

Segundo Himmelstein (1984), a passagem da estrutura plástica da massa à estrutura firme após o congelamento deve ser feita rapidamente para evitar a formação de cristais de gelo grandes, observados quando essa etapa ocorre de maneira muito lenta. O autor argumenta que os cristais formados podem destruir as células de levedura e provocar menor crescimento do pão no forno.

De acordo com o trabalho de Marston (1978), a porção externa da massa deve ser congelada rapidamente até um estágio denominado de congelamento "casca", quando é formada externamente uma camada dura de 3 a 4 milímetros de espessura de material congelado, que torna a massa suficientemente rígida para ser manipulada sem problemas. Conforme este autor, deve ser evitado o supercongelamento da massa pela exposição prolongada à temperaturas muito baixas, da ordem de  $-50^{\circ}\text{C}$ . Desta forma, uma vez que a temperatura no interior da massa atinja  $0^{\circ}\text{C}$  e a parte externa esteja suficientemente firme, a massa pode ser transferida para uma câmara à temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ . A redução do tempo de residência das massas na câmara principal a  $-50^{\circ}\text{C}$ , além de facilitar as operações, melhorou a qualidade final do pão. O congelamento inicial pode ser realizado em túnel equipado com refrigeração mecânica ou em um sistema criogênico que utilize  $\text{CO}_2$  ou  $\text{N}_2$  líquido como refrigerante.

Hsu et al (1979b), utilizaram um congelador caseiro e o congelamento por submersão a temperaturas de  $-10$ ,  $-20$ ,  $-40$  e  $-78^{\circ}\text{C}$

para estudar os efeitos do congelamento na massa e no pão. Os melhores volumes do pão foram produzidos a  $-20^{\circ}\text{C}$  seguido pelos congelamentos a  $-10$  e  $-40^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Linko e Karhunen (1984) compararam o congelamento mecânico a  $-30^{\circ}\text{C}$  com o congelamento efetuado com nitrogênio líquido às temperaturas de  $-30$ ,  $-60$  e  $-90^{\circ}\text{C}$ . Foi verificado que o tempo de fermentação final foi o mesmo para os congelamentos à temperatura de  $-30^{\circ}\text{C}$ , porém houve aumento dos tempos de fermentação com a diminuição da temperatura do nitrogênio líquido. O volume do pão, no entanto, foi maior para o congelamento mecânico do que para o congelamento em nitrogênio líquido, ficando neste caso a diminuição do volume diretamente relacionada com a diminuição da temperatura de congelamento.

## 2. - EMBALAGEM

A perda de umidade é um dos fatores responsáveis pela perda de qualidade da massa congelada durante o armazenamento a baixas temperaturas (Maitre, 1984).

Himmelstein (1984) verificou que a estrutura do miolo pode ser influenciada adversamente pelo congelamento incorreto. A dessecação das peças da massa durante o armazenamento à frio é sempre causada por pressões de vapor parciais desbalanceadas entre a massa e a atmosfera circundante. Ao contrário, pode ocorrer a absorção de umidade pela massa provocando, quando em excesso, a condensação de água na superfície da mesma e a formação de bolhas no produto final. Segundo esse autor, devem ser usados para conservar as massas congeladas, embalagens com características de

impermeabilidade a água e ao oxigênio, flexibilidade, resistência a baixas temperaturas e aptidão à solda.

Diversos tipos de embalagens podem ser usadas para servir como barreira à umidade, como polietileno, mistura de ceras, verniz e folhas laminadas (Pizzinatto, 1979). A embalagem para massas congeladas deve ser suficientemente resistente para proteger contra choques mecânicos durante o manuseio. A maioria dos materiais apresenta resistência ao frio, porém a sua estrutura é enfraquecida pela penetração de umidade (Pizzinatto, 1979; Maître, 1984).

É apropriado o uso de polietileno de 40 a 75  $\mu\text{m}$  de espessura ou polietileno recoberto com PVDC em massas de pão congeladas. Experimentalmente, as massas congeladas têm sido embaladas antes ou após o congelamento. Porém, em escala comercial, geralmente os produtos são primeiramente congelados e depois ensacados em embalagens de polietileno (Pizzinatto, 1979).

### 3. - ESTOCAGEM CONGELADA

É importante considerar as condições de estocagem das massas congeladas, visto que a perda de atividade das leveduras e a conseqüente redução da produção de gás, estão intimamente relacionadas com o uso potencial da massa congelada. Com a perda de água das células, a solução externa às leveduras torna-se mais concentrada do que no interior, e o gradiente de concentração gerado através da membrana celular durante a operação de congelamento persiste ao longo do período de estocagem congelada, podendo ser um dos responsáveis pelo dano às leveduras (Lamb e

Bender, 1967). Mazur, citado por Meryman (1966), explica que a concentração de solutos pode produzir o "rompimento osmótico" e mudanças na permeabilidade das membranas celulares, fatores esses que danificam às células de microorganismos submetidos ao congelamento.

Em estudos realizados por Linko e Karhunen (1984), o aumento do tempo de estocagem congelada das massas afetou significativamente a qualidade do produto, acarretando aumento do tempo de fermentação final e diminuição do volume do pão. O tempo de fermentação foi diminuído quando a quantidade de levedura foi dobrada, porém o volume do produto permaneceu inferior ao do controle.

Os custos de estocagem dos produtos congelados são altamente dependentes da temperatura usada, e segundo Lamb e Bender (1977) é importante usar temperaturas consistentes com o custo e a qualidade do produto. A sobrevivência dos organismos vivos (*Saccharomyces cerevisiae*) durante a estocagem congelada é geralmente maior, à medida que a temperatura de estocagem é diminuída. Para estocagem por períodos curtos, da ordem de 4 a 6 semanas, foi considerado adequado temperaturas de cerca de  $-10^{\circ}\text{C}$ . Entretanto, massas congeladas que foram armazenadas por maiores períodos de tempo, apresentaram vantagens sensíveis no produto final, quando foram usadas temperaturas mais baixas, da ordem de  $-30^{\circ}\text{C}$ .

Ainda que Marston (1978) tenha recomendado temperaturas de estocagem entre  $-18^{\circ}\text{C}$  a  $-25^{\circ}\text{C}$  para massas congeladas, Linko e Karhunen (1984), consideraram a temperatura de estocagem de  $-10^{\circ}\text{C}$ , por uma semana, suficiente para alguns tipos de massas congeladas,

devido a que ela não causou qualquer efeito negativo na qualidade do pão. Foi observado também que as temperaturas de estocagem de  $-10^{\circ}\text{C}$  ou ligeiramente superiores produziram pães com estrutura do miolo e volume levemente superiores, em comparação à estocagem da massa a  $-25^{\circ}\text{C}$  durante o período de 14 dias, o que representou uma economia de 23% nos custos de energia e até 40% nos custos de capitais.

Merrit (1960) usando massas congeladas a  $-33^{\circ}\text{C}$ , recomendou a temperatura de estocagem de  $-12^{\circ}\text{C}$  por 6 a 12 meses, visto que nestas condições a massa congelada manteve desempenho satisfatório.

Segundo Maitre (1984) a temperatura de conservação dos produtos congelados deve situar-se na faixa de  $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , sendo o tempo de conservação das massas congeladas variável e dependente do destino final da mesma. No caso de ser exportado deverá ter a duração de 3 a 6 meses, enquanto que quando se tratar de distribuição local, a duração poderá ser de 2 a 6 semanas.

O efeito de condições adversas de estocagem do produto congelado durante o seu transporte do produtor ao consumidor, foi simulado por vários ciclos de congelamento-descongelamento. O efeito do congelamento e descongelamento em massas congeladas a  $-34^{\circ}\text{C}$  e deixadas descongelar por uma hora à temperatura ambiente, seguida de novo congelamento, mostrou que a viabilidade das leveduras diminuiu conforme constatado pelo aumento dos tempos de fermentação final. Esse prejuízo foi mais severo após longos períodos de estocagem congelada, quando comparado com aquele obtido após estocagem curta. O tempo de fermentação final da massa congelada aumentou proporcionalmente ao número de ciclos de

congelamento-descongelamento. Foi, portanto, concluído que as massas devem ser mantidas congeladas para minimizar danos na viabilidade das leveduras (Hsu et al, 1979b).

## C - O DESCONGELAMENTO DAS MASSAS

A operação de descongelamento tem efeito na estabilidade das leveduras e na qualidade do pão (Dubois e Blockcolsky, 1986b; Holmes e Hosney, 1987). Os tempos de descongelamento variam com as condições da operação e dependem principalmente do tamanho da massa e da presença de embalagem. A umidade relativa tem influência significativa na velocidade de descongelamento. A duração do descongelamento é, em geral, mais breve com valores mais altos de umidade relativa (Anonymous, 1964). Foi considerado favorável descongelar as massas na própria embalagem, para se evitar o ressecamento da superfície (Mc Pherson e Lamb, 1948) e a formação de rachaduras externas do pão após cozimento.

### 1. - EFEITO DA VELOCIDADE DE DESCONGELAMENTO

Em geral, a velocidade de descongelamento tem pouco efeito na sobrevivência das células dos microorganismos quando a massa foi previamente congelada a velocidades de congelamento lento (inferior a  $10^{\circ}\text{C}$  por minuto). Entretanto, quando as velocidades de congelamento foram rápida e ultrarápida, a sobrevivência foi consideravelmente maior a velocidade de descongelamento rápida, (superior a  $50^{\circ}\text{C}$  por minuto), do que a velocidade lenta (inferior a  $12^{\circ}\text{C}$  por minuto) (Mazur, 1966; Mc



Leod e Calcott, 1976; citados por Davies e Obafemi, 1985). Esse comportamento foi explicado como uma consequência do crescimento dos cristais de gelo durante o descongelamento lento, o qual é prevenido ou minimizado em condições de descongelamento rápido (Ingram e Mc Key, 1976; citados por Davies e Obafemi, 1985).

Mazur (1961) citado por Linko e Karhunen (1984), recomendou o descongelamento lento das massas congeladas para minimizar o efeito prejudicial às leveduras. Foi observado que o descongelamento moderado a temperatura de 4°C resultou em pão de boa qualidade, enquanto que o descongelamento prolongado possibilitou a fermentação desuniforme da massa, resultando em pão de qualidade pobre. Entretanto, foi obtido produto de boa qualidade com descongelamento à temperatura ambiente de 25°C por 30 a 90 minutos, dependendo do tipo de produto, até atingir a temperatura de 0°C no interior da massa, antes do período de fermentação.

## 2. - CONDIÇÕES DE DESCONGELAMENTO

Lorenz e Bechtel (1964) estudaram condições de descongelamento nas quais as massas foram deixadas fermentar até uma altura pré-determinada. O descongelamento a temperaturas de 27 a 30°C e umidade relativa de 75% produziu os maiores volumes e as melhores granulidade e textura do miolo, comparativamente aos pães nas demais condições estudadas. A fermentação da massa à umidade relativa de 50% e à temperatura na faixa de 27 a 30°C foi longa e provocou a secagem superficial da massa, a formação de crosta superficial grossa no cozimento do pão, porém, a qualidade

geral do pão foi considerada satisfatória. À temperatura de 38 a 40°C, os tempos de fermentação da massa e o volume do pão foram relativamente menores, sendo observado que à umidade relativa de 95% houve uma condensação de água excessiva sobre as massas, o que prejudicou a estrutura do miolo e produziu pão com textura e granulidade pobres. As massas que foram deixadas descongelar em geladeira durante a noite e foram fermentadas a 30°C e 75% de umidade relativa apresentaram os menores tempos de fermentação e não tiveram efeitos adversos na qualidade do pão. As massas que foram descongeladas à temperatura ambiente, remisturadas, moldadas e posteriormente fermentadas a 30°C e 75% de umidade relativa, não mostraram benefícios na qualidade do pão.

Dubois e Blockcolsky (1986b) realizaram estudos comparativos de descongelamento em geladeira, à temperatura ambiente e em cabine de fermentação a 32°C. Considerando-se o menor tempo de fermentação na avaliação, os melhores procedimentos foram respectivamente aqueles nos quais as massas ficaram na geladeira por 24 e 16 horas, seguidos pelos descongelamentos a temperatura ambiente e por 1 hora em cabine de fermentação a 32°C. Entretanto, quando se consideraram o volume do pão, as massas que tiveram o melhor desempenho foram aquelas deixadas por 16 e 24 horas na geladeira, respectivamente. Os outros dois métodos estudados produziram pães com volumes menores, no período de estocagem estudado.

Holmes e Hosney (1987) estudaram vários métodos de descongelamento usando cabine de fermentação a 30°C, temperatura ambiente por 1 hora, geladeira por 12 e 24 horas e cabine a 38 e 43°C. As melhores condições, avaliadas pelo tempo de fermentação

da massa e pelo volume do pão, foram o descongelamento por 1 hora a 38°C e umidade relativa de 90-95%, seguida de fermentação da massa até atingir uma altura pré-determinada na massa fermentada não congelada. Esses autores acreditam que no congelamento da massa, as células de levedura sofreram desidratação a medida que a água se transferiu para fora da célula. Portanto, durante o descongelamento a 38°C, as leveduras foram reidratadas, sendo assim menos danificadas, comparativamente aos resultados obtidos a temperaturas de descongelamento inferiores.

Um problema relativo às massas congeladas se refere à demora que decorre, desde a saída da massa do congelador, até o cozimento final do pão, a qual é atribuída ao longo tempo de descongelamento da massa. Lamb e Bender (1977) estudando o uso de microondas no descongelamento não foram favoráveis ao método, pois acreditam que a temperatura da água descongelada inicialmente pode aumentar rapidamente enquanto a parte central da massa se apresenta ainda congelada. Este efeito pode ser especialmente prejudicial às leveduras, que podem morrer se a temperatura da massa atingir valores superiores à 45°C. Esses autores propuseram o uso de descongelamento com aquecimento forçado por convecção e o uso de crioprotetores na formulação da massa.

O problema do gradiente de temperatura no descongelamento das massas foi também apontado por Maitre (1984), que analisando as formas de descongelamento, a temperatura ambiente e a 30°C, observou que o aquecimento desuniforme devido à baixa condutividade térmica da massa congelada leva, a reativação desigual das leveduras e ao amolecimento da massa, devido principalmente à concentração de água na sua superfície. O autor

sugeriu o uso de câmara com umidade e temperatura programadas em duas etapas, o qual propicia primeiramente o descongelamento da massa, e em seguida, a sua fermentação. Durante a fase de descongelamento, a temperatura no centro da massa passou de  $-18$  a  $0^{\circ}\text{C}$ , o que permitiu uma redução marcante do fenômeno de condensação na superfície da massa. No decorrer da segunda fase, em uma atmosfera de umidade controlada, a temperatura aumentou de  $0^{\circ}\text{C}$  à  $20^{\circ}\text{C}$ , o que contribuiu para o desenvolvimento mais homogêneo da fermentação final das massas.

Storione e Tripier (1986), também estudaram o uso de armários climatizados para o descongelamento rápido das massas no período de 2 horas, seguido de fermentação. Através do controle da umidade relativa foi possível evitar a condensação de água e a formação de camada isolante quando a umidade relativa foi muito alta, ou ao contrário, evitou-se a formação de crosta grossa do pão, quando em condições de baixa umidade relativa que também prejudicaram o crescimento uniforme da massa. Desta forma, foi possível evitar diferenças muito grandes de temperatura entre a periferia e o centro da massa, o que possibilitou uma fermentação uniforme e pães com textura satisfatória.

#### D - ESTABILIDADE DAS MASSAS CONGELADAS E ARMAZENADAS.

##### 1 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A estabilidade da massa congelada e armazenada se refere a habilidade da mesma de fermentar por um período de tempo aceitável e de produzir pão com volume e características normais.

A estabilidade da massa congelada pode ser avaliada usando como critérios a qualidade das leveduras, as características reológicas e estruturais da massa e a qualidade global do pão.

#### 1.1. - EFEITO NA QUALIDADE DAS LEVEDURAS.

O efeito do congelamento e da estocagem congelada nas leveduras tem sido principalmente avaliado por métodos que medem a produção de gás, o tempo de fermentação e o número de leveduras viáveis presentes na massa.

Bruisma e Giesenschlag (1984), usaram as medidas de produção de gás das massas congeladas, através do Fermentógrafo Brabender, e os tempos de fermentação final da massa, para avaliar o efeito do período de estocagem congelada na estabilidade da mesma. Foi verificada uma diminuição na produção de gás com o decorrer do tempo de armazenamento, sendo igual a 50% do valor inicial na 12<sup>a</sup> semana de estocagem congelada. Houve também um aumento de 35 a 140 minutos nos tempos de fermentação, neste período de armazenamento.

Hsu et al (1979a), estudando fatores que afetam a estabilidade das massas levedadas congeladas, apontaram os produtos de fermentação formados anteriormente ao processo de congelamento como os causadores da diminuição do poder gaseificante das leveduras. Entre as substâncias prejudiciais à sobrevivência das leveduras foi verificado que a fração volátil foi mais nociva que a não volátil, e que o etanol, apesar de estar presente em quantidades relativamente altas comparativamente aos

materiais voláteis, foi reponsável parcial dos danos à levedura.

Kline e Sugihara (1968), verificaram que a morte das células de leveduras na estocagem congelada da massa, está relacionada à baixa retenção de gases. Estes pesquisadores constataram que a estrutura da massa pode ser enfraquecida por substâncias redutoras liberadas das células de leveduras mortas. Segundo Wolt e D'Appolonia (1984a), os danos do congelamento sobre as leveduras aumentaram a quantidade de compostos sulfídricos de baixo peso molecular proveniente das células de levedura.

## 1.2.- EFEITO NAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS E ESTRUTURAS DA MASSA.

Em trabalho realizado por Ponte (1960) citado por Wolt e D' Appolonia (1984a), foi isolado da levedura seca ativa o tripeptídeo glutationa, o qual foi associado a efeitos marcantes nas propriedades reológicas da massa e na qualidade do pão. Esses efeitos se referem ao menor tempo de mistura, ao aumento da extensibilidade, ao decréscimo do volume e a maior necessidade de oxidação da massa.

Varriano-Marston *et alli* (1980), estudaram as características extensigráficas e estruturais das massas congeladas e estocadas, com e sem leveduras e submetidas a ciclos de congelamento-descongelamento. Com relação às características extensográficas foi observado que, a medida que se aumentou os ciclos de congelamento-descongelamento, a extensibilidade das massas diminuiu e a resistência à extensão aumentou. Esses resultados sugeriram que os efeitos nas propriedades reológicas

causados pelo congelamento-descongelamento estão relacionados com o rompimento das células de levedura e a saída concomitante dos metabólitos e também com os componentes estruturais da massa, em particular a proteína, que foi drasticamente alterada pelo processo de recristalização.

Wolt e D'Appolonia (1984a) observaram que, a medida que a quantidade de glutatona presente no lixiviado das leveduras aumentou, a relação entre a elasticidade e a extensibilidade da massa decresceu, indicando o enfraquecimento da mesma. Por outro lado, não houve efeitos adversos dos lixiviados no volume do pão, quando foi utilizado o sistema de mistura "sem tempo", no qual a massa é totalmente desenvolvida na etapa de mistura. Porém, quando se adicionou glutatona pura no mesmo sistema, em teores superiores a 50 ppm, o volume do pão diminuiu. A adição de glutatona pura causou a diminuição do tempo de desenvolvimento, da tolerância à mistura da massa, e da relação da elasticidade pela extensibilidade, indicando o enfraquecimento da estrutura do glúten. Foi verificado que o bromato de potássio e o ácido ascórbico atenuaram parcialmente os efeitos reológicos adversos da glutatona na massa. Estes pesquisadores também determinaram que a relação da elasticidade pela extensibilidade de massas congeladas, com e sem leveduras, estocadas por 10 semanas, aumentou com o decorrer da estocagem, o que está de acordo com os resultados reportados por Varriano - Marston *et alii* (1980). Como as mudanças reológicas ocorridas na massa não corresponderam as modificações estruturais que seriam provocadas pelos compostos liberados pelas leveduras, os autores concluíram que estes compostos redutores não estão relacionadas com a queda das propriedades de retenção de gás

nas massas congeladas.

Wolt e D'Appolonia (1984a) também estudaram o efeito de substâncias redutoras (glutathiona) liberadas pelas leveduras em massas congeladas e no volume do pão. Quando a glutathiona pura foi incorporada em massas feitas pelos métodos "no-time" e de massa direta, o volume do pão em ambos sistemas de panificação diminuiu, sendo este efeito mais pronunciado na formulação da massa direta sem adição de oxidante. No entanto, quando o "lixiviado" das leveduras foi adicionado, não houve efeito negativo no volume do pão no sistema "no-time" de panificação.

Wolt e D'Appolonia (1984b), avaliaram o efeito do uso de 0.5% de estearoil lactil lactato de sódio, 0.5% de ácido diacetiltartárico e de 0.25% de carboximetilcelulose com base na farinha de trigo. Foi observado efeito melhorador nas massas em todos os casos, ocorrendo diminuição da extensibilidade e aumento da resistência à extensão com o decorrer do tempo de estocagem congelada.

Seibel e Crommentuyn (1963) observaram que a adição de 3mg % de bromato de potássio à farinha aumentou o volume da massa e o tempo de fermentação final, porém diminuiu a sua estabilidade. Quando foi utilizado 1 mg % de vitamina C houve aumento do volume da massa e do tempo de fermentação e diminuição na estabilidade da massa a 0 minutos quando testada no maturógrafo. O uso de 3 mg % de vitamina C foi considerado excessivo pelo formato da curva do "Oven Rise" e pela diminuição do volume do pão. No mesmo estudo foi concluído que os resultados obtidos no Maturógrafo e no "Oven Rise" foram sensíveis à adição de bromato de potássio à farinha e que o extensígrafo não mostrou efeito deste oxidante na massa



quando se fizeram medidas aos 10 e 70 minutos de descanso.

Maitre (1984), referindo-se ao problema de retenção de gás das massas congeladas, observou que a conservação das propriedades reológicas da massa após congelamento e estocagem depende das modificações do glúten causadas pelos efeitos das baixas temperaturas de armazenamento, da recristalização de água das operações de congelamento e descongelamento e das substâncias excretadas pelas leveduras danificadas.

### 1.3. - EFEITO NA QUALIDADE DO PÃO.

A qualidade do pão é normalmente determinada pelo volume e pela avaliação das características externas e internas.

Bruisma e Giesenschlag (1984), comprovaram que os ciclos de congelamento-descongelamento das massas afetaram a qualidade do pão em maior grau que a produção de gás e os tempos de fermentação final. A estrutura do miolo do pão obtida após os primeiros ciclos foi prejudicada, porém considerada satisfatória. A cada ciclo de congelamento-descongelamento a massa tornou-se mais mole, frágil, difícil de manipular e com aparência úmida. Foi suposto que a perda das características reológicas da massa foi o fator limitante na perda da qualidade do pão das massas congeladas.

Ono et al (1975) utilizaram o volume do pão para avaliar a estabilidade da massa congelada e armazenada. O volume do pão não diminuiu e a textura não mudou substancialmente durante as 12 semanas de estocagem a  $-20^{\circ}\text{C}$ , usando massas preparadas com a adição da levedura em duas etapas. Quando toda a levedura foi adicionada no início do processo de panificação, a qualidade foi

levemente reduzida no início da estocagem, sendo que na 4<sup>o</sup> semana o tempo de fermentação aumentou de 3,5 para 5 horas, o volume do pão diminuiu e a qualidade geral do pão caiu drasticamente.

O efeito de emulsificantes, amaciadores de miolo e oxidantes em massas congeladas foi medido através das determinações do volume e das características tecnológicas do pão. Kline e Sugihara (1968), observaram que a adição de 0 a 60 ppm de bromato de potássio acarretou maiores volumes do pão. Dubois e Blockcolsky (1986a) testaram o efeito do bromato de potássio e do estearoil lactil lactato de sódio (SSL) em massas congeladas, observando os melhores volumes do pão para massas estocadas por 12 semanas na presença de 43 ppm de bromato de potássio e 0.5% de SSL.

Varriano-Marston *et al* (1980), verificaram que massas congeladas e estocadas a -18°C contendo estearoil lactil lactato de sódio (SSL), bromato de potássio e ácido ascórbico produziram pães com o mesmo volume obtido nas massas frescas, após 1 e 2 meses de estocagem congelada. O tempo de fermentação final das massas congeladas aumentou após a estocagem congelada de 2 meses, porém a combinação bromato de potássio, ácido ascórbico e SSL apresentou os menores aumentos dos tempos de fermentação em relação as massas sem aditivos ou com apenas um deles. Os autores acreditam que o SSL agiu como crioprotetor, alterando as propriedades dos componentes da massa e tornando-os menos suscetíveis ao dano ocasionado pelo congelamento e descongelamento.

### III - MATERIAIS E MÉTODOS

#### A - MATERIAIS

##### 1 - MATÉRIA PRIMA

Foi utilizada uma mistura de farinha de trigo comercial dos tipos especial e comum, na proporções 1:1 armazenada em sacos de polietileno em câmara fria.

##### 2 - ADITIVOS, REAGENTES E INGREDIENTES

###### a. ADITIVOS

- Ácido ascórbico P.A. marca Roche
- Estearoil lactil lactato de sódio (SSL) marca Grinstead do Brasil.

###### b. REAGENTES

- Agar batata dextrosado marca Biobrás
- Ácido tartárico marca Carlo Erba

Foram empregados reagentes com grau de pureza exigido pelas análises.

###### c. INGREDIENTES

Os ingredientes utilizados na produção de pão foram de

natureza comercial, a saber: sal, gordura vegetal hidrogenada, sacarose e fermento biológico prensado (fresco).

### 3 - EMBALAGEM

As massas congeladas foram embaladas em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade, com espessura de filme de 40 micrômetros.

### 4 - APARELHOS E EQUIPAMENTOS

Para as análises químicas e microbiológicas, além da vidraria e utensílios comuns de laboratório, foram utilizados os seguintes aparelhos:

- Estufa com circulação de ar marca Fanem, modelo 320-SE.
- Digestor de proteínas marca Tecnal, modelo TE 035.
- Mufla marca Engro.
- Balança analítica marca Bosch, modelo S 2000.
- Dessecador.
- Farinógrafo Brabender.
- Viscoamilógrafo Brabender.
- Extensígrafo Brabender.
- Maturógrafo Brabender.
- Forno elétrico mini-eletro-vulcão marca Maq-Forno.
- Misturadeira rápida Tweedy marca Siam-Util.
- Balança comercial marca Filizola.
- Modeladora marca Siam-Util.
- Câmara de descanso com controle de temperatura e

umidade relativa marca Siam-Util.

- Formas de alumínio (14 x 6.8cm, 13 x 5.5cm, 4.2 cm)
- Túnel de circulação forçada de ar marca Rádio Frigor Refrigeração.
- Congelador doméstico marca Brastemp.
- Geladeira marca Brastemp.
- Forno microondas marca Brastemp.
- Indicador de temperatura com termopares tipo T
- Capela de fluxo laminar marca Veco.
- Estufa de incubação a 30°C marca Fanem.
- Planímetro marca Maho.
- Lupa marca Art Lab.
- Cronómetro marca Technos.
- Paquímetro marca Mitutoyo.

## B - MÉTODOS EXPERIMENTAIS

### 1- ANÁLISE QUÍMICA DA MATÉRIA-PRIMA

#### 1.1 - UMIDADE

Determinada segundo o método da American Association of Cereal Chemists (AACC) n<sup>o</sup> 44 - 15 (1969), usando um estágio com o tempo de 1 hora a 130°C.

#### 1.2 - PROTEÍNAS

Determinadas pelo método da AACC n<sup>o</sup> 46-11 (1969),

aplicando o fator NX 5.7 para o cálculo da proteína total.

### 1.3 - GORDURAS

Determinadas pelo método de Bligh & Dyer (1959).

### 1.4 - CINZAS

Determinadas pelo método da AACC n<sup>o</sup> 08 - 01 (1969).

2- DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DIASTÁTICA E DA ABSORÇÃO DE H<sub>2</sub>O DA FARINHA DE TRIGO. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE MISTURA E DE EXTENSÃO DA MASSA.

#### 2.1 - ATIVIDADE DIASTÁTICA.

A atividade de  $\alpha$ -amilase da farinha de trigo foi determinada usando-se o viscoamilógrafo Brabender, segundo o método n<sup>o</sup> 22 - 10 da AACC. O parâmetro avaliado foi a viscosidade máxima que corresponde ao valor de viscosidade em U.A. (Unidades Amilográficas) no ponto mais alto da curva. É um teste qualitativo no qual se relaciona a atividade da enzima  $\alpha$ -amilase com a viscosidade atingida pela pasta durante o aquecimento de 25 a 95°C sob agitação constante e aquecimento a uma taxa de 1.5°C/min.

#### 2.2. - ABSORÇÃO DE ÁGUA E PROPRIEDADES DE MISTURA.

A absorção de água da farinha de trigo e as propriedades

de mistura do sistema farinha de trigo e água foram determinadas no farinógrafo Brabender, segundo método da AACC n<sup>o</sup> 54-21 utilizando-se 300g de farinha com 14% de umidade.

Os parâmetros utilizados para interpretar o farinograma foram os seguintes:

a) Absorção de água.

Quantidade de água necessária para o centro da curva do farinograma alcançar a linha das 500 unidades farinográficas (U.F).

b) Tempo de chegada.

Tempo em minutos necessário para que o topo da curva alcance a linha das 500 UF após o misturador ser ligado e a água introduzida.

c) Tempo de desenvolvimento da massa.

Tempo em minutos requerido para a massa atingir o ponto máximo da curva.

d) Estabilidade.

Diferença de tempo relativo ao ponto onde o topo da curva intercepta a linha das 500 UF até o momento em que o topo deixa essa linha.

e) Tempo de saída.

Tempo em minutos que leva desde a adição de água até o topo da curva deixar a linhas das 500 UF.

f) Índice de tolerância da massa.

Diferença, em unidades farinográficas, desde o topo da curva no pico até 5 minutos após o pico ser atingido.

### 2.3. - PROPRIEDADES DE EXTENSÃO

As propriedades de extensão da farinha de trigo foram determinadas no extensígrafo Brabender segundo o método da AACC No: 54-10 (AACC, 1969).

Os parâmetros utilizados para a análise dos extensigramas foram:

a) Extensibilidade

Comprimento do extensigrama medido em milímetros.

b) Resistência a extensão

Medida obtida na curva à 50 mm após o início do teste, expressa em Unidades Extensigráficas (U.E.)

c) Resistência máxima

Medida da altura máxima do extensigrama, em Unidades Extensigráficas (U.E.)

d) Energia

Área em  $\text{cm}^2$  medida sob a curva do extensigrama medida com auxílio de planímetro

### 3. - PREPARO DA MASSA: FORMULAÇÃO, MISTURA, DIVISÃO E MOLDAGEM.

O esquema das etapas de preparo da massa está apresentado na figura 1.



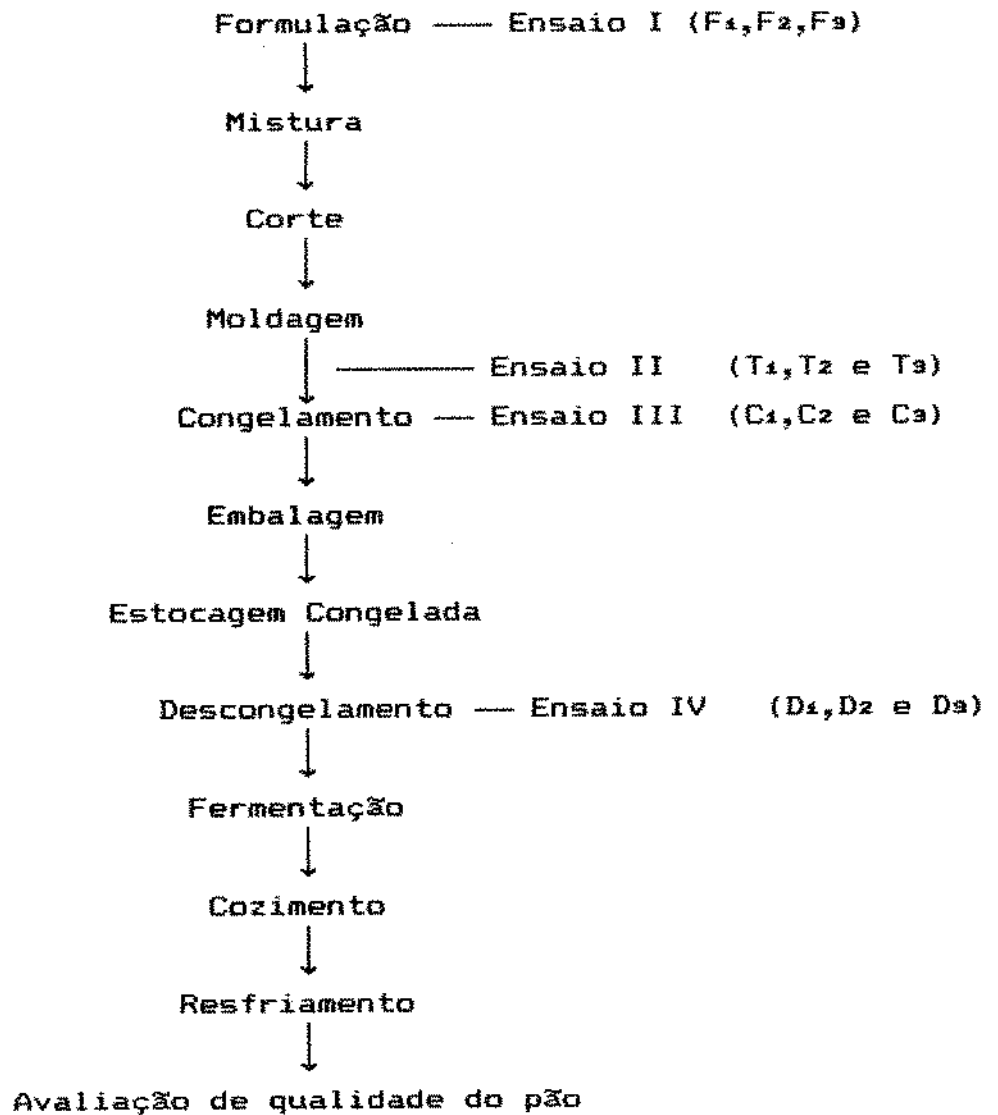


FIGURA 1: Esquema geral dos ensaios.

F1- Formulação sem aditivos.  
 F2- Formulação com vitamina C.  
 F3- Formulação com vitamina C e Esterlac.

T1- 20 minutos de espera.  
 T2- 40 minutos de espera.  
 T3- 60 minutos de espera.

C1- Congelamento em congelador doméstico.  
 C2- Congelamento em túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$ .  
 C3- Congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$ .

D1- Descongelamento em geladeira.  
 D2- Descongelamento em microondas.  
 D3- Descongelamento em cabine a  $30^{\circ}\text{C}$ .

### 3.1. - FORMULAÇÃO

A formulação usada no preparo das massas foi a seguinte:

|                  |        |
|------------------|--------|
| Farinha %        | 100.00 |
| Água %           | 60.90  |
| Fermento %       | 4.50   |
| Sal %            | 1.75   |
| Açúcar %         | 2.00   |
| Bordura %        | 3.00   |
| SSL %            | 0.50   |
| Vitamina C (ppm) | 150    |

### 3.2. - PREPARO DA MASSA: MISTURA, DIVISÃO E MOLDAGEM.

Os ingredientes usados na formulação foram misturados em misturadeira de alta velocidade, denominada "Tweedy", até o completo desenvolvimento do glúten. A temperatura da água foi próxima a 0°C e a temperatura final da massa foi de 20±0.5°C.

Imediatamente após a mistura, as massas foram divididas em porções de 175 g, boleadas, moldadas na forma cilíndrica e colocadas em formas metálicas de 13 x 5.5 x 4.2 cm destinadas ao teste de panificação. As massas restantes foram colocadas em bandejas de tela metálica para o congelamento.

### 4 - PROCESSAMENTO DO PÃO: CONGELAMENTO, ESTOCAGEM, DESCONGELAMENTO, FERMENTAÇÃO E COZIMENTO

O tempo decorrido após a mistura da massa até a entrada

no congelador, foi referido neste estudo como tempo de espera, o qual foi fixado em 20 minutos, nas condições padrão.

#### 4.1. - CONGELAMENTO E ESTOCAGEM

As peças de massa moldadas foram congeladas em túnel de circulação forçada de ar a  $-30^{\circ}\text{C}$  até a temperatura central atingir a faixa de  $-15$  a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Foram feitas duas leituras da temperatura por minuto, através de termopares de cobre-constantan inseridos no centro da massa. A temperatura do ar foi medida através de termopar colocado no interior do túnel.

As massas congeladas foram então embaladas em sacos de polietileno e estocadas em congelador tipo doméstico a temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$ , durante 16 semanas.

#### 4.2. - DESCONGELAMENTO

As massas congeladas foram removidas do congelador, e deixadas descongelar na própria embalagem a temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$  e 80% de umidade relativa, até que a temperatura central da massa atingisse  $20^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.3. - FERMENTAÇÃO

As massas preparadas e não congeladas foram referidas neste trabalho como massas com tempo "zero" de estocagem. Elas foram fermentadas a temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de 80% pelo tempo pré estabelecido no teste de panificação e que é de 95 minutos após o qual foi medida a altura atingida pela massa não

congelada com auxílio de um paquímetro. Foi adotado esse procedimento com base nos testes preliminares que mostraram que a fixação do tempo de fermentação em 95 minutos deteriorou fortemente as características de qualidade das massas congeladas e armazenadas e do pão, mascarando os efeitos dos tratamentos e do tempo de armazenamento congelado que foram o objetivo desse trabalho.

#### 4.4. - COZIMENTO

Após a fermentação, a massa foi transferida cuidadosamente para o cozimento em forno à temperatura de 220°C, durante 20 minutos.

### 5 - ENSAIOS REALIZADOS

O esquema correspondente aos quatro ensaios realizados é encontrado na Figura 1.

#### 5.1. ENSAIO I - Efeito da formulação

No estudo do efeito dos ingredientes usados na formulação da massa foram realizados 3 tratamentos designados F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, nas condições padrão pré-estabelecidas anteriormente nos itens 3 e 4, variando-se apenas a formulação:

F<sub>1</sub>- Massa sem aditivos. Foram usados os ingredientes e as porcentagens indicadas na formulação (item 3.1), porém sem a adição de vitamina C e SSL.

F<sub>2</sub>- Massa com vitamina C. Foram usados os ingredientes

nas porcentagens indicadas na formulação, porém sem adição de SSL.

F<sub>3</sub>- Massa com vitamina C e SSL. Foram usados os ingredientes nas porcentagens indicadas na formulação (condições pré-estabelecida)

#### 5.2. - ENSAIO II - Efeito do tempo de espera.

No estudo do efeito do tempo de espera foram realizados 3 tratamentos designados de T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, nas condições padrão pré-estabelecidas anteriormente nos itens 3 e 4, variando-se apenas o tempo anterior ao congelamento:

T<sub>1</sub> - 20 minutos (condição pré-estabelecida).

T<sub>2</sub> - 40 minutos.

T<sub>3</sub> - 60 minutos.

#### 5.3. - ENSAIO III - Efeito do congelamento.

No estudo do efeito do congelamento foram efetuados 3 tratamentos designados C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub>, nas condições padrão pré-estabelecidas nos itens 3 e 4, variando-se apenas a forma de congelamento das massas:

C<sub>1</sub> - Em congelador doméstico

C<sub>2</sub> - Em túnel de circulação forçada de ar à temperatura de -15°C.

C<sub>3</sub> - Em túnel de circulação forçada de ar à temperatura de -30°C (condição pré-estabelecida).

#### 5.4. - ENSAIO IV - Efeito do descongelamento.

No estudo do efeito do descongelamento foram efetuados 3 tratamentos designados D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub>, nas condições padrão pré-estabelecidas nos itens 3 e 4 variando-se apenas as condições de descongelamento.

D<sub>1</sub> - Em geladeira (16 horas a 4°C).

D<sub>2</sub> - Em forno de microondas, usando baixa potencia até a temperatura central da massa atingir 20°C.

D<sub>3</sub> - Em cabine de fermentação a 30°C até a temperatura central atingir 20°C (condição pré-estabelecida).

#### 6 - AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS

A avaliação dos 4 ensaios foi baseada na determinação das propriedades de extensão e de fermentação das massas, na avaliação da qualidade global dos pães e na determinação do poder fermentativo. Posteriormente foi analisado o efeito nesses parâmetros do tempo de armazenamento congelado. Com essa finalidade foram retiradas amostras após 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas de estocagem congelada. As determinações do número de leveduras viáveis foram feitas após 4, 9 e 16 semanas de estocagem congelada.

##### 6.1. - DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE EXTENSÃO DAS MASSAS.

As propriedades de extensão das massas após descongelamento foram determinadas no extensígrafo Brabender,

utilizando-se 2 amostras de 150 g. Após boleamento e modelagem, as massas foram colocadas no suporte do extensígrafo e transportadas para as cabines de fermentação à 30°C. O teste de extensão foi feito após 45, 90 e 135 minutos de fermentação.

Os parâmetros utilizados na análise dos extensigramas foram indicados no item 2.3.

## 6.2. - CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO DAS MASSAS

### 6.2.1. - PROPRIEDADES DE FERMENTAÇÃO AVALIADAS PELO MATURÓGRAFO.

As propriedades de fermentação das massas foram determinadas no Maturógrafo Brabender, conforme Seibel & Crommentuyn (1963).

O maturógrafo é um aparelho destinado a avaliar algumas características da massa durante a etapa da fermentação. Pode-se determinar exatamente o tempo de fermentação, a resistência da massa (elasticidade), a tolerância do período de fermentação (estabilidade) e o volume final (altura máxima) atingido pela massa fermentada em condições de temperatura (30°C) e umidade relativa (80%) constantes.

Amostras de 150 gramas de massa descongelada foram pesadas, boleadas, colocadas nos recipientes apropriados do aparelho e mantidas na câmara de fermentação à 30°C durante 90 minutos. As amostras foram então submetidas a novo boleamento a cada 30 minutos de descanso. Terminado o tempo de fermentação, as massas boleadas foram devidamente posicionadas no Maturógrafo para o início do teste.

Os parâmetros utilizados para a análise dos maturatedogramas foram:

a) Tempo de fermentação.

Tempo (em minutos) necessário para a curva maturatedográfica atingir o seu ponto máximo.

b) Altura máxima ou nível da massa.

Valor em unidades maturatedográficas (U.M.) obtidos desde a linha básica até o topo do pico máximo.

c) Estabilidade da massa ou tolerância à fermentação.

Tempo (em minutos) em que a curva se mantém no ponto máximo, medido por meio de um dispositivo especial que acompanha o aparelho.

#### 6.2.2. - TEMPO DE FERMENTAÇÃO AVALIADO PELO TESTE DE PANIFICAÇÃO.

O tempo de fermentação foi obtido quando as massas descongeladas atingiram a altura da massa não congelada (fresca), após 95 minutos de fermentação, pré-estabelecido no teste de panificação (El Dash, 1978).

#### 6.2.3. - DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE LEVEDURAS VIÁVEIS.

Foi utilizado o método de contagem em placas para a determinação de leveduras viáveis, o qual consistiu em homogenizar 10 g de massa descongelada em liquificador na presença de 90 ml de água esterilizada. A suspensão de massa foi submetida à diluições seriadas. Uma alíquota foi semeada em agar de batata com dextrose ajustando o pH em 3,5 com ácido tartárico. As placas foram



incubadas a 30°C durante 5 dias, realizando-se a contagem naquelas que apresentaram entre 30 e 300 colônias.

O resultado obtido foi expresso como unidades formadas de colônias por grama de massa (u.f.c./g).

As contagens de leveduras viáveis foram realizadas nas massas frescas (não congeladas) e nas massas após 4, 9 e 16 semanas de estocagem, em todos os ensaios realizados.

### 6.3. - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE GLOBAL DO PÃO: DETERMINAÇÃO DO VOLUME ESPECÍFICO, DAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS E INTERNAS, AROMA E GOSTO DO PÃO (segundo El Dash, 1978).

Ao sair do armazenamento congelado, as massas usadas na avaliação da qualidade global, foram retiradas do saco plástico, acondicionadas em formas metálicas e transportadas à câmara de fermentação a 30°C e 80% de umidade relativa. O tempo de fermentação em cada um dos quatro ensaios variou em função da altura determinada na massa fresca após os 95 minutos de fermentação, pré-estabelecidos no teste de panificação original.

#### 6.3.1. - DETERMINAÇÃO DO VOLUME ESPECÍFICO

Após o resfriamento, os pães foram pesados e os seus volumes determinados pelo método de deslocamento de sementes de painço, em recipiente de volume previamente conhecido. O volume específico foi calculado relacionando o volume e o peso dos pães (cm<sup>3</sup>/g). Esse valor foi multiplicado pelo fator 3.33 para que o valor máximo de pontos atribuídos ao volume específico seja de 20.

### 6.3.2. - AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS E INTERNAS DO PÃO.

As características externas do pão foram atribuídos 20 pontos, subdivididos em: cor da crosta (10 pontos), quebra (5 pontos) e simetria (5 pontos).

As características internas do pão foram atribuídos 35 pontos, subdivididos em: características da crosta (5 pontos), cor do miolo (10 pontos), estrutura da célula do miolo (10 pontos) e textura do miolo (10 pontos).

### 6.3.3. - AROMA E GOSTO.

Ao aroma e ao gosto foram atribuídos 25 pontos, sendo o aroma responsável por 10 pontos e o gosto por 15 pontos. O valor máximo incluído o volume e as demais características de qualidade do pão foi de 100 pontos.

## 7. - ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Os resultados dos parâmetros de extensão, de fermentação e de qualidade do pão foram submetidos à análise de variância, e em aqueles onde se verificou uma diferença significativa ao nível de 5%, aplicou-se o teste de comparação de Tukey.

A análise estatística considerou duas variáveis: os tratamentos estudados dentro de cada efeito, e o tempo de estocagem. No primeiro caso, as comparações foram realizadas entre

os três tratamentos de cada ensaio, e no segundo caso, as comparações foram realizadas entre as massas não congeladas e as massas congeladas e estocadas durante 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas dos 4 ensaios estudados.

#### IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 1 - ANÁLISE QUÍMICA DA FARINHA DE TRIGO.

Os resultados das análises químicas da mistura de farinha de trigo usada se encontram na tabela 1.

Os valores de proteínas e de cinzas da farinha de trigo, concordaram com aqueles requeridos para a elaboração de pão pelos métodos convencionais e contínuos (Pomeranz, 1978).

##### 2 - DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DIASTÁTICA, DAS PROPRIEDADES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E DE MISTURA, E DAS PROPRIEDADES DE EXTENSÃO DA FARINHA DE TRIGO.

As tabelas 2 e 3 mostram, respectivamente, os valores dos parâmetros farinográficos e extensográficos da mistura de farinha de trigo usada.

A viscosidade máxima da pasta de farinha de trigo, determinada no viscoamilógrafo foi de 1.000 U.A., indicando que o teor de  $\alpha$ -amilase da farinha de trigo foi ligeiramente inferior ao recomendado para uso em panificação, que está na faixa de 525-600 U.A. (Pomeranz, 1978).

A análise dos parâmetros farinográficos e extensográficos revelou que a farinha de trigo usada tem propriedades de glúten de força média a fraca, características de grande parte das farinhas de trigo produzidas no Brasil (Camargo e Camargo, 1987).

TABELA 1

## Análise química da farinha de trigo

| COMPONENTES                  |         |
|------------------------------|---------|
| Proteína (N x 5.7)           | 11.07 % |
| Umidade                      | 12.06%  |
| Gordura                      | 1.03%   |
| Cinzas                       | 0.49%   |
| Carboidratos (por diferença) | 75.35%  |

TABELA 2

## Valores farinográficos da farinha de trigo.

| PARAMETROS                      |      |
|---------------------------------|------|
| Absorção de água (%)            | 60.9 |
| Tempo de chegada (min.)         | 1.0  |
| Tempo de desenvolvimento (min.) | 5.5  |
| Estabilidade (min.)             | 14.0 |
| Tempo de saída (min.)           | 15.0 |
| Índice de tolerância (U.F)      | 20.0 |

TABELA 3

Valores extensigráficos da farinha de trigo

| PARAMETRO                          | TEMPO DE DESCANSO |      |      |
|------------------------------------|-------------------|------|------|
|                                    | (min.)            |      |      |
|                                    | 45                | 90   | 135  |
| Resistência à extensão RE<br>(U.E) | 290               | 350  | 315  |
| Resistência máxima RM<br>(U.E)     | 520               | 550  | 524  |
| Extensibilidade E<br>(cm)          | 185               | 173  | 184  |
| Número proporcional R/E            | 1.57              | 2.02 | 1.71 |

## 3 - CURVAS DE CONGELAMENTO

Nas figuras 2, 3 e 4 são mostradas as curvas de congelamento das massas, que relacionam as medidas de temperatura com o tempo de congelamento, usando congelador doméstico e túnel com circulação forçada de ar a  $-15$  e  $-30^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

Cada figura mostra 3 curvas relativas às temperaturas no centro da massa sem embalagem ( $T_1$ ), no centro da massa colocada na forma metálica ( $T_2$ ) e no interior do congelador ( $T_3$ ).

As curvas de resfriamento, independentemente do tipo de congelamento usado apresentaram três fases distintas, o que mostrou um comportamento típico: no início, o abaixamento da temperatura da massa até um nível abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$ , a manutenção dessa temperatura por um determinado tempo, formando um pseudo-patamar e, no final, o abaixamento da temperatura a valores

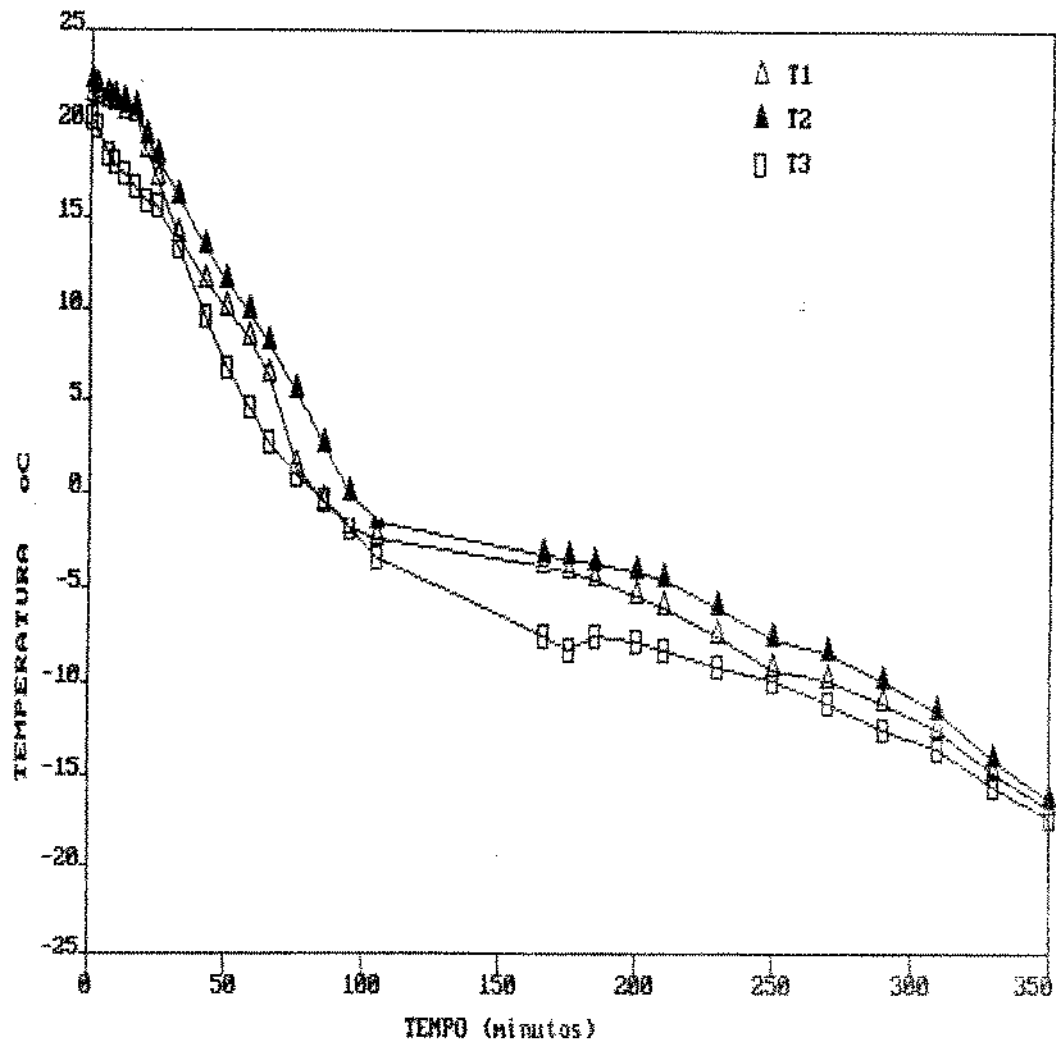


Figura 2. Congelamento em congelador doméstico

- T1. Termopar 1 - no centro da massa não embalada
- T2. Termopar 2 - no centro da massa, na forma metálica
- T3. Termopar 3 - no interior do congelador

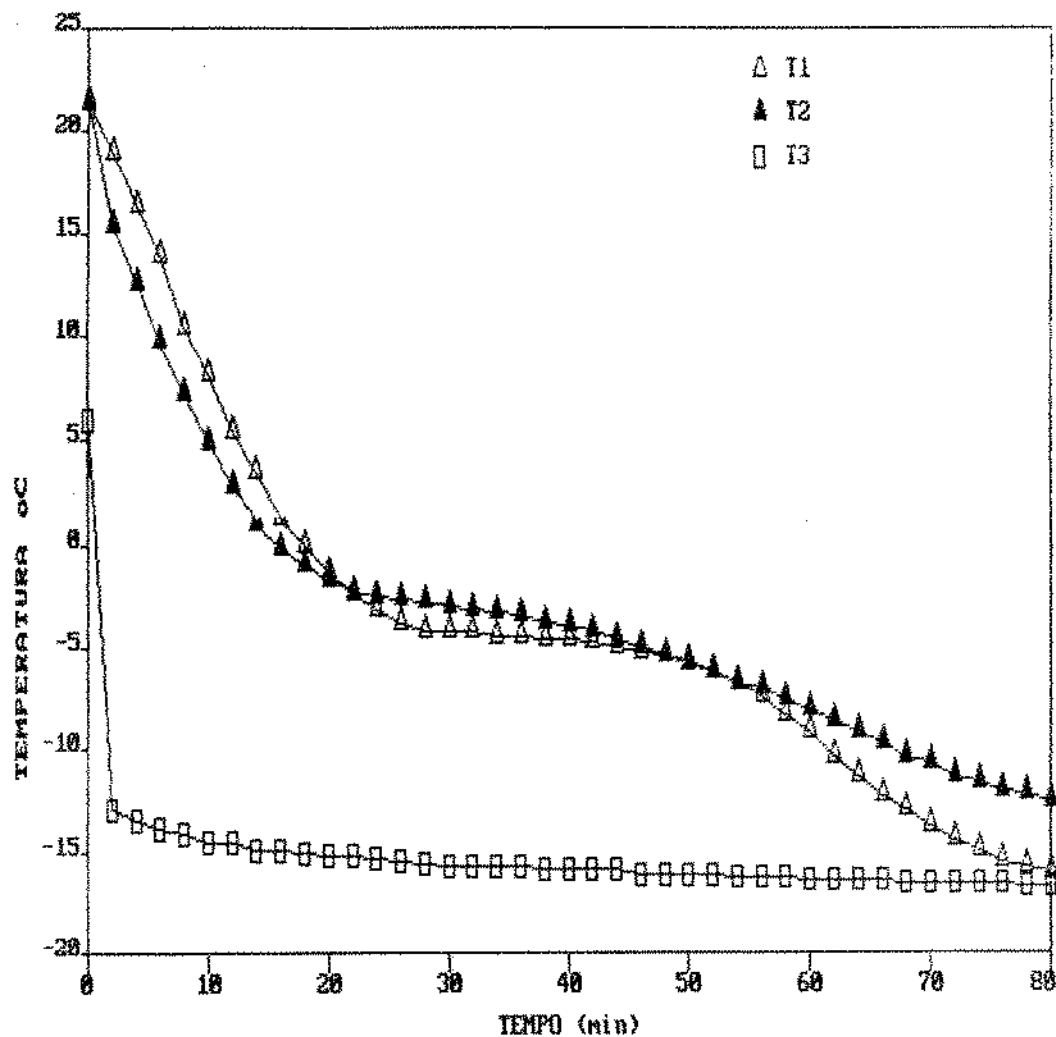


Figura 3. Congelamento em túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$

T1. Termopar 1 - no centro da massa não embalada

T2. Termopar 2 - no centro da massa, na forma metálica

T3. Termopar 3 - no interior do túnel (ar)



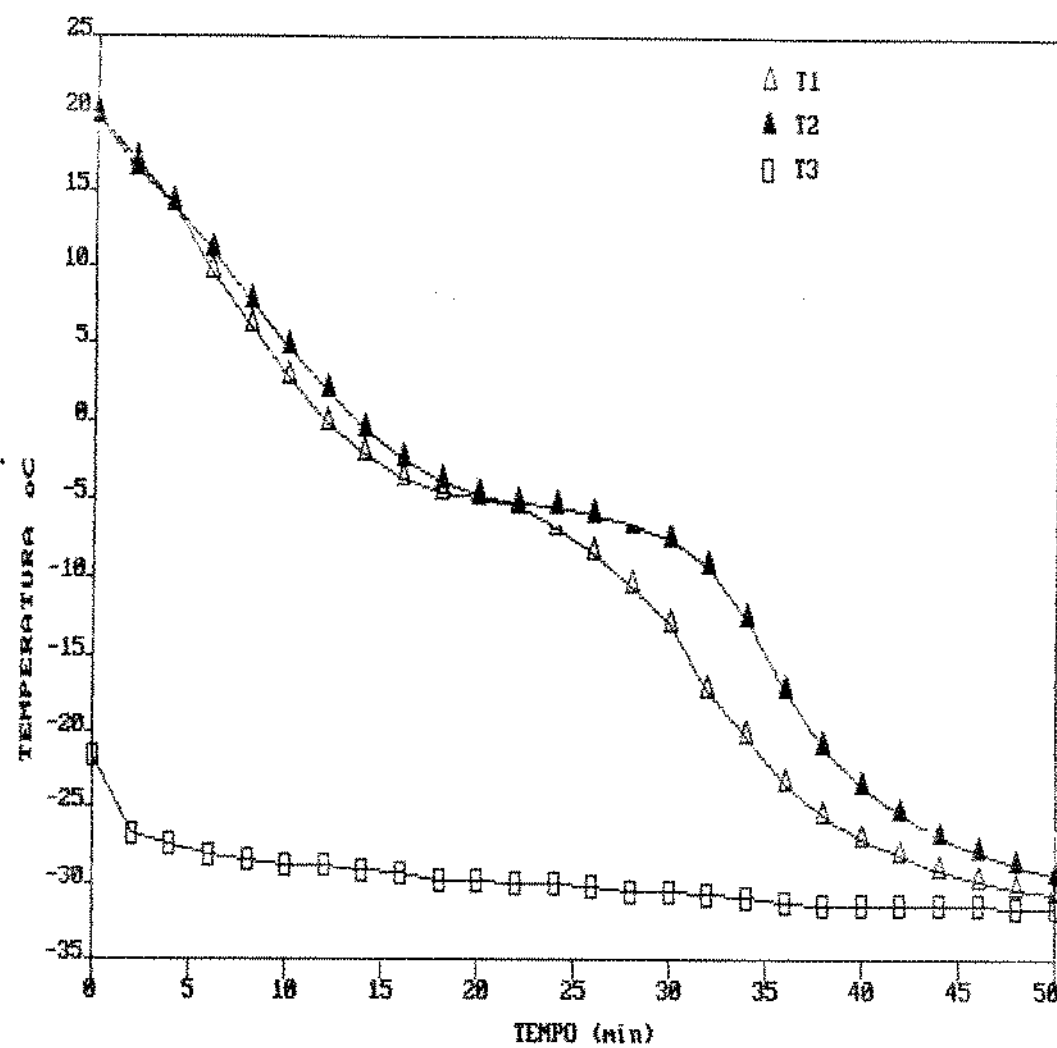


Figura 4. Congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$

- T1. Termopar 1 - no centro da massa não embalada
- T2. Termopar 2 - no centro da massa, na forma metálica
- T3. Termopar 3 - no interior do túnel (ar)

que dependeram diretamente do tipo de congelamento usado.

Na figura 2, o abaixamento da temperatura até cerca de  $0^{\circ}\text{C}$  ocorreu em período de 90 e 100 minutos, para as massas não embaladas e em forma metálica, respectivamente. Observou a seguir, um patamar na faixa de  $-2$  a  $-5^{\circ}\text{C}$ , com duração de aproximadamente 100 minutos para ambas as massas. Na etapa de têmpera, as massas foram levadas até  $-15^{\circ}\text{C}$  em 140 minutos. Ambas as curvas  $T_1$  e  $T_2$  foram similares, porém as massas colocadas na forma metálica, tiveram valores de temperatura ligeiramente superiores, quando comparadas em um mesmo tempo. Esse comportamento foi certamente devido à forma metálica no congelamento realizado.

No congelador doméstico, as massas ficaram expostas à temperaturas baixas por período prolongado, visto que a operação total foi realizada em cerca de 350 minutos.

Na figura 3, foi observado o abaixamento da temperatura da massa até cerca de  $0^{\circ}\text{C}$  em aproximadamente 20 minutos, seguido da remoção do calor latente em 37 minutos e do resfriamento final até a temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  em 23 minutos, totalizando assim o período de 80 minutos para a operação. A curva de congelamento da massa condicionada em forma metálica foi similar à curva obtida pela massa não embalada.

Na figura 4 as curvas correspondentes à massa com e sem forma metálica tiveram perfil similar, apresentando tempo de resfriamento da massa de cerca de 13 minutos, seguido do patamar no intervalo de  $-4$  a  $-7^{\circ}\text{C}$ , durante o período de 15 minutos e tempo de têmpera de 22 minutos, completando o tempo total de congelamento em 50 minutos.

As curvas de temperatura em função do tempo evidenciaram diferença marcante no tempo transcorrido nas operações de

congelamento, relacionadas com os diferentes sistemas utilizados. Quando foi usado o congelador doméstico, os tempos totais de congelamento foram cerca de 5 e 7 vezes superiores àqueles obtidos nos congelamentos em túnel a  $-15$  e  $-30^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. É importante ressaltar que as temperaturas finais das massas foram bem diferentes, em função das temperaturas das câmeras de congelamento usadas.

A análise comparativa das curvas de congelamento das massas mostrou que os menores tempos de congelamento foram obtidas em túnel, a  $-30^{\circ}\text{C}$  e  $-15^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

## PARTE I - EFEITO DOS ENSAIOS I, II, III E IV NAS CARACTERÍSTICAS VISCOELÁSTICAS E DE FERMENTAÇÃO DA MASSA E DA QUALIDADE DO PÃO.

### 4. - EFEITO DA FORMULAÇÃO (ENSAIO I) NAS CARACTERÍSTICAS VISCOELÁSTICAS E DE FERMENTAÇÃO DA MASSA E NA QUALIDADE DO PÃO.

Neste ítem são apresentados e discutidos os resultados referentes ao efeito da formulação da massa nas características de extensão, de fermentação determinadas pelo maturógrafo e pelo teste de panificação e a viabilidade das leveduras das massas congeladas e estocadas de 3 a 16 semanas. São apresentados e discutidos também os resultados da avaliação tecnológica dos pães obtidos dessas massas.

#### 4.1. - EFEITO DA FORMULAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS VISCOELÁSTICAS DA MASSA.

A tabela 4 mostra o efeito da formulação nos parâmetros de extensão das massas não congeladas e após congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$  e estocagem de 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

A formulação sem aditivos ( $F_1$ ) apresentou uma queda acentuada da resistência à extensão até a 5<sup>a</sup> semana mantendo-se praticamente constante durante o restante do período (Fig. 5). O comportamento da resistência máxima das massas foi similar ao da resistência a extensão no período de armazenamento estudado.

A análise dos valores da resistência à extensão das massas nas três formulações e para cada tempo de armazenamento estudado, mostrou diferenças estatisticamente significativas ao nível de 5% o que foi confirmado pelo teste de Tukey (Anexo 1). As

TABELA 4: EFEITO DA FORMULAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO DAS MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO<sup>1</sup> E ESTOCAGEM CONGELADA

| Tratamento <sup>2</sup>      | Resistência à Extensão (U.E.) |     |     | Resistência Máxima (U.E.) |     |     | Extensibilidade (mm) |    |    | Energia (cm <sup>2</sup> ) |    |    |
|------------------------------|-------------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|----------------------|----|----|----------------------------|----|----|
|                              | F1                            | F2  | F3  | F1                        | F2  | F3  | F1                   | F2 | F3 | F1                         | F2 | F3 |
| Tempo de Estocagem (semanas) |                               |     |     |                           |     |     |                      |    |    |                            |    |    |
| 0 <sup>3</sup>               | 450                           | 570 | 440 | 460                       | 635 | 540 | 91                   | 71 | 68 | 48                         | 52 | 45 |
| 3                            | 380                           | 490 | 400 | 380                       | 520 | 490 | 95                   | 76 | 65 | 43                         | 42 | 41 |
| 5                            | 295                           | 470 | 360 | 295                       | 475 | 430 | 87                   | 76 | 68 | 31                         | 43 | 36 |
| 7                            | 260                           | 460 | 350 | 280                       | 425 | 400 | 78                   | 73 | 66 | 26                         | 40 | 31 |
| 9                            | 290                           | 460 | 390 | 295                       | 470 | 360 | 77                   | 70 | 64 | 28                         | 38 | 31 |
| 11                           | 265                           | 395 | 375 | 290                       | 460 | 360 | 72                   | 72 | 67 | 25                         | 41 | 32 |
| 16                           | 275                           | 425 | 360 | 275                       | 445 | 390 | 78                   | 73 | 68 | 29                         | 38 | 33 |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> F1- Formulação sem aditivos.

F2- Formulação com Vitamina C.

F3- Formulação com Vitamina C e SSL.

<sup>3</sup> Massa não congelada.

U.E. - Unidades Extensigráficas.

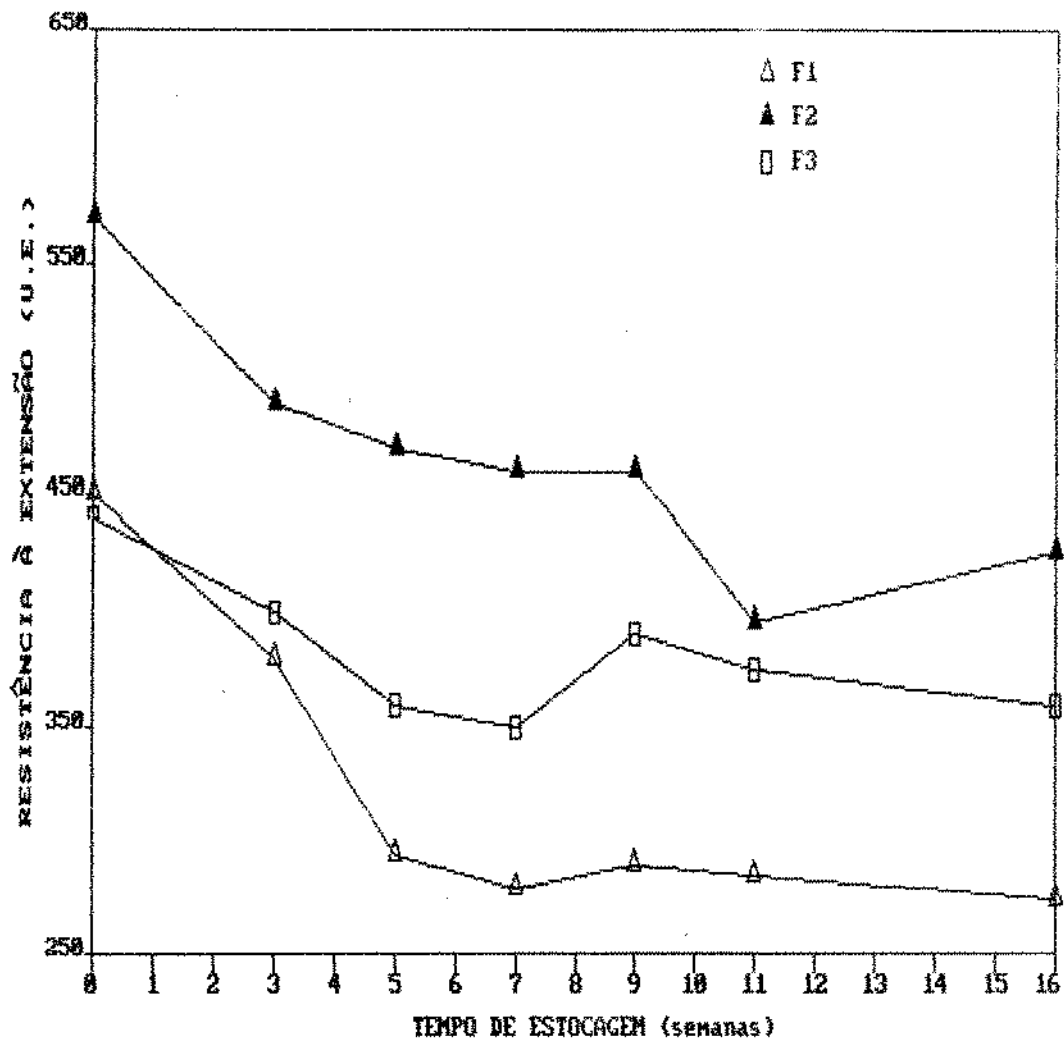


Figura 5. Efeito da formulação na resistência à extensão das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada

F1. Formulação sem aditivos

F2. Formulação com vitamina D

F3. Formulação com vitamina C e SSL

0. Massa não congelada

U.E. Unidades extensigráficas

formulações sem aditivos e na presença de vitamina C, apresentaram os menores e os maiores valores, respectivamente (Anexo 2). O mesmo comportamento foi observado para a resistência máxima.

A presença de estearoil lactil lactato de sódio (SSL) na formulação F<sub>3</sub> causou, em comparação com a formulação F<sub>2</sub>, uma queda sensível na resistência à extensão das massas não congeladas e após 3, 5 e 7 semanas de armazenamento. (Tabela 4). Estes resultados concordaram com aqueles obtidos por Varriano - Marston *et al* (1980), os quais trabalhando com massas congeladas obtiveram valores de resistência à extensão menores quando o SSL foi adicionado à massa na presença de ácido ascórbico e bromato de potássio.

Com relação à extensibilidade, as formulações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> não diferiram entre si, porém foram diferentes da formulação sem aditivos que apresentou os valores mais altos (Tabela 4).

Considerando-se a energia, as formulações F<sub>1</sub> e F<sub>3</sub> não se diferenciaram entre si, porém foram diferentes da formulação contendo vitamina (F<sub>2</sub>) que apresentou os maiores valores. Esse resultado mostrou que a vitamina C isoladamente, foi mais efetiva no fortalecimento do glúten do que em conjunto com SSL. O mesmo efeito foi também citado por Varriano - Marston *et al* (1980), que obtiveram queda da resistência à extensão em massas tratadas com vitamina C e bromato de potássio na presença de SSL.

#### 4.2. - EFEITO DA FORMULAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO DA MASSA.

Para avaliar o efeito da formulação nas características de fermentação das massas, foram considerados os resultados

obtidos da análise dos parâmetros do maturógrafo Brabender (tempo de fermentação, altura máxima e estabilidade das massas), do tempo de fermentação (determinado no teste de panificação), e das leveduras viáveis presentes na massa.

#### 4.2.1. - EFEITO NOS PARAMETROS DE FERMENTAÇÃO AVALIADOS PELO MATURÓGRAFO.

Na tabela 5 é apresentado o efeito das formulações nas propriedades de fermentação das massas congeladas nos tempos de 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

Na figura 6 são representados os valores de altura máxima das massas nas três formulações, antes e após congelamento e estocagem congelada nos tempos estudados. As massas não congeladas F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> tiveram os valores de altura máxima próximos, indicando que as formulações não afetaram praticamente este parâmetro. Porém após o congelamento e estocagem congelada, a massa da formulação sem aditivos apresentou queda sensível no valor da altura máxima na 5<sup>a</sup> semana de estocagem, a qual se manteve praticamente constante até a 11<sup>a</sup> semana, tornando a cair de forma marcante na 16<sup>a</sup> semana de estocagem. A presença única de vitamina C e em conjunto com o SSL nas formulações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> respectivamente, evitaram a queda dos valores de altura máxima, os quais permaneceram praticamente inalterados após o congelamento e no decorrer do período de estocagem congelada. Esse comportamento refletiu o efeito melhorador nas características de fermentação das massas, na presença desses aditivos.

A análise estatística dos resultados mostrou que os



TABELA 5: EFEITO DA FORMULAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO DAS MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO<sup>1</sup> E ESTOCAGEM CONGELADA.

| Tratamento <sup>2</sup>      | Tempo de fermentação (min.) |     |       | Altura Máxima (U.M.) |      |      | Estabilidade (min.) |    |    |
|------------------------------|-----------------------------|-----|-------|----------------------|------|------|---------------------|----|----|
|                              | F1                          | F2  | F3    | F1                   | F2   | F3   | F1                  | F2 | F3 |
| Tempo de Estocagem (semanas) |                             |     |       |                      |      |      |                     |    |    |
| 0 <sup>3</sup>               | 136                         | 141 | 143   | 1010                 | 1010 | 1000 | 12                  | 13 | 11 |
| 3                            | 136.5                       | 140 | 136.5 | 980                  | 1020 | 1015 | 8                   | 9  | 7  |
| 5                            | 129                         | 139 | 134   | 870                  | 995  | 1000 | 6                   | 9  | 8  |
| 7                            | 128.5                       | 137 | 133   | 860                  | 1010 | 1005 | 6                   | 8  | 8  |
| 9                            | 132                         | 136 | 139   | 890                  | 985  | 1000 | 5                   | 8  | 8  |
| 11                           | 130                         | 140 | 136.5 | 860                  | 995  | 1000 | 5                   | 8  | 7  |
| 16                           | 130.5                       | 133 | 142.5 | 705                  | 1010 | 1010 | 5                   | 7  | 8  |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> F1- Formulação sem aditivos.

. F2- Formulação com Vitamina C.

. F3- Formulação com Vitamina C e SSL.

<sup>3</sup> Massa não congelada.

. U.M. - Unidades Maturográficas.

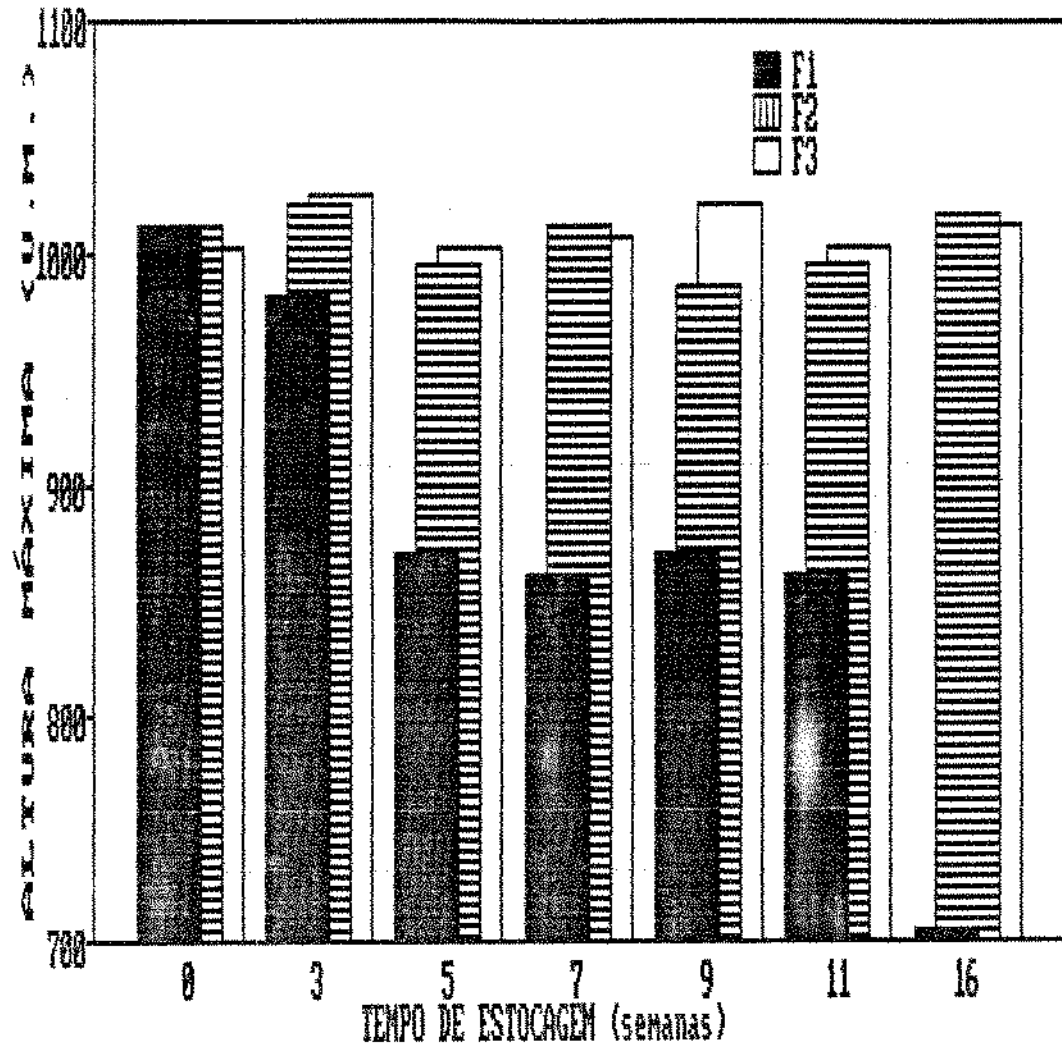


Figura 6. Efeito da formulação na altura máxima das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada

- F1. Formulação sem aditivos
- F2. Formulação com vitamina C
- F3. Formulação com vitamina C e SSL
- 0. Massa não congelada
- U.M. Unidades maturográficas

parâmetros relativos à altura máxima da massa sem aditivos (F<sub>1</sub>) diferenciou-se das massas com aditivos (F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>), as quais não diferiram entre si (Anexo 1). A formulação sem aditivos apresentou os menores valores nos três parâmetros de fermentação em comparação com as formulações aditivadas (Anexo 2).

Os valores dos tempos de fermentação e de estabilidade das massas indicaram diferenças estatisticamente significativas entre as formulações (Anexo 1) porém, quando o teste de Tukey foi aplicado, detectaram-se diferenças entre a formulação sem aditivos (F<sub>1</sub>) e as formulações aditivadas (F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>) as quais não se diferenciaram entre si (Anexo 1), sendo os valores do tempo de fermentação e de estabilidade da massa sem aditivos, inferiores aos das massas aditivadas (Anexo 2).

#### 4.2.2. - EFEITO NO TEMPO DE FERMENTAÇÃO AVALIADO PELO TESTE DE PANIFICAÇÃO.

A figura 7 mostra o efeito da formulação no tempo de fermentação das massas avaliadas pelo teste de panificação e submetidas a congelamento e estocagem congelada nos períodos de 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

Foi observado aumento gradativo dos tempos de fermentação com o aumento dos tempos de estocagem, principalmente na formulação sem aditivos, indicando que o congelamento e a estocagem congelada afetaram marcadamente este parâmetro.

Nas formulações com aditivos, no entanto, os tempos de fermentação não foram alterados pelo congelamento e estocagem congelada por 3 semanas. Na 16<sup>a</sup> semana de estocagem foi observado aumentos marcantes nos tempos de fermentação, na ordem de 45

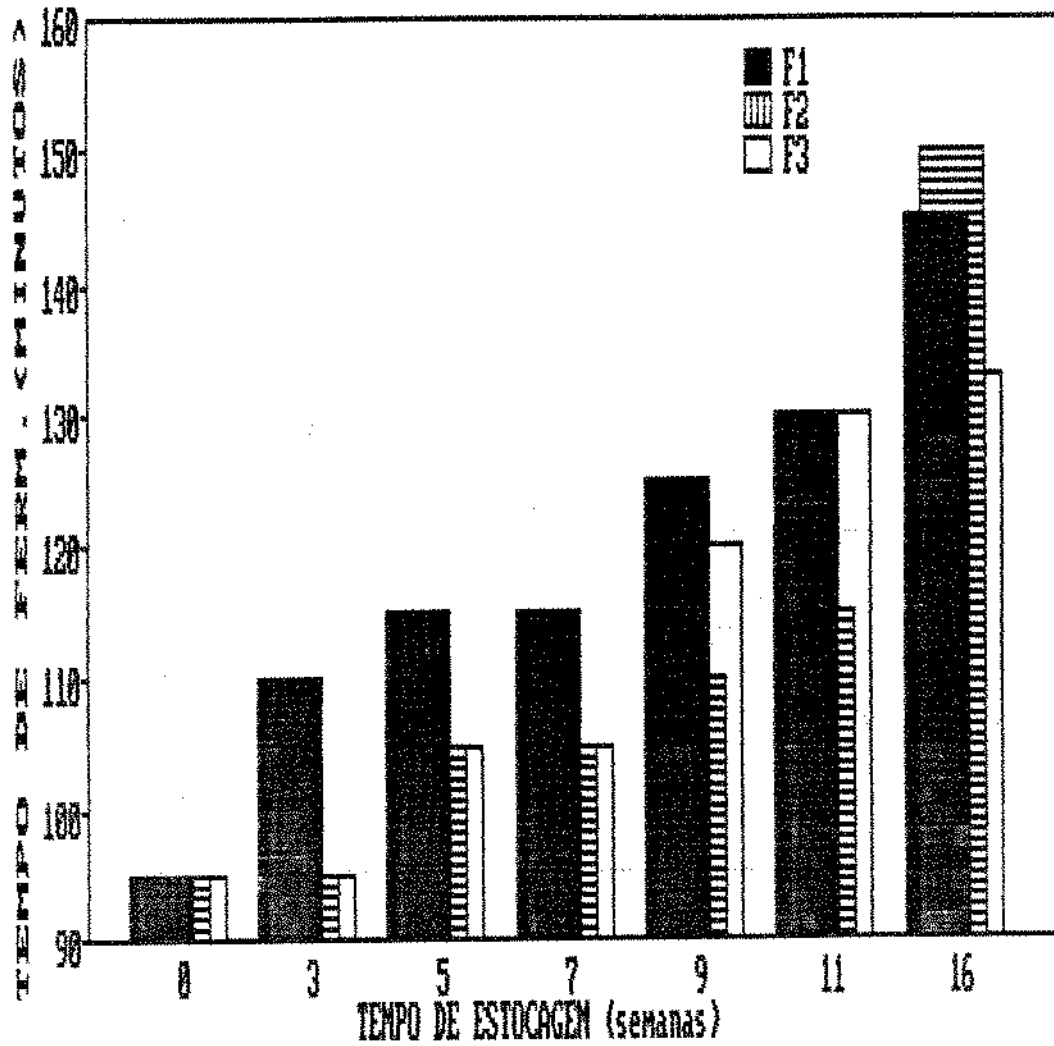


Figura 7. Efeito da formulação no tempo de fermentação determinado pela altura das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada

F1. Formulação sem aditivos  
 F2. Formulação com vitamina C  
 F3. Formulação com vitamina e SSL  
 0. Massa não congelada

minutos para as 3 formulações. Os menores aumentos nos tempos de fermentação foram apresentados pela formulação contendo vitamina C e SSL, o que mostrou o efeito benéfico desses aditivos na massa, provocado certamente pelo fortalecimento do glúten e melhora na retenção de gases da massa. Esse resultado concordou com trabalhos de Varriano - Marston *et al* (1980) e Dubois e Blockolsky (1986), os quais obtiveram tempos de fermentação menores para massas congeladas e estocadas sob congelamento, na presença de SSL, vitamina C e bromato de potássio.

#### 4.2.3. - EFEITO NA VIABILIDADE DAS LEVEDURAS.

As contagens de leveduras viáveis na massa fresca e após estocagem congelada de 4, 9, 11 e 16 semanas nas formulações estudadas são mostradas na figura 8. Foi observado que, a redução do número de leveduras viáveis neste período não foi drástica, visto que as contagens ficaram dentro do mesmo ciclo logaritmico ( $10^8$ ). No entanto, foi observado que as leveduras não tiveram o mesmo comportamento nas três formulações testadas.

A massa contendo vitamina C e SSL apresentou a maior estabilidade durante o armazenamento, o que foi possivelmente devido ao efeito nutritivo do SSL sobre as leveduras, com base no que foi observado por Ray & Speck (1973) e Mc Leod e Calcolt (1976) citados por Davies e Obafemi (1985), que verificaram o aumento das necessidades nutricionais de células de microorganismos submetidas ao congelamento. A maior estabilidade da formulação completa (F3) pode também decorrer do efeito protetor do SSL na levedura, como observado por Souzu (1973), citado por Davies e Obafemi (1985), que verificou a perda de

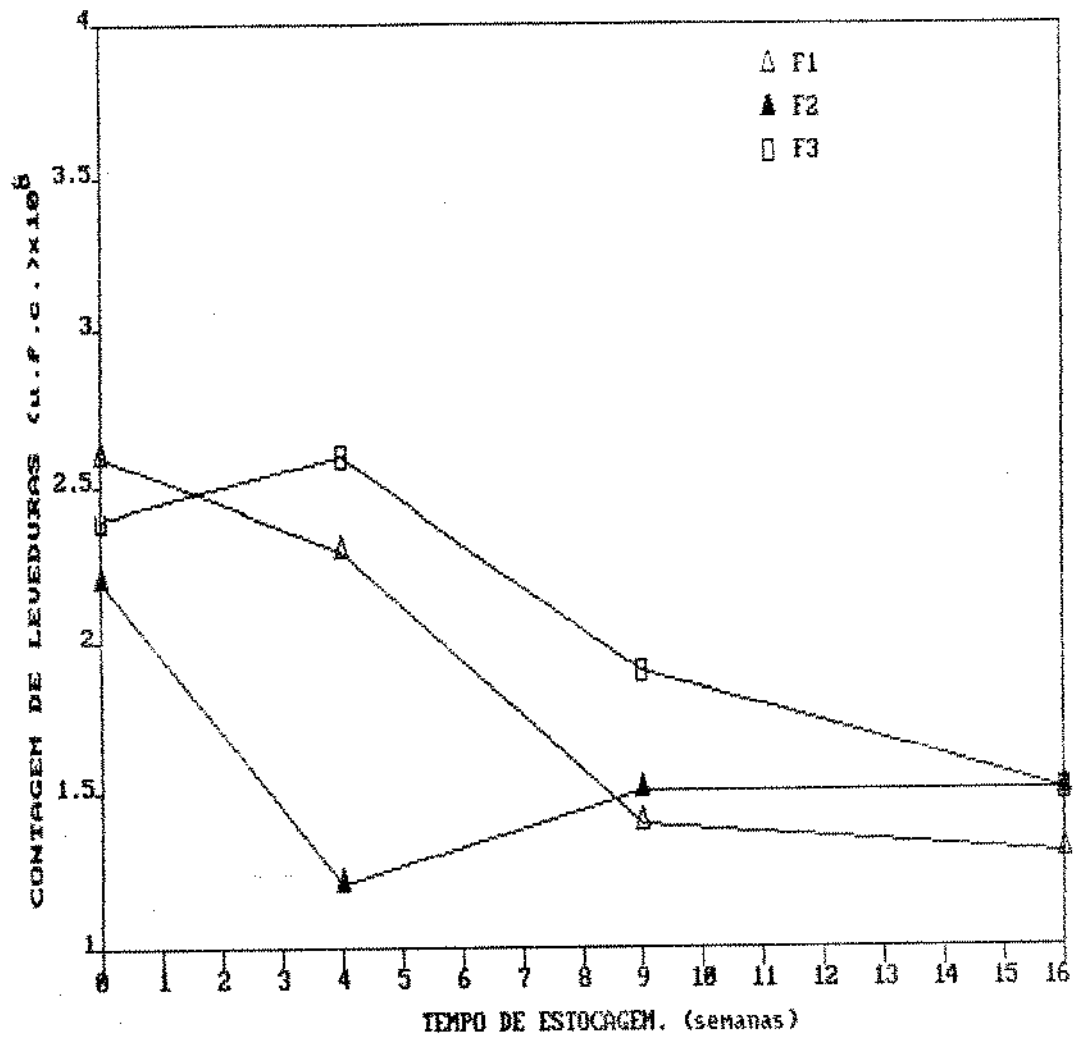


Figura 8. Efeito da formulação na sobrevivência das leveduras das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada

F1. Formulação sem aditivos

F2. Formulação com vitamina C

F3. Formulação com vitamina C e SSL

0. Massa não congeladas

lipídios da membrana de leveduras quando submetidas ao "stress" do congelamento-descongelamento.

Relacionando-se o tempo da estocagem congelada da massa com a contagem de leveduras viáveis foi constatado que na 16<sup>a</sup> semana de armazenamento as formulações com aditivos, F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, tiveram o mesmo número de leveduras viáveis (Figura 8). No entanto, a massa contendo vitamina C e SSL (F<sub>3</sub>) conforme mostra a figura 7 apresentou tempo de fermentação menor em relação à massa sem emulsificante (F<sub>2</sub>) (Figura 7). Assumindo-se que as massas F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> apresentaram a mesma capacidade de produção de gás em função do mesmo número de leveduras viáveis, a massa com emulsificante (F<sub>3</sub>), com relação a F<sub>2</sub>, atingiu a altura pré-estabelecida da massa fermentada em menor tempo de fermentação. Esse comportamento ocorreu possivelmente devido à maior capacidade de retenção de gás da massa na presença do SSL, o que também foi observado no trabalho de Dubois (1981), que mostrou que o SSL complexou-se com as proteínas do glúten produzindo reforçamento adicional na rede e melhorando suas propriedades de retenção de gás.

#### 4.3. - EFEITO NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO PÃO.

A qualidade dos pães obtidos das massas com diferentes formulações, não congeladas e após congelamento e estocagem congelada, foi avaliado considerando as notas atribuídas às características externas e internas do pão.

##### 4.3.1 - EFEITO NAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS.

A tabela 6 mostra o efeito da formulação nas

TABELA 6 : EFEITO DA FORMULAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DO PÃO OBTIDO DE MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO<sup>1</sup> E ESTOCAGEM CONGELADA

| Tempo de Estocagem (semanas) | Tratamento <sup>2</sup> | Volume específico (cm <sup>3</sup> /g) | Cor da Crosta | Quebra | Simetria | Contagem global |
|------------------------------|-------------------------|--|---------------|--------|----------|-----------------|
| 0 <sup>3</sup>               | F1                      | 10.5                                   | 8.0           | 3.5    | 2.5      | 24.5            |
|                              | F2                      | 13.5                                   | 8.0           | 3.5    | 4.0      | 29.0            |
|                              | F3                      | 14.5                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 30.5            |
| 3                            | F1                      | 11.0                                   | 6.0           | 2.0    | 3.0      | 22.0            |
|                              | F2                      | 16.0                                   | 8.0           | 3.5    | 4.0      | 31.5            |
|                              | F3                      | 16.5                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 32.5            |
| 5                            | F1                      | 11.0                                   | 8.0           | 2.5    | 3.0      | 24.5            |
|                              | F2                      | 15.5                                   | 8.0           | 3.5    | 4.0      | 31.0            |
|                              | F3                      | 15.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 31.0            |
| 7                            | F1                      | 10.5                                   | 7.5           | 2.5    | 3.0      | 23.5            |
|                              | F2                      | 14.5                                   | 8.0           | 3.5    | 4.0      | 30.0            |
|                              | F3                      | 16.0                                   | 7.5           | 4.0    | 4.0      | 31.5            |
| 9                            | F1                      | 9.5                                    | 7.5           | 1.5    | 3.0      | 21.5            |
|                              | F2                      | 15.0                                   | 8.0           | 3.5    | 3.5      | 30.0            |
|                              | F3                      | 16.0                                   | 7.5           | 4.0    | 4.0      | 31.5            |
| 11                           | F1                      | 10.0                                   | 7.0           | 1.5    | 3.0      | 21.5            |
|                              | F2                      | 15.0                                   | 8.0           | 3.5    | 3.5      | 30.0            |
|                              | F3                      | 16.0                                   | 7.0           | 4.0    | 4.0      | 31.5            |
| 16                           | F1                      | 9.0                                    | 7.0           | 1.5    | 3.0      | 20.5            |
|                              | F2                      | 14.0                                   | 7.0           | 3.5    | 3.5      | 28.0            |
|                              | F3                      | 15.0                                   | 7.0           | 4.0    | 4.0      | 30.0            |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> F1- Formulação sem aditivos.

. F2- Formulação com Vitamina C.

. F3- Formulação com Vitamina C e SSL.

<sup>3</sup> Massa não congelada.



características externas dos pães obtidos de massas frescas e de massas congeladas e estocadas por 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

As massas não congeladas e preparadas com a formulação sem aditivos (F<sub>1</sub>) apresentaram volume e simetria do pão inferiores em comparação com as massas com aditivos. Após congelamento e estocagem congelada foi observado aumento no volume do pão nas formulações com aditivos, em relação à massa fresca, comportamento que possivelmente foi causado pela alta oxidação da massa não congelada. Trabalhos realizados por Fischer (1985) e Jackel (1977) mostraram que as massas super-oxidadas produziram pães com volumes menores em relação a massas que tiveram adição adequada de oxidantes.

A análise de variância e o teste de Tukey relativos às características externas do pão das massas nas diferentes formulações mostraram diferenças estatisticamente significativas para o volume, quebra, simetria e contagem global das características externas (Anexo 3). A cor da crosta do pão foi o único parâmetro no qual não se detectaram diferenças entre os tratamentos.

A formulação sem aditivos apresentou diferenças estatisticamente significativas em relação às formulações com aditivos. Com relação aos parâmetros volume, quebra, simetria e contagem global, os valores médios das características externas do pão da formulação F<sub>1</sub>, foram inferiores àqueles encontrados nas formulações aditivadas (F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>), como evidenciado na figura 9 que mostra claramente o efeito melhorador na qualidade do pão de massas com vitamina C e SSL.

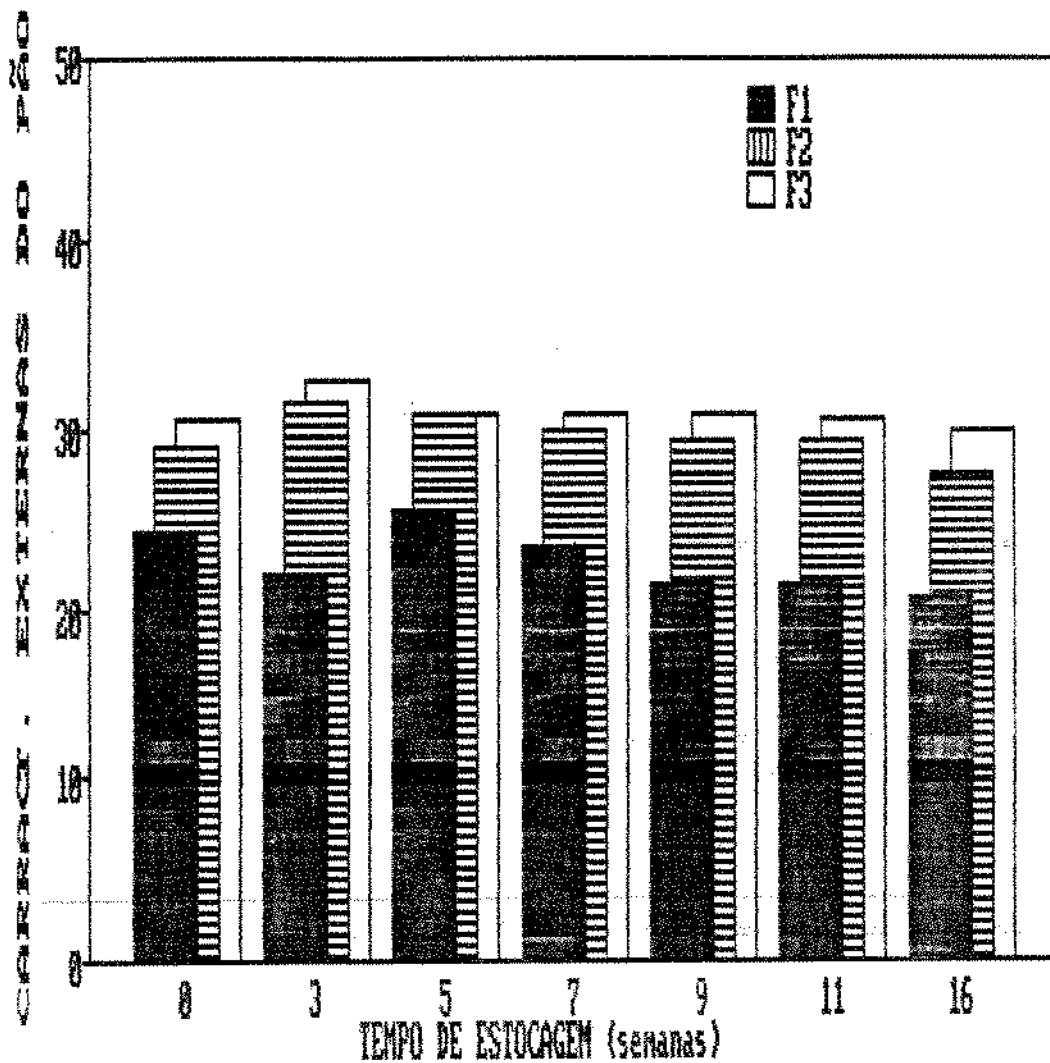


Figura 9. Efeito da formulação nas características externas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada

F1. Formulação sem aditivos

F2. Formulação com vitamina C

F3. Formulação com vitamina C e SSL

0. Massa não congelada

#### 4.3.2 - EFEITO NAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS.

A tabela 7 mostra o efeito da formulação nas características internas dos pães obtidos nas três formulações estudadas, feitas a partir de massas congeladas e estocadas por 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

Foi observado que a formulação sem aditivos apresentou os menores valores dos parâmetros avaliados, quando comparados com os pães das formulações com aditivos nas massas não congeladas e nas massas congeladas e estocadas. A formulação F<sub>1</sub> apresentou ligeiro declínio nas características internas da 9<sup>a</sup> até a 16<sup>a</sup> semana de estocagem, sendo a estrutura e a textura do miolo do pão os principais responsáveis pela diminuição observada (Figura 10 e Tabela 7).

Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre as formulações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, porém ambas se diferenciaram da formulação F<sub>1</sub> (Anexo 3). A influência positiva da incorporação de vitamina C e SSL na massa foi igualmente constatada com relação às características internas do pão.

#### 5. - EFEITO DO TEMPO DE ESPERA NAS CARACTERÍSTICAS VISCOELÁSTICAS E DE FERMENTAÇÃO DA MASSA E NA QUALIDADE DO PÃO.

Neste item são apresentados os resultados referentes à influência do tempo decorrido entre o fim da mistura e o congelamento (tempo de espera), nas características viscoelásticas e de fermentação da massa e na qualidade do pão, de massas não congeladas e após congelamento e estocagem por 3, 5, 7, 9, 11 e 16

TABELA 7 : EFEITO DA FORMULAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS DO PÃO OBTIDO DE MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO<sup>1</sup> E ESTOCAGEM CONGELADA

| Tempo de Estocagem (semanas) | Tratamento <sup>2</sup> | Característica da Crosta | Cor do Miolo | Estrutura celular do Miolo | Textura do Miolo | Contagem global |
|------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------|----------------------------|------------------|-----------------|
| 0 <sup>3</sup>               | F1                      | 3.0                      | 7.5          | 6.0                        | 6.0              | 22.5            |
|                              | F2                      | 4.0                      | 9.0          | 7.5                        | 8.5              | 29.0            |
|                              | F3                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.5            |
| 3                            | F1                      | 3.0                      | 7.5          | 6.0                        | 6.0              | 22.5            |
|                              | F2                      | 4.0                      | 9.0          | 9.0                        | 8.5              | 30.5            |
|                              | F3                      | 4.0                      | 9.0          | 9.0                        | 9.0              | 31.0            |
| 5                            | F1                      | 3.0                      | 7.5          | 6.0                        | 6.0              | 22.5            |
|                              | F2                      | 4.0                      | 9.0          | 6.0                        | 8.5              | 29.5            |
|                              | F3                      | 4.0                      | 9.0          | 8.0                        | 9.0              | 30.0            |
| 7                            | F1                      | 3.0                      | 7.5          | 6.0                        | 6.0              | 22.5            |
|                              | F2                      | 4.0                      | 8.5          | 6.0                        | 8.5              | 29.0            |
|                              | F3                      | 4.0                      | 9.0          | 8.0                        | 9.0              | 30.0            |
| 9                            | F1                      | 3.0                      | 7.5          | 6.0                        | 5.0              | 20.5            |
|                              | F2                      | 3.5                      | 8.5          | 8.0                        | 8.5              | 26.5            |
|                              | F3                      | 4.0                      | 8.0          | 9.0                        | 8.0              | 30.0            |
| 11                           | F1                      | 3.0                      | 7.0          | 6.0                        | 4.0              | 19.0            |
|                              | F2                      | 3.5                      | 8.5          | 6.0                        | 8.5              | 26.5            |
|                              | F3                      | 4.0                      | 8.0          | 9.0                        | 8.0              | 30.0            |
| 18                           | F1                      | 3.0                      | 7.0          | 4.0                        | 4.0              | 16.0            |
|                              | F2                      | 3.5                      | 8.5          | 6.0                        | 8.5              | 26.5            |
|                              | F3                      | 3.5                      | 8.0          | 7.5                        | 8.5              | 26.5            |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> F1- Formulação sem aditivos.

F2- Formulação com Vitamina C.

F3- Formulação com Vitamina C e SSL.

<sup>3</sup> Massa não congelada.

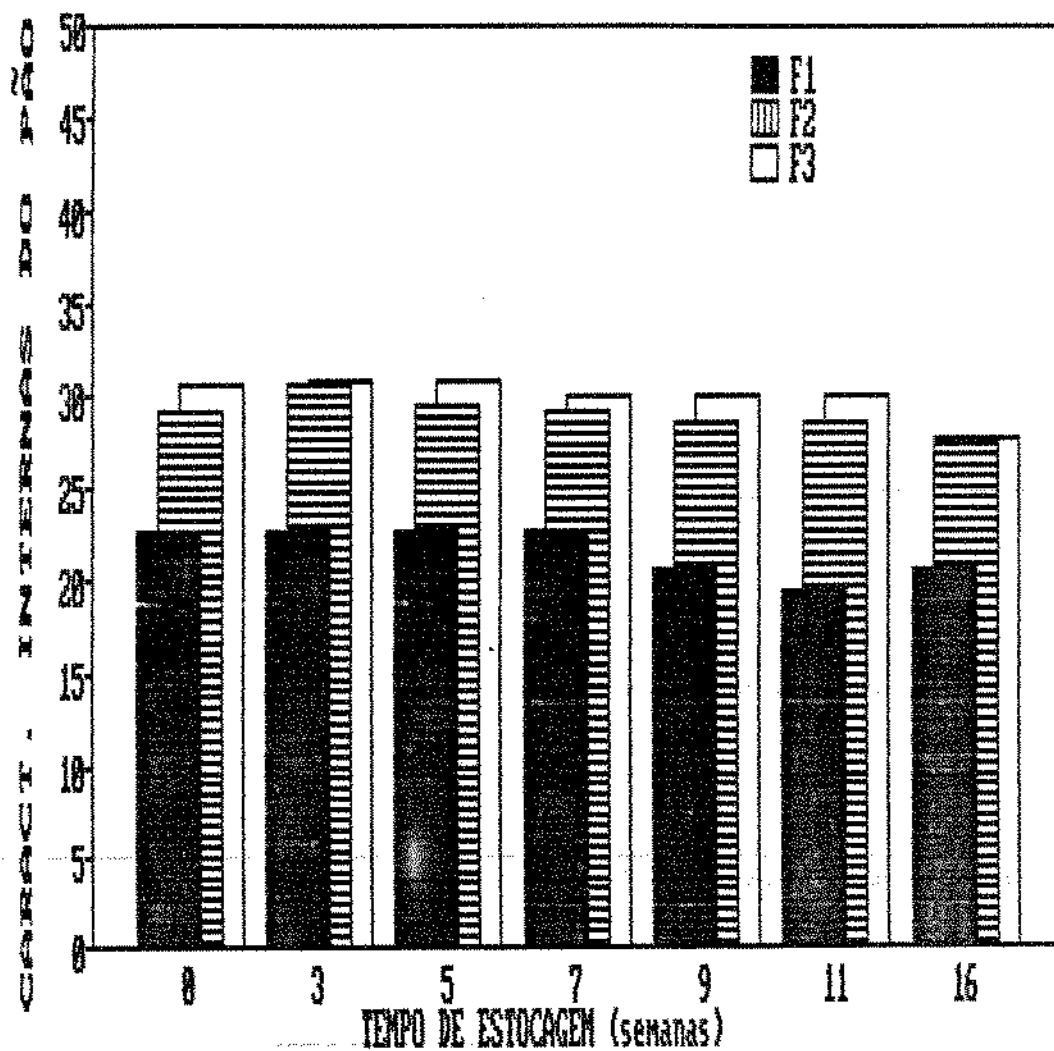


Figura 10. Efeito da formulação nas características internas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada

F1. Formulação sem aditivos  
 F2. Formulação com vitamina C  
 F3. Formulação com vitamina C e SSL  
 0. Massa não congelada

semanas.

### 5.1. - EFEITO DO TEMPO DE ESPERA NAS CARACTERÍSTICAS VISCOELÁSTICAS DA MASSA.

A tabela 8 mostra o efeito do tempo de espera nas características de extensão das massas frescas e submetidas ao congelamento e estocagem por 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

Os valores de resistência à extensão das massas não congeladas foram superiores aos das massas após congelamento e estocagem por 3 semanas (Figura 11). Os valores de resistência à extensão nos 3 tempos de espera estudados foram similares da 3<sup>a</sup> a 11<sup>a</sup> semana de estocagem, apresentando aumento na 16<sup>a</sup> semana de estocagem congelada, nos tratamentos estudados.

As alterações dos valores de resistência à extensão com o congelamento e a estocagem foi possivelmente devida à mudanças na configuração das proteínas causadas pelas baixas temperaturas e/ou pela formação de cristais de gelo na massa. Varriano-Marston *et al* (1980) também notaram alterações nas características reológicas de massas congeladas, associadas à mudanças nas interações entre as substâncias hidrofílicas do glúten.

Os valores da resistência máxima e resistência à extensão apresentaram praticamente o mesmo comportamento com relação ao congelamento e estocagem congelada. Estes dois parâmetros não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos referentes ao ensaio do efeito do tempo de espera (Anexo 4).

As extensibilidades das massas não congeladas apresentaram valores próximos nos tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>, porém o

TABELA 8 : EFEITO DO TEMPO DE ESPERA NAS CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO DAS MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO<sup>1</sup> E ESTOCAGEM CONGELADA

| Tratamento <sup>2</sup>      | Resistência à Extensão (U.E.) |     |     | Resistência Máxima (U.E.) |     |     | Extensibilidade (mm) |    |    | Energia (cm <sup>2</sup> ) |    |    |
|------------------------------|-------------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|----------------------|----|----|----------------------------|----|----|
|                              | T1                            | T2  | T3  | T1                        | T2  | T3  | T1                   | T2 | T3 | T1                         | T2 | T3 |
| Tempo de Estocagem (semanas) |                               |     |     |                           |     |     |                      |    |    |                            |    |    |
| 0 <sup>3</sup>               | 565                           | 505 | 510 | 568                       | 529 | 580 | 80                   | 83 | 70 | 54                         | 50 | 48 |
| 3                            | 410                           | 390 | 415 | 420                       | 420 | 425 | 70                   | 66 | 75 | 38                         | 36 | 37 |
| 5                            | 375                           | 410 | 405 | 405                       | 450 | 410 | 74                   | 75 | 71 | 32                         | 40 | 34 |
| 7                            | 385                           | 390 | 360 | 410                       | 400 | 380 | 72                   | 73 | 76 | 34                         | 35 | 30 |
| 9                            | 400                           | 380 | 365 | 412                       | 408 | 365 | 70                   | 71 | 73 | 38                         | 34 | 33 |
| 11                           | 405                           | 340 | 415 | 435                       | 390 | 425 | 76                   | 65 | 76 | 41                         | 31 | 39 |
| 16                           | 490                           | 460 | 450 | 490                       | 465 | 450 | 74                   | 67 | 76 | 42                         | 48 | 43 |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> T1- 20 minutos.

. T2 - 40 minutos.

. T3 - 60 minutos.

<sup>3</sup> Massa não congelada.

. U.E. - Unidades Extensográficas.

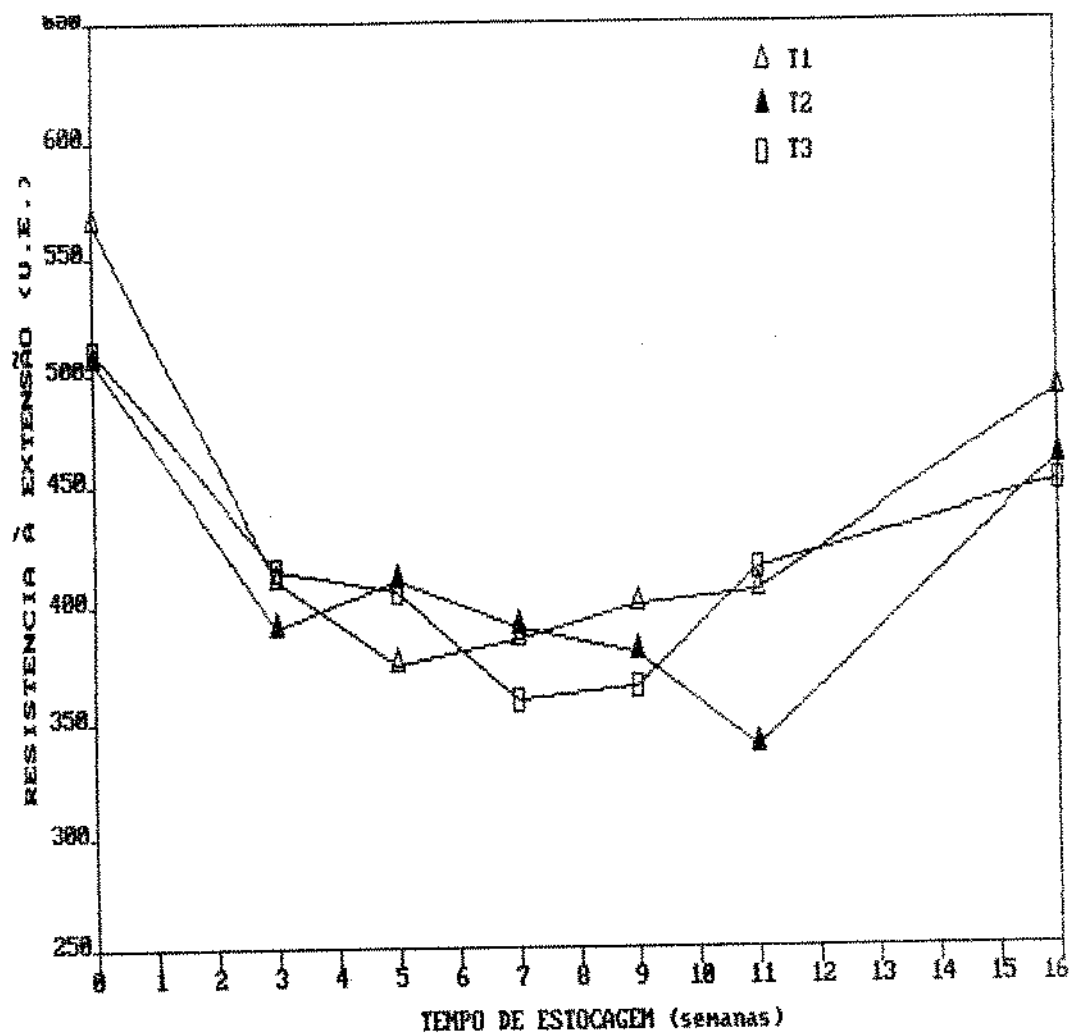


Figura 11. Efeito do tempo de espera na resistência à extensão das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.

T1. 20 minutos

T2. 40 minutos

T3. 60 minutos

0. Massa não congelada

U.E. Unidades Extensigráficas



congelamento e a estocagem congelada de 3 semanas provocaram queda pronunciada na extensibilidade dessas massas enquanto ocorreu pequeno aumento deste parâmetro no tratamento T<sub>3</sub>.

Foi observado valores de energia próximos nas massas não congeladas, os quais sofreram redução com o congelamento e a estocagem congelada de 3 semanas, nos tempos de espera estudados.

Embora o congelamento e a estocagem congelada tenham alterado as características extensográficas das massas nos tempos de espera de 20, 40 e 60 minutos, os resultados revelaram que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os três tratamentos de espera (Anexo 4).

## 5.2. - EFEITO DO TEMPO DE ESPERA NAS CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO DA MASSA

Para avaliar as características de fermentação das massas foram considerados os parâmetros do Maturógrafo Brabender (tempo de fermentação, altura máxima e estabilidade das massas), o tempo de fermentação determinado no teste de panificação e o número de leveduras viáveis presentes nas massas.

### 5.2.1. - EFEITO DO TEMPO DE ESPERA NOS PARÂMETROS DE FERMENTAÇÃO AVALIADOS PELO MATURÓGRAFO.

Os parâmetros de fermentação das massas, avaliadas pelo maturógrafo nos ensaios relativos ao tempo de pré-congelamento, nos tempos de estocagem de 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas, são apresentados na Tabela 9.

Os tempos de fermentação, nos tempos de espera estudados,

TABELA 9: EFEITO DO TEMPO DE ESPERA NAS CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO DAS MASSAS NÃO CONGELADAS<sup>1</sup> E APÓS CONGELAMENTO E ESTOCAGEM CONGELADA.

| Tratamento <sup>2</sup>      | Tempo de fermentação (min.) |     |     | Altura Máxima (U.M.) |      |      | Estabilidade (min.) |    |    |
|------------------------------|-----------------------------|-----|-----|----------------------|------|------|---------------------|----|----|
|                              | T1                          | T2  | T3  | T1                   | T2   | T3   | T1                  | T2 | T3 |
| Tempo de Estocagem (semanas) |                             |     |     |                      |      |      |                     |    |    |
| 0 <sup>3</sup>               | 153                         | 149 | 145 | 1005                 | 1010 | 1010 | 14                  | 13 | 12 |
| 3                            | 145                         | 145 | 146 | 1005                 | 1020 | 1000 | 7                   | 10 | 7  |
| 5                            | 148                         | 141 | 140 | 1010                 | 1005 | 975  | 9                   | 6  | 6  |
| 7                            | 154                         | 147 | 145 | 1000                 | 1000 | 955  | 9                   | 7  | 7  |
| 9                            | 146                         | 151 | 141 | 1000                 | 1010 | 950  | 6                   | 13 | 8  |
| 11                           | 145                         | 149 | 145 | 950                  | 1020 | 1000 | 7                   | 10 | 6  |
| 16                           | 152                         | 150 | 155 | 1000                 | 1005 | 895  | 8                   | 7  | 7  |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> T1- 20 minutos.

. T2 - 40 minutos.

. T3 - 60 minutos.

<sup>3</sup> Massa não congelada.

. U.M. - Unidades Maturográficas.

não apresentaram diferenças estatisticamente significativas (Anexo4).

Os valores de altura máxima da massa dos tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> foram próximos, não diferindo após congelamento e estocagem congelada das massas. No entanto, o tratamento T<sub>3</sub> mostrou diminuição dos valores na estocagem, notadamente na 16<sup>a</sup> semana (tabela 9). Os tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> apresentaram diferenças significativas entre si, enquanto que o T<sub>1</sub> não diferiu dos demais (Anexo 4). A estabilidade das massas não congeladas nos tratamentos de tempo de espera, diminuíram com o congelamento e a estocagem congelada, porém a análise estatística não revelou diferenças significativas entre os tratamentos. O menor valor de altura máxima observado no tratamento T<sub>3</sub> indicou que o maior tempo de espera, ou seja 60 minutos, teve efeito prejudicial mais acentuado neste parâmetro, em relação aos demais tratamentos.

#### 5.2.2. - EFEITO DO TEMPO DE ESPERA NO TEMPO DE FERMENTAÇÃO AVALIADO PELO TESTE DE PANIFICAÇÃO.

O efeito do período prévio ao congelamento no tempo de fermentação das massas submetidas a congelamento e estocagem congelada por 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas, é mostrado na figura 12.

O congelamento e a estocagem de 3 semanas produziram aumento nos tempos de fermentação, avaliados pelo teste de panificação, em todos os tratamentos, notadamente no T<sub>1</sub>. A partir da 3<sup>a</sup> semana de estocagem, os tempos de fermentação nos tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> aumentaram gradualmente até a 16<sup>a</sup> semana, enquanto que os tempos de fermentação T<sub>3</sub> apresentaram aumentos

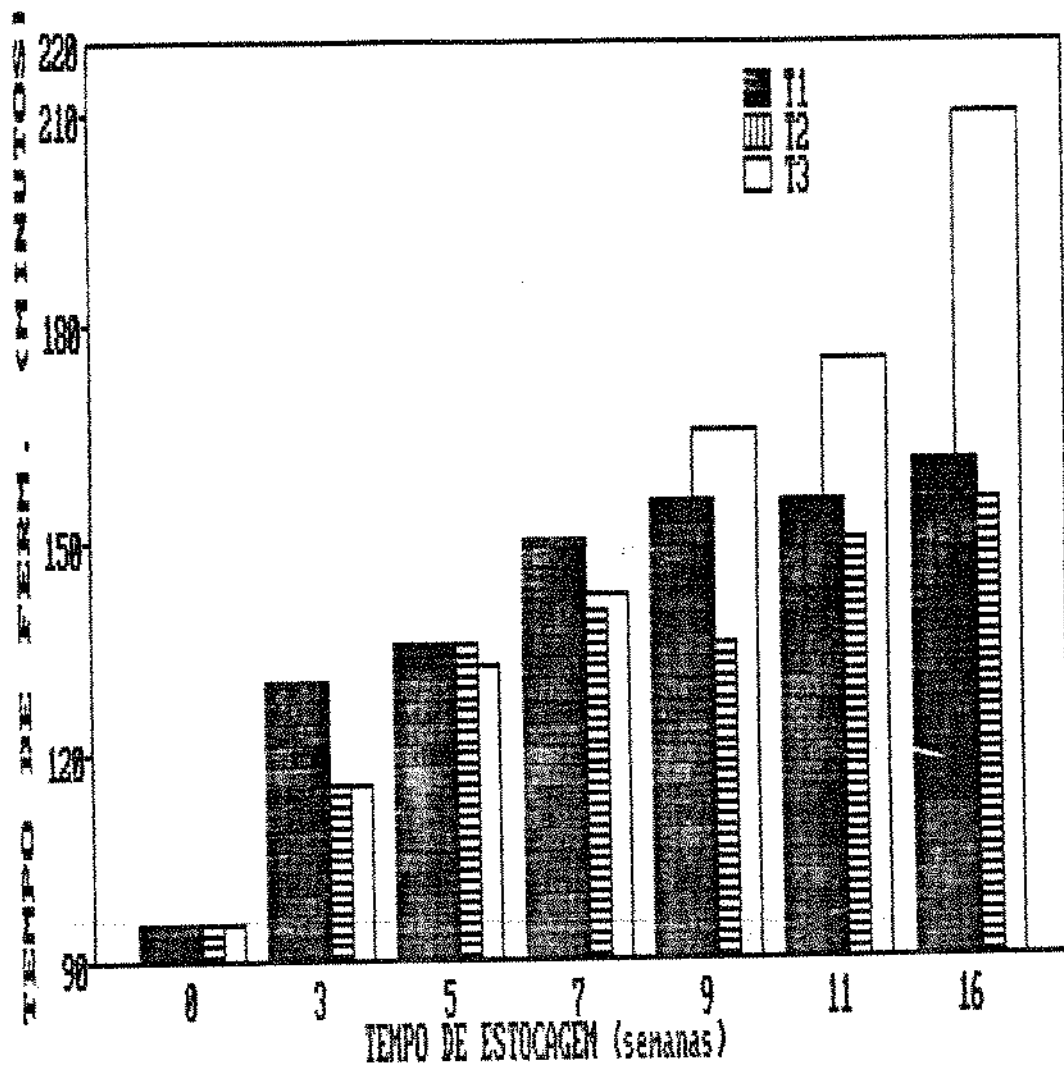


Figura 12. Efeito do tempo de espera no tempo de fermentação determinado pela altura das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.

- T1. 20 minutos
- T2. 40 minutos
- T3. 60 minutos
- 0. Massa não congelada

mais marcantes que os de T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>, nos mesmos tempos de estocagem de 9, 11 e 16 semanas.

No trabalho de Kline e Sugihara (1968) foram obtidos tempos de fermentação das massas crescentes com o aumento nos tempos prévios ao congelamento em períodos de 6 a 15 semanas de estocagem congelada.

### 5.2.3 - EFEITO DO TEMPO DE ESPERA NA VIABILIDADE DAS LEVEDURAS.

Na figura 13 estão graficados os valores de contagem de leveduras viáveis nas massas congeladas e estocadas nos tempos prévios ao congelamento estudados.

As massas T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> apresentaram-se estáveis após 4, 9 e 16 semanas de estocagem, enquanto que a massa T<sub>3</sub> foi mais afetada, notadamente nas primeiras 4 semanas. Foi observado por Ray e Speck (1973) e Calcott (1978) citados por Davies e Obafemi (1985) que as células de levedura em fase de crescimento exponencial foram mais sensíveis ao "stress" causado pelo congelamento e descongelamento, em comparação com as células em fase estacionária. Desta forma, o período de 60 minutos de espera prévios ao congelamento, pode ter propiciado o início da fase exponencial de crescimento, o que justifica a queda do número de leveduras viáveis, observada após o congelamento e estocagem congelada de 4 semanas.

O número de leveduras viáveis nos tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> na 16<sup>a</sup> semana de estocagem foram próximos, o que não está de acordo com as grandes diferenças observadas nos tempos de fermentação das massas nas mesmas condições. Acredita-se portanto que, no tempo de espera de 60 minutos tenham ocorrido mudanças reológicas no glúten com prejuízo nas propriedades de retenção de

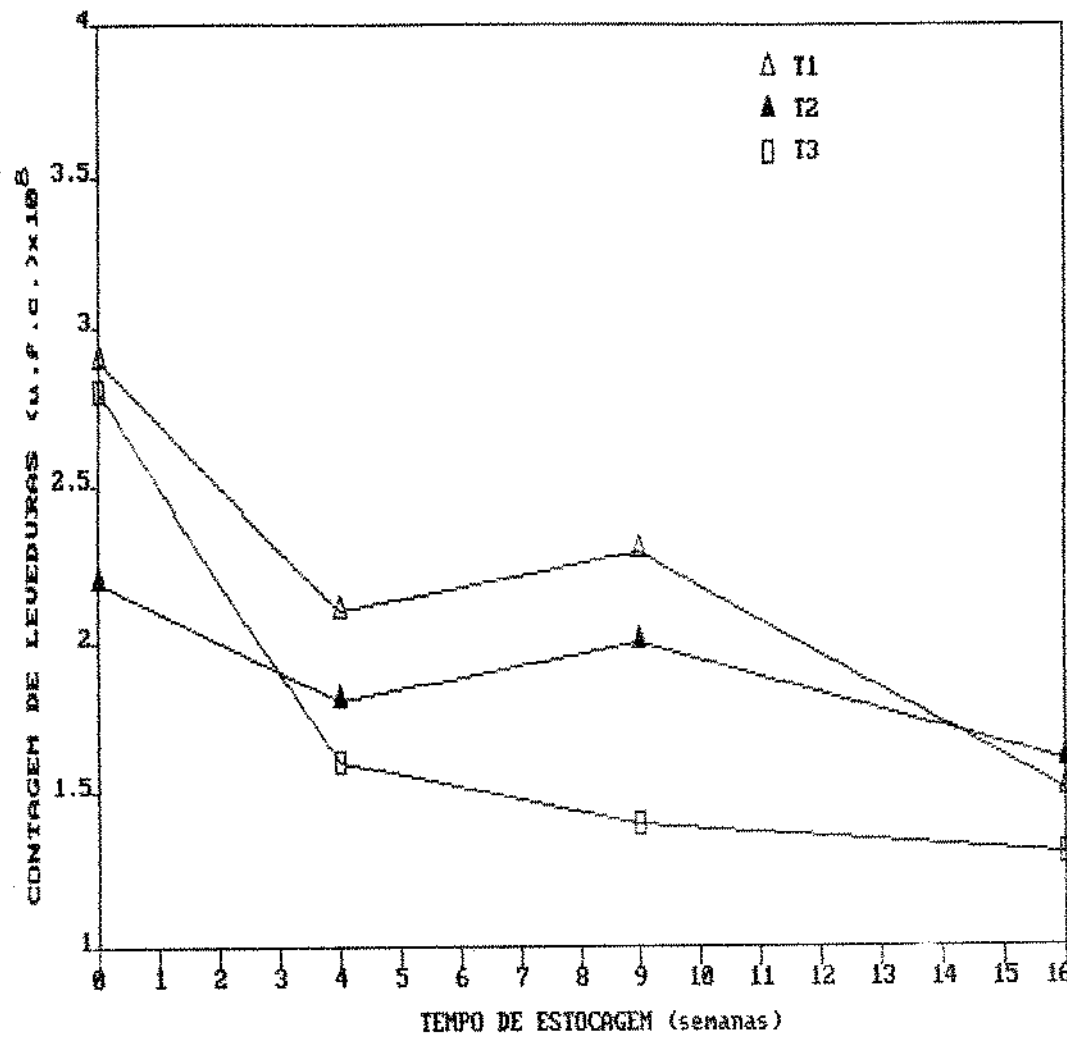


Figura 13. Efeito do tempo de espera na sobrevivência das leveduras das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.

T1. 20 minutos

T2. 40 minutos

T3. 60 minutos

0. Massa não congelada

gás que levaram ao aumento excessivo no tempo de fermentação, na tentativa de se obter a altura da massa pré-estabelecida no teste sem congelamento.

### 5.3. - EFEITO DO TEMPO DE ESPERA NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO PÃO.

A qualidade dos pães obtidos das massas com diferentes tempos de espera antes e após congelamento e estocagem congelada, foi avaliada considerando-se as notas atribuídas às características externas e internas do pão.

#### 5.3.1 - EFEITO NAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS.

Os valores correspondentes às características externas dos pães obtidos de massas com diferentes tempos de espera, nos tempos de estocagem de 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas são apresentados na tabela 10.

Foi observado que a estocagem praticamente não alterou o volume dos pães nos tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>. A análise dos resultados mostrou diferenças estatisticamente significativas entre os três tratamentos com relação ao volume (Anexo 6), no qual o tratamento T<sub>3</sub> diferenciou-se dos tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>, os quais não se diferenciaram entre si. O valor médio do volume do pão em T<sub>3</sub> foi superior àqueles relativos a T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> (Anexo 5), o que mostrou que o tempo de espera de 60 minutos foi menos prejudicial a este parâmetro.

A análise dos resultados relativos à cor da crosta não revelou diferenças estatisticamente significativas (Anexo 6) entre

TABELA 10 : EFEITO DO TEMPO DE ESPERA NAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DO PÃO OBTIDO DE MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO<sup>1</sup> E ESTOCAGEM CONGELADA

| Tempo de Estocagem (semanas) | Tratamento <sup>2</sup> | Volume específico (cm <sup>3</sup> /g) | Cor da Crosta | Quebra | Simetria | Contagem |
|------------------------------|-------------------------|--|---------------|--------|----------|----------|
| 0 <sup>3</sup>               | T1                      | 15.0                                   | 8.0           | 4.5    | 4.5      | 32.0     |
|                              | T2                      | 16.5                                   | 8.0           | 4.5    | 4.5      | 33.5     |
|                              | T3                      | 15.5                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 31.5     |
| 3                            | T1                      | 15.0                                   | 8.0           | 4.5    | 4.5      | 32.0     |
|                              | T2                      | 14.0                                   | 8.0           | 4.5    | 4.5      | 31.0     |
|                              | T3                      | 18.5                                   | 8.0           | 4.5    | 4.0      | 35.0     |
| 5                            | T1                      | 15.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.5      | 31.5     |
|                              | T2                      | 16.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.5      | 32.5     |
|                              | T3                      | 16.5                                   | 8.0           | 4.0    | 3.5      | 32.0     |
| 7                            | T1                      | 15.5                                   | 8.0           | 4.0    | 3.5      | 32.0     |
|                              | T2                      | 16.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.5      | 32.5     |
|                              | T3                      | 16.5                                   | 7.5           | 3.5    | 3.0      | 30.0     |
| 9                            | T1                      | 15.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 31.0     |
|                              | T2                      | 16.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 32.0     |
|                              | T3                      | 18.0                                   | 8.0           | 4.0    | 3.5      | 33.5     |
| 11                           | T1                      | 16.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 32.0     |
|                              | T2                      | 15.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 31.0     |
|                              | T3                      | 16.0                                   | 7.0           | 3.0    | 2.5      | 28.5     |
| 16                           | T1                      | 14.0                                   | 7.0           | 3.5    | 4.0      | 28.5     |
|                              | T2                      | 15.0                                   | 8.0           | 4.0    | 3.5      | 30.5     |
|                              | T3                      | 18.0                                   | 6.0           | 2.5    | 2.0      | 28.5     |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à -30°C

<sup>2</sup> T1 - 20 minutos.

. T2 - 40 minutos.

. T3 - 60 minutos.

<sup>3</sup> Massa não congelada.



os tratamentos estudados.

A quebra e a simetria apresentaram pequenas variações nos tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>, as quais sofreram uma ligeira queda com o aumento da estocagem congelada. Essa degradação da qualidade foi mais pronunciada no tratamento com 60 minutos de espera, o que foi evidenciado pelos menores valores médios destas características, que se apresentam no anexo 5.

### 5.3.2 - EFEITO NAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS.

As características internas de qualidade do pão relacionadas ao ensaio do tempo de espera, de massas congeladas e estocadas por 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas se apresentam na tabela 11.

Foi observado que as características internas do pão variaram pouco com o congelamento e a estocagem congelada nos três tratamentos estudados. No entanto, os valores de contagem global das características internas para o tratamento T<sub>3</sub> (60 minutos), apresentaram uma queda gradual até 16<sup>a</sup> semana de estocagem o que pode ser visualizado na figura 14.

Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos estudados (Anexo 6), indicando assim que os tempos de 20, 40 e 60 minutos, prévios ao congelamento das massas, afetaram de maneira similar as características da crosta, cor, textura e estrutura do miolo do pão.

TABELA : 11 EFEITO DO TEMPO DE ESPERA NAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS DO PÃO OBTIDO DE MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO<sup>1</sup> E ESTOCAGEM CONGELADA

| Tempo de Estocagem (semanas) | Tratamento <sup>2</sup> | Características da Crosta | Cor do Miolo | Estrutura celular do miolo | Textura do Miolo | Contagem global |
|------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------|----------------------------|------------------|-----------------|
| 0 <sup>3</sup>               | T1                      | 3.5                       | 9.0          | 9.0                        | 9.0              | 30.5            |
|                              | T2                      | 3.5                       | 9.5          | 8.5                        | 9.0              | 30.5            |
|                              | T3                      | 4.0                       | 9.5          | 9.5                        | 9.0              | 32.0            |
| 3                            | T1                      | 3.5                       | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.0            |
|                              | T2                      | 3.5                       | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.0            |
|                              | T3                      | 4.0                       | 9.5          | 9.0                        | 9.0              | 31.5            |
| 5                            | T1                      | 3.5                       | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.0            |
|                              | T2                      | 3.5                       | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.0            |
|                              | T3                      | 4.0                       | 9.0          | 8.0                        | 9.0              | 30.0            |
| 7                            | T1                      | 3.5                       | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.0            |
|                              | T2                      | 3.5                       | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.0            |
|                              | T3                      | 4.0                       | 9.0          | 7.5                        | 9.0              | 29.5            |
| 9                            | T1                      | 3.5                       | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.0            |
|                              | T2                      | 3.5                       | 8.5          | 8.0                        | 9.0              | 29.0            |
|                              | T3                      | 3.5                       | 8.5          | 8.0                        | 9.0              | 29.0            |
| 11                           | T1                      | 3.5                       | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.0            |
|                              | T2                      | 3.0                       | 8.5          | 7.5                        | 9.0              | 28.0            |
|                              | T3                      | 3.0                       | 8.5          | 7.5                        | 9.0              | 28.0            |
| 16                           | T1                      | 4.0                       | 8.0          | 8.0                        | 8.0              | 28.0            |
|                              | T2                      | 3.5                       | 8.0          | 7.0                        | 8.5              | 27.0            |
|                              | T3                      | 2.0                       | 7.0          | 7.0                        | 8.0              | 24.0            |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> T1- 20 minutos.

. T2 - 40 minutos.

. T3 - 60 minutos.

<sup>3</sup> Massa não congelada.

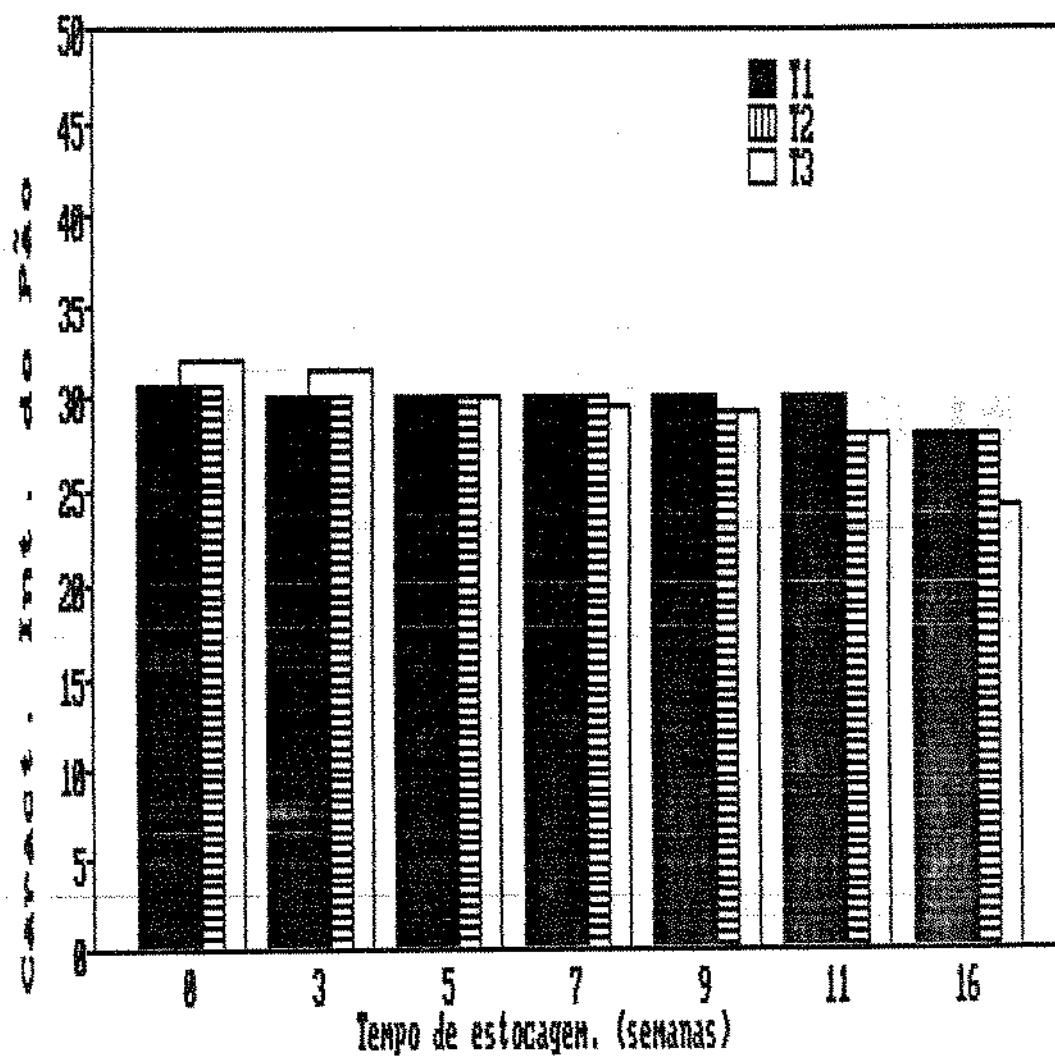


Figura 14. Efeito do tempo de espera nas características internas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.

T1. 20 minutos

T2. 40 minutos

T3. 60 minutos

0. Massa não congelada

## 6. - EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS VISCOELÁSTICAS E DE FERMENTAÇÃO DA MASSA E NA QUALIDADE DO PÃO.

Neste item são apresentados os resultados referentes à influência da operação de congelamento nas características viscoelásticas e de fermentação da massa e na qualidade do pão das massas antes e após congelamento e estocagem por 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

### 6.1. - EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS VISCOELÁSTICAS DA MASSA.

Os valores das características extensigráficas das massas submetidas ao congelamento em congelador doméstico e em túnel de circulação forçada de ar a  $-15^{\circ}\text{C}$  e  $-30^{\circ}\text{C}$  e estocadas nos tempos de 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas são apresentadas na tabela 12.

O congelamento e a estocagem congelada de 3 semanas, reduziram drasticamente a resistência à extensão e a resistência máxima, notadamente no ensaio C<sub>3</sub>. A partir da 5<sup>a</sup> semana de estocagem foi observada uma estabilização destes valores nos tratamentos C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub> (figura 15). Em geral, o tratamento C<sub>1</sub> apresentou a resistência à extensão e a resistência máxima maiores em relação aos tratamentos C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub> nos tempos de estocagem de 5, 7, 9, e 11 semanas, notadamente na 16<sup>a</sup> semana.

Esses resultados podem ser visualizados na figura 16, onde são mostradas as curvas dos extensigramas das massas frescas e após períodos de estocagem congelada de 7 e 16 semanas, nos 3 tipos de congelamento estudados. No tratamento C<sub>1</sub>, os valores de resistência à extensão e resistência máxima foram maiores na massa

TABELA 12 : EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO DAS MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO E ESTOCAGEM CONGELADA

| Tratamento <sup>1</sup>      | Resistência à Extensão (U.E.) |     |     | Resistência Máxima (U.E.) |     |     | Extensibilidade (mm) |      |    | Energia (cm <sup>2</sup> ) |    |    |
|------------------------------|-------------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|----------------------|------|----|----------------------------|----|----|
|                              | C1                            | C2  | C3  | C1                        | C2  | C3  | C1                   | C2   | C3 | C1                         | C2 | C3 |
| Tempo de Estocagem (semanas) |                               |     |     |                           |     |     |                      |      |    |                            |    |    |
| 0 <sup>2</sup>               | 600                           | 630 | 560 | 660                       | 635 | 585 | 77                   | 85   | 80 | 54                         | 61 | 54 |
| 3                            | 410                           | 440 | 320 | 450                       | 480 | 320 | 64.5                 | 76   | 66 | 34                         | 44 | 30 |
| 5                            | 400                           | 390 | 315 | 445                       | 410 | 350 | 69                   | 74.5 | 72 | 35                         | 34 | 26 |
| 7                            | 380                           | 410 | 350 | 420                       | 415 | 365 | 76                   | 73   | 71 | 30                         | 36 | 31 |
| 9                            | 440                           | 450 | 360 | 465                       | 400 | 370 | 70                   | 71   | 78 | 40                         | 39 | 35 |
| 11                           | 420                           | 380 | 300 | 425                       | 390 | 345 | 78                   | 63   | 67 | 51                         | 31 | 29 |
| 16                           | 520                           | 380 | 330 | 565                       | 380 | 390 | 75                   | 60   | 70 | 47                         | 29 | 33 |

<sup>1</sup> C1 - Congelamento em congelador doméstico

. C2 - Congelamento em túnel à - 15°C

. C3 - Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> Massa não congelada.

. U.E. - Unidades Extensográficas.

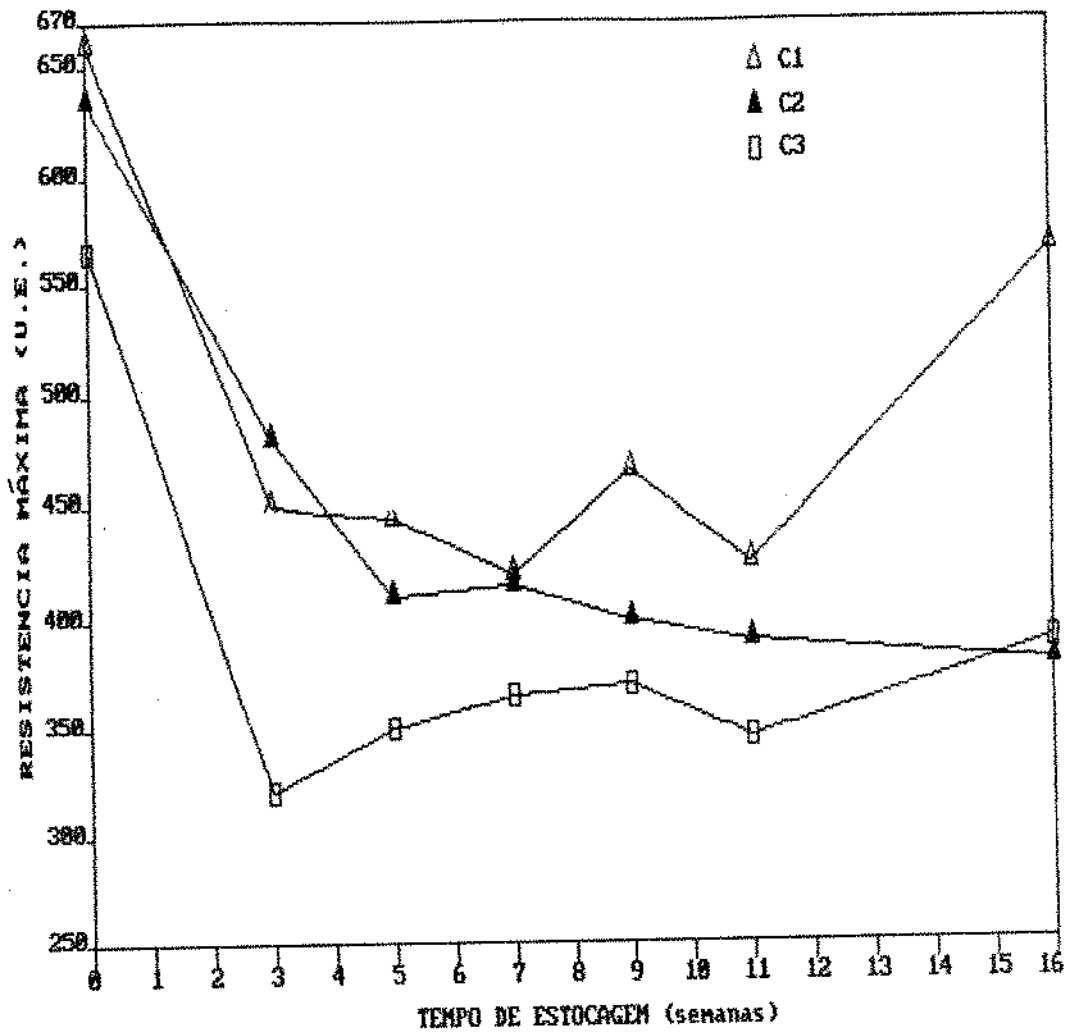


Figura 15. Efeito do tempo de congelamento na resistência máxima das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.

- C1. Congelamento em congelador doméstico
- C2. Congelamento em túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$
- C3. Congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$
- 0. Massa não congelada

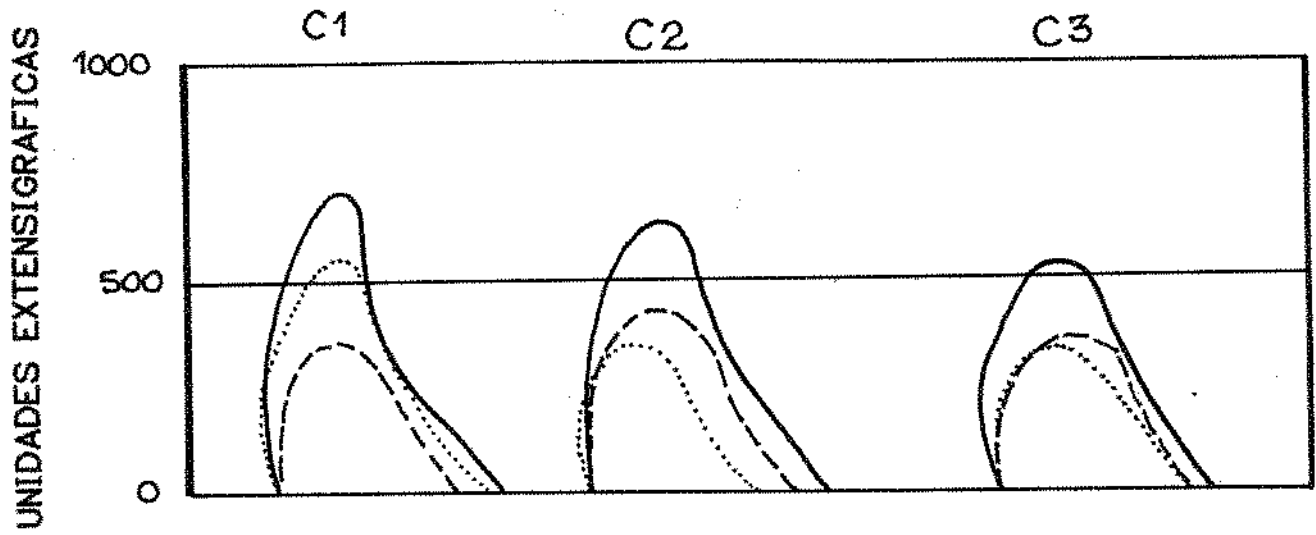


Figura 16. Curvas extensigráficas após 135 minutos de descanso de massas não congeladas e após 7 e 16 semanas de estocagem congelada.

C1. Congelamento em congelador doméstico

C2. Congelamento em túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$

C3. Congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$

— Massa não congelada

- - - Massa congelada e estocada por 7 semanas

..... Massa congelada e estocada por 16 semanas

não congelada, diminuindo após o congelamento e estocagem de 7 semanas e voltando a aumentar no final do período de estocagem. Esse comportamento pode indicar possíveis mudanças na configuração das proteínas do glúten provocada pela baixa velocidade de congelamento que ocorre em congelador doméstico e pela discreta fermentação da massa até atingir o congelamento total da mesma.

O anexo 7 apresenta os valores de variância dos parâmetros extensigráficos das massas congeladas a diferentes tempos, mostrando que houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos com relação aos parâmetros resistência à extensão e resistência máxima. O congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$  (C<sub>3</sub>) diferenciou-se dos congelamentos em congelador doméstico (C<sub>1</sub>) e em túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$  (C<sub>2</sub>), os quais não se diferenciaram entre si.

O congelamento e a estocagem congelada de 3 semanas reduziram a extensibilidade e a energia das massas nos 3 tratamentos estudados (tabela 12). A análise dos resultados não mostrou diferenças significativas nos parâmetros, o que indicou que os diferentes tempos de congelamento afetaram similarmente a extensibilidade e a energia das massas (Anexo 7).

## 6.2. - EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO

Para avaliar as características de fermentação das massas foram considerados os resultados relativos às análises realizadas no maturógrafo Brabender (tempo de fermentação, altura máxima e estabilidade das massas), ao tempo de fermentação (determinado no teste de panificação) e ao número de leveduras viáveis presentes



nas massas.

#### 6.2.1. - EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NOS PARÂMETROS DE FERMENTAÇÃO AVALIADOS PELO MATURÓGRAFO.

A tabela 13 apresenta os parâmetros de fermentação das massas antes e após as operações de congelamento a diferentes tempos e estocagem congelada de 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

Os tempos de fermentação das massas não congeladas foram próximos, porém o congelamento e a estocagem congelada de 3 semanas diminuíram os tempos de fermentação nos 3 tratamentos estudados. A análise dos valores dos tempos de fermentação mostrou diferenças significativas entre a operação em congelador doméstico (C<sub>1</sub>) e em túnel a -30°C (C<sub>3</sub>) (Anexo 7), apresentando o tratamento C<sub>3</sub> valor médio menor (Anexo 8).

O congelamento e a estocagem congelada de 3 semanas modificaram levemente a altura máxima das massas não congeladas, sendo a diminuição maior no processo de congelamento doméstico comum (C<sub>1</sub>), após a 5<sup>a</sup> semana de estocagem (Figura 17). O congelamento C<sub>1</sub> diferenciou-se estatisticamente do congelamento C<sub>2</sub>, quando a altura máxima foi considerada (Anexo 7), sendo o valor médio menor no congelamento C<sub>1</sub> do que no congelamento C<sub>2</sub> (Anexo 8).

Foi observado que as massas não congeladas tiveram os maiores valores de estabilidade, que foram próximos e diminuíram com o congelamento e a estocagem congelada notadamente a partir da 3<sup>a</sup> semana de estocagem. A análise de variância dos valores de estabilidade não demonstrou diferenças significativas entre os 3 congelamentos, mostrando que este parâmetro foi influenciado de

TABELA 13 : EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO DAS MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO E ESTOCAGEM CONGELADA

| Tempo de Estocagem<br>(semanas) | Tempo de fermentação<br>(min.) |     |     | Altura Máxima<br>(U.M.) |      |      | Estabilidade<br>(min.) |    |    |
|---------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-------------------------|------|------|------------------------|----|----|
|                                 | C1                             | C2  | C3  | C1                      | C2   | C3   | C1                     | C2 | C3 |
| 0 <sup>2</sup>                  | 152                            | 151 | 155 | 1010                    | 1005 | 1020 | 14                     | 12 | 14 |
| 3                               | 149                            | 141 | 138 | 1005                    | 1005 | 990  | 11                     | 10 | 9  |
| 5                               | 144                            | 138 | 134 | 1000                    | 1005 | 945  | 6                      | 6  | 7  |
| 7                               | 146                            | 149 | 134 | 910                     | 1015 | 940  | 8                      | 8  | 6  |
| 9                               | 156                            | 146 | 129 | 875                     | 995  | 950  | 8                      | 6  | 6  |
| 11                              | 151                            | 138 | 135 | 875                     | 1005 | 915  | 8                      | 8  | 8  |
| 16                              | 152                            | 140 | 141 | 915                     | 990  | 875  | 5                      | 8  | 8  |

<sup>1</sup> C1- Congelamento em congelador doméstico

. C2 - Congelamento em túnel à - 15°C

. C3 - Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> Massa não congelada.

. U.M. - Unidades Maturográficas.

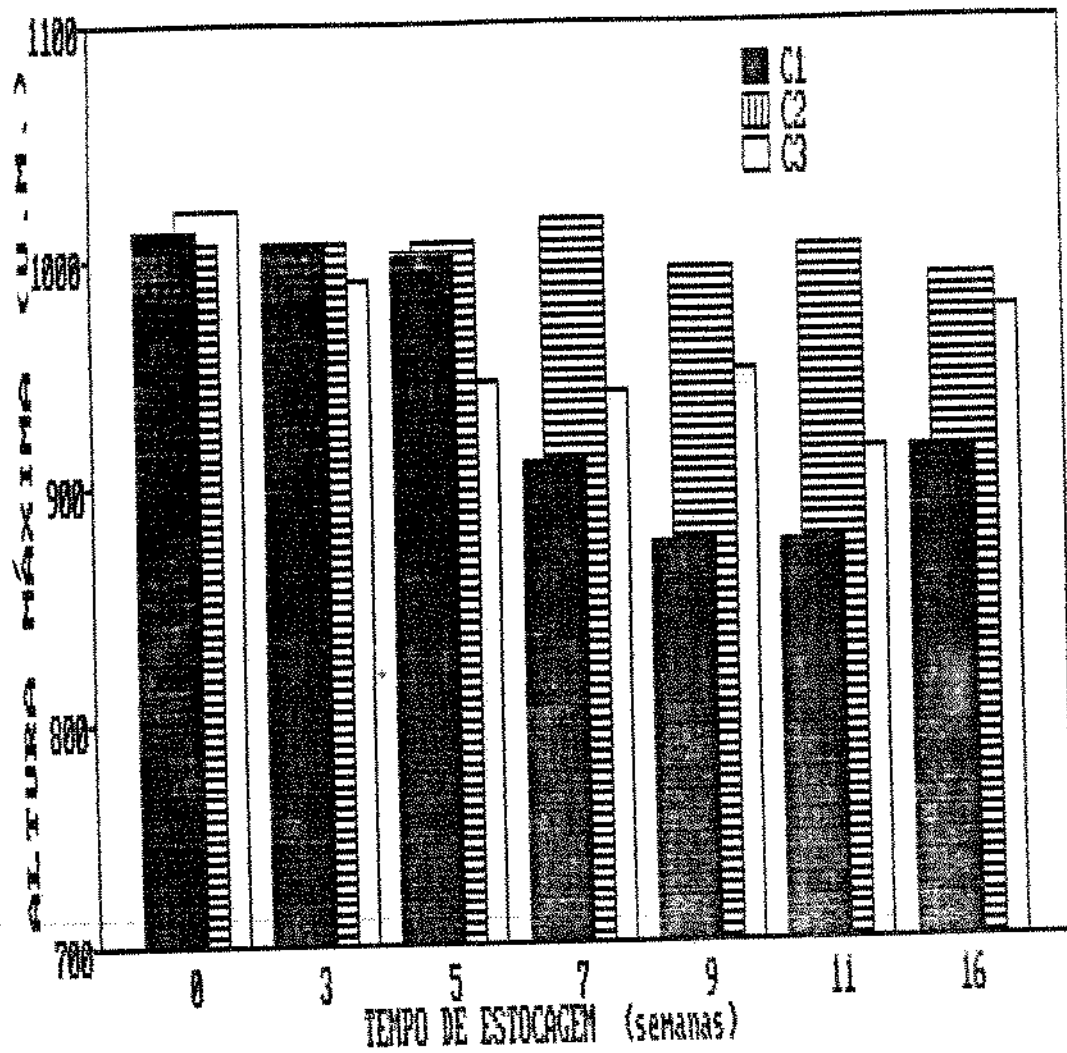


Figura 17. Efeito do tempo de congelamento na altura máxima das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.

- C1. Congelamento em congelador doméstico
- C2. Congelamento em túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$
- C3. Congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$
- 0. Massa não congelada
- U.M. Unidades Maturográficas

uma maneira similar pelos diferentes tempos de congelamento usados.

Foi concluído que os congelamentos realizados em túnel com circulação forçada de ar (C2 e C3) não se diferenciaram entre si, com relação às características de fermentação das massas, e que a operação em congelador doméstico foi menos adequada, produzindo massas com alturas máximas inferiores e com tempos de fermentação maiores que os tratamentos C2 e C3.

#### 6.2.2. - EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NO TEMPO DE FERMENTAÇÃO AVALIADO PELO TESTE DE PANIFICAÇÃO.

O congelamento e a estocagem congelada de 3 semanas, provocaram grande aumento no tempo de fermentação (determinado pela altura pré-estabelecida da massa) no tratamento C1, o qual foi menor nas massas congeladas em túnel C2 e C3 (figura 18). No entanto, após 9 semanas de estocagem congelada, os tempos de fermentação das massas sofreram aumentos maiores principalmente na 11<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> semanas. A massa congelada em túnel a -30°C (C3) apresentou os menores tempos de fermentação em relação aos outros tratamentos no decorrer da estocagem congelada, o que revelou uma maior estabilidade da mesma.

#### 6.2.3. - EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NA VIABILIDADE DAS LEVEDURAS.

A figura 19 relaciona a contagem de leveduras viáveis presentes nas massas congeladas a diferentes tempos com os tempos de estocagem de 4, 9 e 16 semanas.

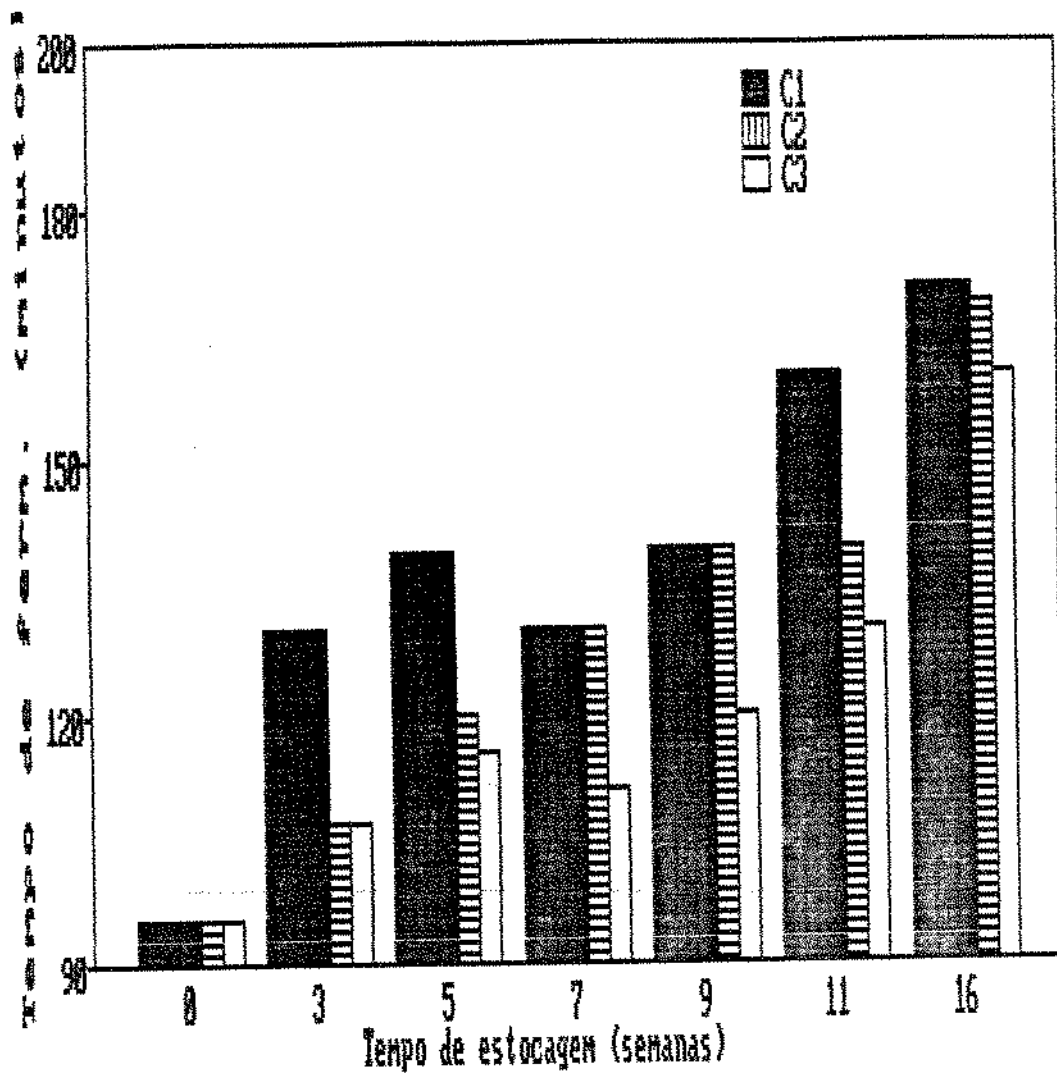


Figura 18. Efeito do tempo de congelamento no tempo de fermentação determinado pela altura das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.

C1. Congelamento em congelador doméstico

C2. Congelamento em túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$

C3. Congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$

0. Massa não congelada

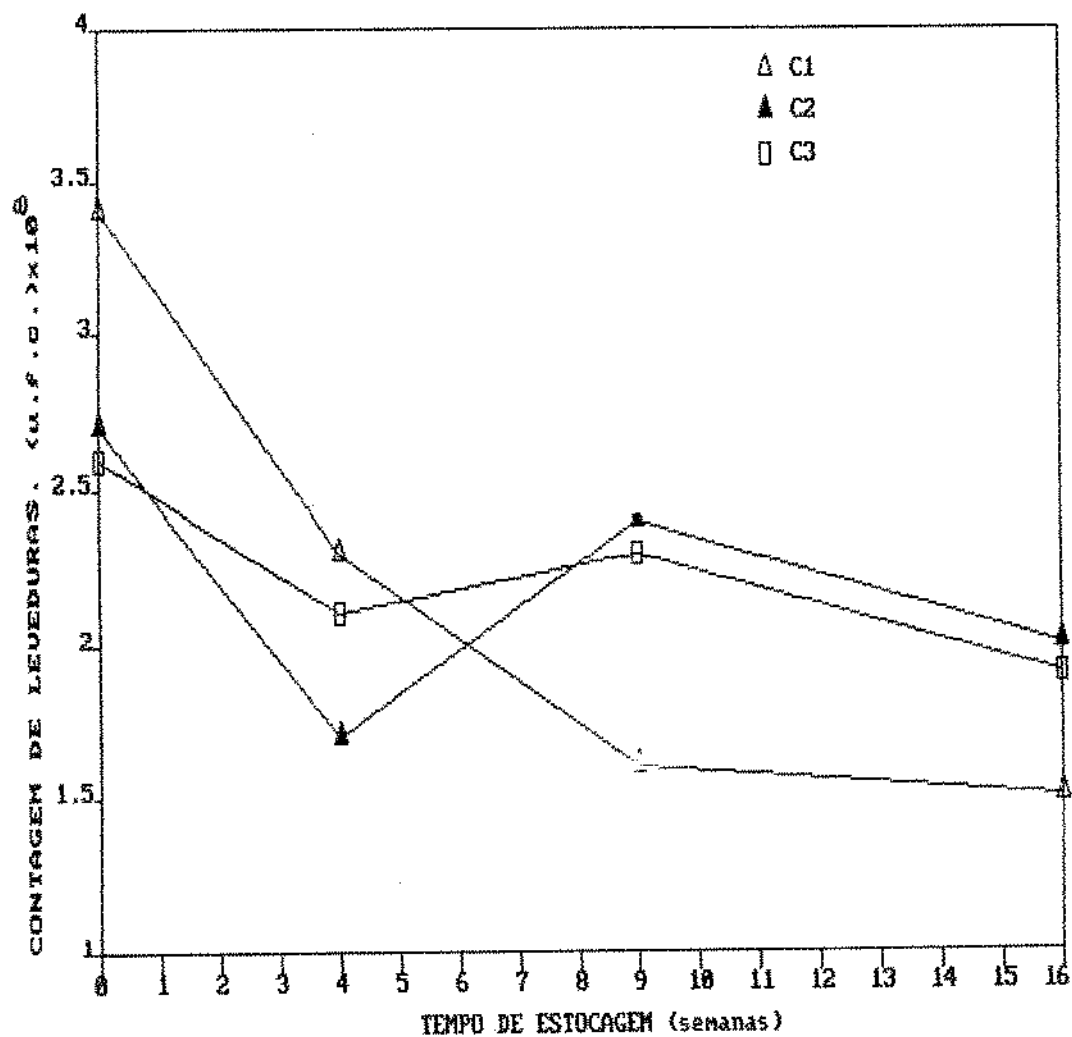


Figura 19. Efeito do tempo de congelamento na sobrevivência das leveduras das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.

C1. Congelamento em congelador doméstico

C2. Congelamento em túnel a -15°C

C3. Congelamento em túnel a -30°C

0. Massa não congelada

u.f.c. Unidades formadoras de colônias

O congelamento e a estocagem congelada de 4 semanas, diminuíram as contagens de leveduras viáveis nos congelamentos em congelador doméstico (C<sub>1</sub>) e em túnel a -15<sup>o</sup>C (C<sub>2</sub>), enquanto que o congelamento em túnel a -30<sup>o</sup>C (C<sub>3</sub>) foi o mais estável apresentando a queda menor. Os tratamentos de congelamento em túnel C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub>, apresentaram contagens de leveduras viáveis maiores que o congelamento C<sub>1</sub> sendo o tratamento C<sub>3</sub> o mais estável deles.

A influência favorável da diminuição do tempo de congelamento na sobrevivência das leveduras observada nesse estudo, concordou com as pesquisas feitas por Mazur (1966) citado por Meryman (1966). Esses autores sugeriram que as velocidades de congelamento lentas provocaram congelamento extracelular, danificando as células devido principalmente à exposição das mesmas à concentrações altas de solutos. À medida que a velocidade de congelamento aumentou, o tempo de exposição ao "stress" devido aos solutos foi reduzido, resultando em aumento da sobrevivência celular.

### 6.3. - EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO PÃO.

O efeito da velocidade de congelamento nas características de qualidade dos pães obtidos das massas antes e após congelamento e estocagem congelada, foi avaliada considerando as notas atribuídas às características externas e internas do pão.

### 6.3.1. - EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS.

Na tabela 14 estão registrados os valores das características externas dos pães obtidos das massas submetidas a diferentes tempos de congelamento, nos tempos de estocagem de 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

A análise de variância dos valores dos volumes nos tratamentos C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub> não apresentaram diferenças significativas durante o período de estocagem de 16 semanas (Anexo 9). A cor da crosta e a quebra do pão tiveram comportamento similar, indicando que esses parâmetros foram influenciados de maneira similar pelos diferentes métodos de congelamento da massa.

Entre as características externas, a mais afetada pela forma de congelamento da massa foi a simetria do pão, que apresentou resultados estatisticamente diferentes entre os tratamentos. Os maiores valores médios da simetria do pão foram encontrados nas massas que tiveram congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$  e, ao contrário, os mais prejudicados foram obtidos no congelamento em congelador doméstico.

A contagem global das características externas do pão graficadas na figura 20, mostraram uma queda pequena e gradual em todos os ensaios de congelamento, sendo mais acentuada no congelamento lento (tratamento C<sub>1</sub>) notadamente na 16<sup>a</sup> semana de estocagem. A análise dos resultados mostrou diferenças estatisticamente significativas entre o congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$ , que apresentou o maior valor médio, e os outros tratamentos, em congelador e túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$ , que não se diferenciaram entre si (Anexos 8 e 9).



TABELA 14 : EFETTO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DO PÃO OBTIDO DE MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO E ESTOCAGEM CONGELADA

| Tempo de Estocagem (semanas) | Tratamento <sup>1</sup> | Volume específico (cm <sup>3</sup> /g) | Cor da Crosta | Quebra | Simetria | Contagem global |
|------------------------------|-------------------------|--|---------------|--------|----------|-----------------|
| 0 <sup>2</sup>               | C1                      | 16.5                                   | 9.0           | 4.5    | 4.0      | 34.0            |
|                              | C2                      | 15.0                                   | 8.5           | 4.0    | 4.0      | 31.5            |
|                              | C3                      | 16.0                                   | 8.5           | 4.5    | 4.5      | 33.5            |
| 3                            | C1                      | 16.0                                   | 8.5           | 4.0    | 3.0      | 31.5            |
|                              | C2                      | 14.0                                   | 8.0           | 3.5    | 4.0      | 29.5            |
|                              | C3                      | 14.5                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 30.5            |
| 5                            | C1                      | 15.0                                   | 8.0           | 3.5    | 3.0      | 29.5            |
|                              | C2                      | 15.0                                   | 8.0           | 3.5    | 3.5      | 30.0            |
|                              | C3                      | 18.5                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 32.5            |
| 7                            | C1                      | 14.5                                   | 7.0           | 3.5    | 3.0      | 28.0            |
|                              | C2                      | 15.5                                   | 8.0           | 3.5    | 3.5      | 30.5            |
|                              | C3                      | 15.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 31.0            |
| 9                            | C1                      | 14.0                                   | 7.0           | 3.5    | 3.0      | 27.5            |
|                              | C2                      | 14.5                                   | 8.0           | 3.5    | 3.5      | 29.5            |
|                              | C3                      | 15.5                                   | 8.0           | 3.5    | 4.0      | 31.0            |
| 11                           | C1                      | 16.0                                   | 7.0           | 3.5    | 3.0      | 29.5            |
|                              | C2                      | 15.5                                   | 8.0           | 3.5    | 3.5      | 30.5            |
|                              | C3                      | 16.0                                   | 7.5           | 3.5    | 4.0      | 31.0            |
| 16                           | C1                      | 14.5                                   | 7.0           | 3.0    | 2.5      | 27.0            |
|                              | C2                      | 14.0                                   | 7.0           | 3.5    | 3.0      | 27.5            |
|                              | C3                      | 15.0                                   | 7.5           | 3.5    | 3.5      | 29.5            |

<sup>1</sup> C1 - Congelamento em congelador doméstico.

. C2 - Congelamento em túnel à - 15°C

. C3 - Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> Massa não congelada.

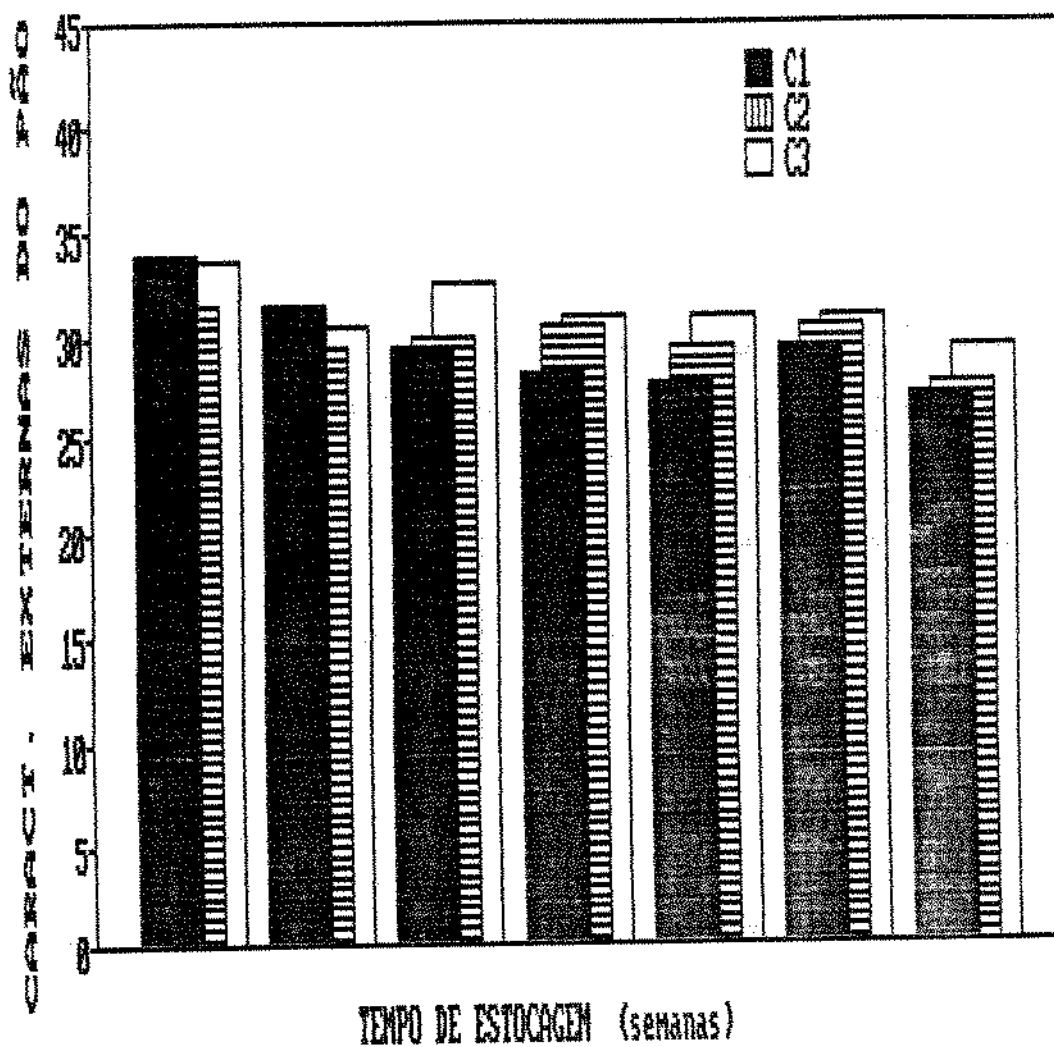


Figura 20. Efeito do tempo de congelamento nas características externas do pão obtido das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada.

- C1. Congelamento em congelador doméstico
- C2. Congelamento em túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$
- C3. Congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$
- O. Massa não congelada

Com base nos resultados obtidos com relação a simetria e à contagem global das características externas do pão, o congelamento a  $-30^{\circ}\text{C}$  foi superior aos outros dois tipos de congelamentos estudados.

#### 6.3.2. - EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS.

As características internas do pão (tabela 15) mostraram uma queda leve e gradativa nos valores destas características, em relação à massa não congelada no período de 16 semanas de estocagem congelada, nos três tratamentos estudados. A análise dos parâmetros não revelou diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tipos de congelamento estudados (Anexo 9).

#### 7. - EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS VISCOELÁSTICAS E DE FERMENTAÇÃO DAS MASSAS E NA QUALIDADE DO PÃO.

São apresentados aqui os resultados referentes à influência da operação de descongelamento nas características viscoelásticas e de fermentação da massa e na qualidade do pão das massas antes e após congelamento e estocagem por 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

#### 7.1.- EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS VISCOELÁSTICAS DA MASSA.

A tabela 16 relaciona os parâmetros extensigráficos das massas estocadas por 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas e descongeladas

TABELA 15 : EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS DO PÃO OBTIDO DE MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO E ESTOCAGEM CONGELADA

| Tempo de Estocagem (semanas) | Tratamento <sup>1</sup> | Característica da Crosta | Cor do Miolo | Estrutura celular do Miolo | Textura do Miolo | Contagem |
|------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------|----------------------------|------------------|----------|
| 0 <sup>2</sup>               | C1                      | 4.0                      | 9.0          | 9.0                        | 9.5              | 31.5     |
|                              | C2                      | 4.5                      | 9.5          | 9.0                        | 9.5              | 32.5     |
|                              | C3                      | 4.0                      | 9.5          | 9.0                        | 9.5              | 32.0     |
| 3                            | C1                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.5              | 31.0     |
|                              | C2                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.5     |
|                              | C3                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.5     |
| 5                            | C1                      | 3.5                      | 9.0          | 8.5                        | 9.5              | 30.5     |
|                              | C2                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.5              | 30.5     |
|                              | C3                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.5     |
| 7                            | C1                      | 3.5                      | 9.0          | 8.0                        | 9.5              | 30.0     |
|                              | C2                      | 4.0                      | 9.0          | 8.0                        | 9.0              | 30.0     |
|                              | C3                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.5     |
| 9                            | C1                      | 3.5                      | 9.0          | 8.0                        | 8.5              | 29.0     |
|                              | C2                      | 3.5                      | 9.0          | 7.5                        | 9.0              | 29.0     |
|                              | C3                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.5     |
| 11                           | C1                      | 3.5                      | 8.5          | 8.0                        | 8.5              | 28.5     |
|                              | C2                      | 3.0                      | 8.5          | 7.5                        | 8.5              | 27.5     |
|                              | C3                      | 4.0                      | 8.5          | 8.0                        | 9.0              | 29.5     |
| 16                           | C1                      | 2.5                      | 8.0          | 7.0                        | 8.5              | 28.0     |
|                              | C2                      | 3.0                      | 7.5          | 7.0                        | 8.5              | 28.0     |
|                              | C3                      | 3.5                      | 8.0          | 7.0                        | 8.5              | 27.0     |

<sup>1</sup> C1- Congelamento em congelador doméstico

. C2 - Congelamento em túnel à - 15°C

. C3 - Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> Massa não congelada.

TABELA 16 : EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO DAS MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO<sup>1</sup> E ESTOCAGEM CONGELADA.

| Tratamento <sup>2</sup>      | Resistência à Extensão (U.E.) |     |     | Resistência Máxima (U.E.) |     |     | Extensibilidade (mm) |    |    | Energia (cm <sup>2</sup> ) |    |    |
|------------------------------|-------------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|----------------------|----|----|----------------------------|----|----|
|                              | D1                            | D2  | D3  | D1                        | D2  | D3  | D1                   | D2 | D3 | D1                         | D2 | D3 |
| Tempo de Estocagem (semanas) |                               |     |     |                           |     |     |                      |    |    |                            |    |    |
| 0 <sup>3</sup>               | 490                           | 410 | 420 | 620                       | 510 | 505 | 75                   | 72 | 77 | 50                         | 39 | 42 |
| 3                            | 465                           | 410 | 470 | 480                       | 450 | 465 | 70.5                 | 70 | 79 | 40                         | 37 | 44 |
| 5                            | 390                           | 405 | 405 | 405                       | 450 | 415 | 70.5                 | 77 | 78 | 33                         | 35 | 35 |
| 7                            | 330                           | 410 | 370 | 400                       | 420 | 370 | 67                   | 73 | 77 | 31                         | 33 | 34 |
| 9                            | 375                           | 380 | 375 | 400                       | 405 | 380 | 76                   | 67 | 70 | 43                         | 35 | 37 |
| 11                           | 420                           | 390 | 385 | 425                       | 415 | 390 | 81                   | 73 | 62 | 41                         | 35 | 39 |
| 16                           | 490                           | 495 | 455 | 500                       | 505 | 460 | 80                   | 87 | 76 | 41                         | 53 | 46 |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> D1- Descongelamento em geladeira.

. D2- Descongelamento em forno de microondas.

. D3- Descongelamento em cabine à 30°C.

<sup>3</sup> Massa não congelada.

. U.E. - Unidades Extensigráficas.

em geladeira (D<sub>1</sub>), em forno de microondas (D<sub>2</sub>) e em cabine a 30°C (D<sub>3</sub>).

Em geral, os valores dos parâmetros extensigráficos diminuíram após o congelamento e estocagem congelada de 3 semanas, notadamente nas massas que foram submetidas ao descongelamento em geladeira (tabela 16).

Os valores da resistência máxima da massa após estocagem congelada e descongelamento dos tratamentos D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub> mostraram comportamento similar, apresentando valores maiores nas massas não congeladas, queda dos mesmos entre a 5<sup>a</sup> e a 9<sup>a</sup> semana e aumento na 11<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> semana de estocagem congelada (Figura 21).

Os valores dos demais parâmetros extensigráficos das massas congeladas e estocadas durante 16 semanas (tabela 16) mostraram comportamento semelhante, independentemente do tipo de descongelamento usado, não revelando diferenças significativas entre os tratamentos (Anexo 10). Isto mostrou que as características de extensão das massas congeladas sofreram influência similar quando descongeladas em geladeira, em forno microondas ou em cabine a 30°C.

## 7.2. - EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO.

Para avaliar as características de fermentação das massas foram considerados os parâmetros obtidos no maturógrafo Brabender (tempo de fermentação, altura máxima e estabilidade das massas), o tempo de fermentação determinado pelo teste de panificação e a contagem das leveduras viáveis presentes nas massas.

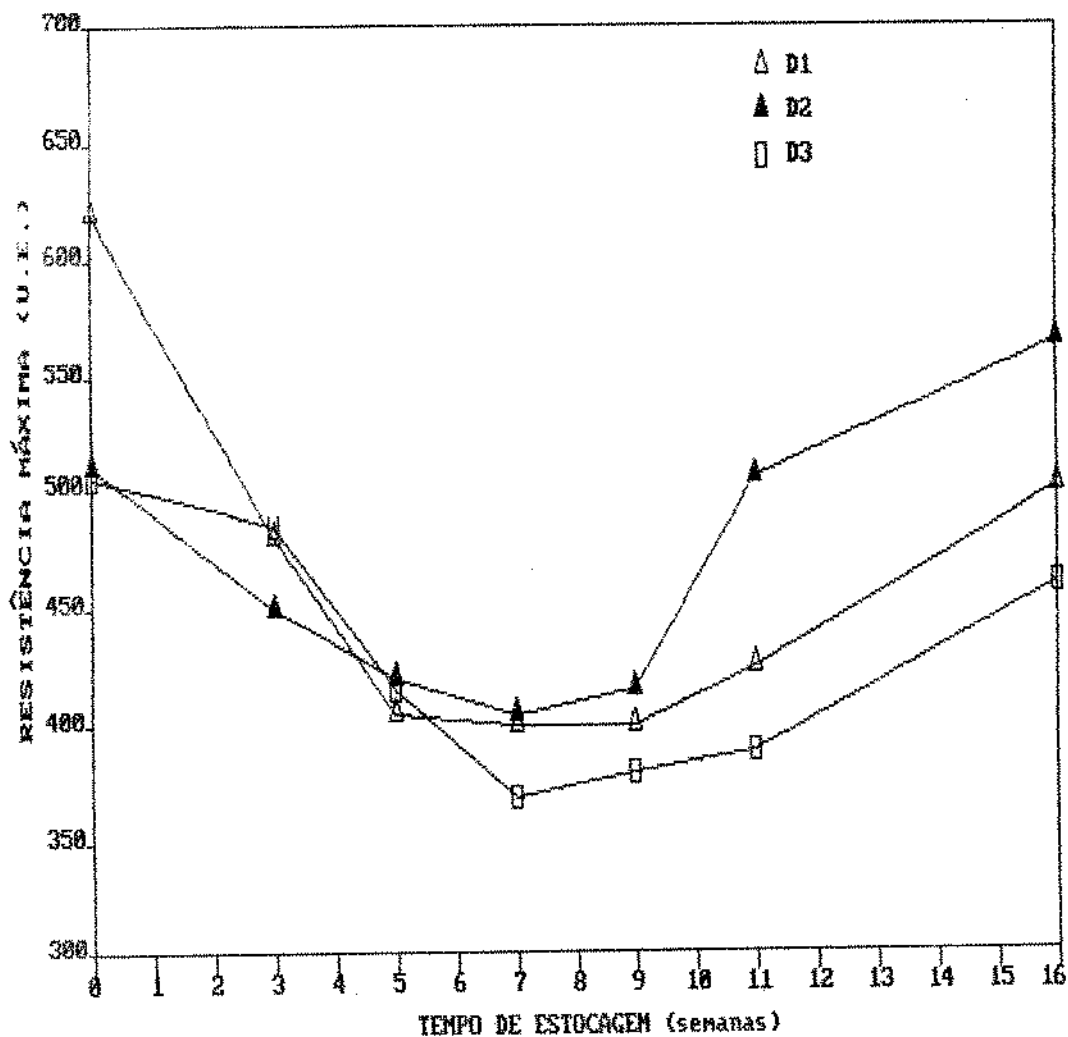


Figura 21. Efeito da forma de descongelamento na resistência máxima das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada

D1. Descongelamento em geladeira

D2. Descongelamento em forno de microondas

D3. Descongelamento em cabine a 30°C

0. Massa não congelada

U.E. Unidades extensigráficas

### 7.2.1. - EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NOS PARAMETROS DE FERMENTAÇÃO AVALIADOS PELO MATURÓGRAFO.

Na tabela 17 estão apresentados os valores das propriedades de fermentação das massas antes e após congelamento e estocagem congelada de 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas e descongeladas conforme estabelecido nos tratamentos D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub>.

O descongelamento em cabine a 30°C não afetou o tempo de fermentação da massa congelada e estocada por 3 semanas, porém os descongelamentos em geladeira e em forno de microondas provocaram pequena diminuição e aumento nos tempos de fermentação da massa, respectivamente.

Após a 3<sup>a</sup> semana de armazenamento congelado, os tempos de fermentação dos 3 tratamentos estudados mantiveram-se praticamente constantes até a 11<sup>a</sup> semana, aumentando na 16<sup>a</sup> semana de estocagem congelada, principalmente para os ensaios D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub> (tabela 17).

Com base nos valores obtidos no tempo de fermentação das massas, foi constatado diferenças significativas entre o descongelamento em geladeira e em cabine a 30°C (Anexo 10). O descongelamento em forno de microondas não se diferenciou dos demais tratamentos. O descongelamento em geladeira apresentou tempos de fermentação médios maiores que o descongelamento em cabine a 30°C (Anexo 11).

Os valores de altura máxima das massas descongeladas a diferentes velocidades mantiveram-se praticamente inalterados com o congelamento e a estocagem congelada, notando-se uma diminuição no descongelamento em microondas, na 16<sup>a</sup> semana de estocagem (tabela 17). A análise de variância desses valores não revelou



TABELA 17 : EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO DAS MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO<sup>1</sup> E ESTOCAGEM CONGELADA.

| Tempo de Estocagem<br>(semanas) | Tempo de fermentação<br>(min.) |     |     | Altura Máxima<br>(U.M.) |      |      | Estabilidade<br>(min.) |    |    |
|---------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-------------------------|------|------|------------------------|----|----|
|                                 | D1                             | D2  | D3  | D1                      | D2   | D3   | D1                     | D3 | D3 |
| 0 <sup>3</sup>                  | 148                            | 138 | 139 | 1000                    | 990  | 1010 | 13                     | 13 | 14 |
| 3                               | 141                            | 144 | 138 | 1000                    | 1015 | 1005 | 7                      | 11 | 7  |
| 5                               | 141                            | 139 | 140 | 1015                    | 1010 | 1005 | 10                     | 10 | 8  |
| 7                               | 143                            | 141 | 137 | 1010                    | 1005 | 970  | 8                      | 9  | 6  |
| 9                               | 148                            | 136 | 144 | 955                     | 1010 | 1000 | 6                      | 9  | 8  |
| 11                              | 147                            | 137 | 134 | 960                     | 1000 | 1000 | 10                     | 7  | 6  |
| 16                              | 154                            | 153 | 150 | 960                     | 860  | 955  | 7                      | 7  | 8  |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> D1- Descongelamento em geladeira.

. D2- Descongelamento em forno de microondas.

. D3- Descongelamento em cabine à 30°C.

<sup>3</sup> Massa não congelada.

. U.M.- Unidades Maturográficas.

diferenças significativas entre os tratamentos estudados (Anexo 10).

A estabilidade das massas apresentou pequena queda com o congelamento e estocagem congelada, porém a análise de variância desses valores demonstrou não haver diferenças entre os diferentes tratamentos de descongelamento.

A análise conjunta dos parâmetros de fermentação avaliados pelo maturógrafo, mostraram que as formas de descongelamento D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub> provocaram praticamente os mesmos efeitos, no período de estocagem estudado.

#### 7.2.2. - EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NO TEMPO DE FERMENTAÇÃO AVALIADO PELO TESTE DE PANIFICAÇÃO

A figura 22 relaciona os tempos de fermentação determinados pela altura da massa (pré-estabelecida no teste de panificação) com a estocagem congelada.

Após congelamento e estocagem congelada de 3 semanas, foram verificados maiores tempos de fermentação das massas descongeladas em geladeira e em microondas, quando comparadas com o descongelamento em cabine a 30°C. O tratamento mais estável foi o descongelamento em cabine a 30°C, cuja massa apresentou os menores valores de tempo de fermentação em todo o período de estocagem estudado.

Após a 3<sup>a</sup> semana foram observados aumentos nos tempos de fermentação da massa em todos os tratamentos de descongelamento, notadamente com o uso do forno de microondas, na 16<sup>a</sup> semana de estocagem. Acredita-se que o maior prejuízo observado nesse método de descongelamento, tenha sido causado pelo aumento brusco da

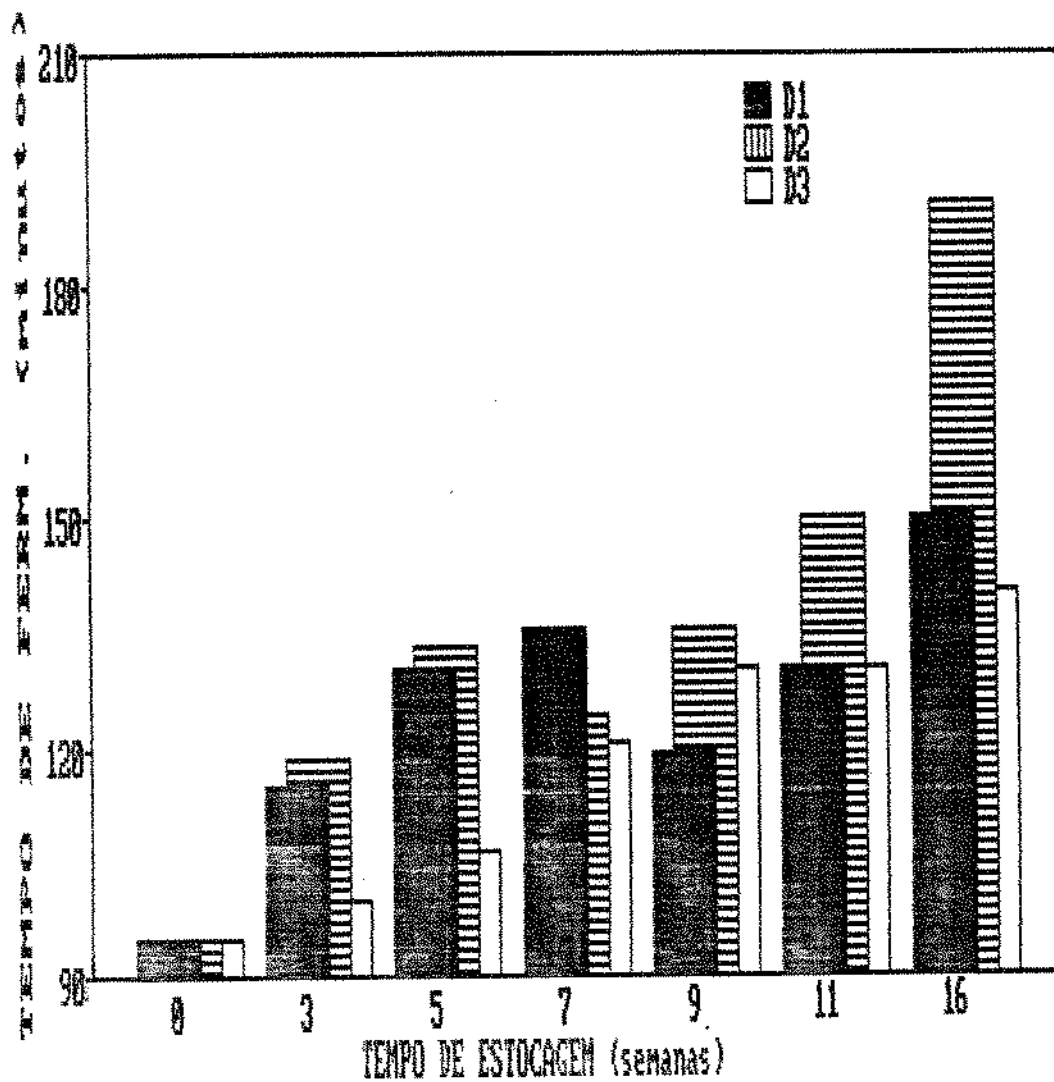


Figura 22. Efeito da forma de descongelamento no tempo de fermentação determinado pela altura das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada

- D1. Descongelamento em geladeira
- D2. Descongelamento em forno de microondas
- D3. Descongelamento em cabine a 30°C
- 0. Massa não congelada

temperatura da massa de 0 a 20°C e/ou pela distribuição desuniforme da radiação de microondas nas diversas partes da massa, resultando em gradientes de temperaturas que prejudicaram o processo fermentativo da levedura.

### 7.2.3. - EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NA VIABILIDADE DAS LEVEDURAS.

A figura 23 mostra a contagem de leveduras viáveis das massas antes e após as operações de descongelamento estudados, no período de estocagem congelada de 4, 9 e 16 semanas.

O congelamento e estocagem congelada de 4 semanas provocaram queda na contagem de leveduras viáveis em todos os tratamentos de descongelamento estudados, os quais sofreram pequenas variações na 9<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> semanas de estocagem. Entre as operações estudadas, o descongelamento em geladeira foi o mais prejudicado, possivelmente pelo fato das leveduras terem sido expostas por maiores tempos à temperaturas na faixa de -2 a -5°C, as quais, segundo Ingram e Mc Key (1979) citados por Davies e Obafemi (1985), possibilitam a maior formação de cristais de gelo que injuriam as células de leveduras.

### 7.3. - EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO PÃO.

A qualidade dos pães obtidos das massas antes e após o congelamento e estocagem e descongeladas em geladeira, forno de microondas e cabine a 30°C foi avaliada considerando notas

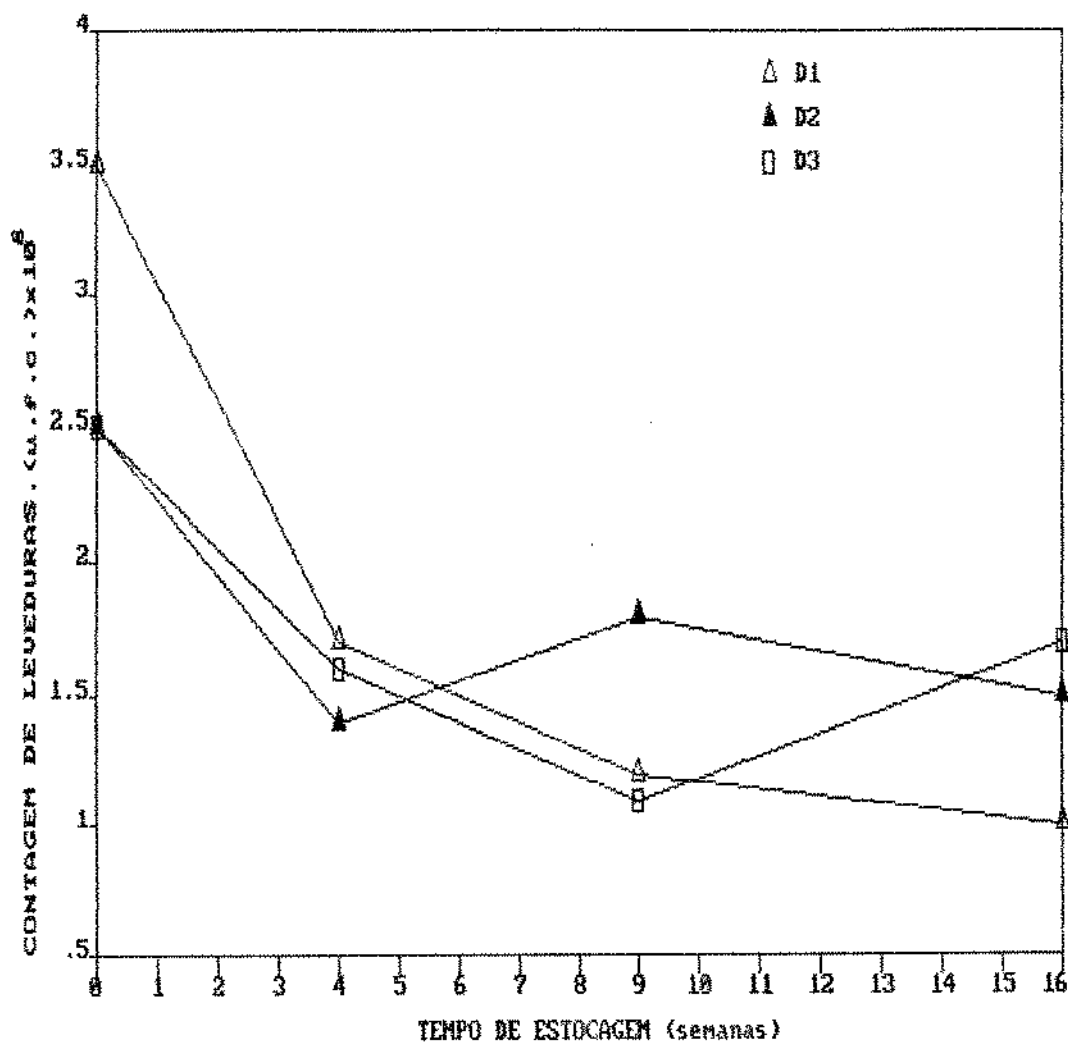


Figura 23. Efeito da forma de descongelamento na sobrevivência das leveduras das massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada

- D1. Descongelamento em geladeira
- D2. Descongelamento em forno de microondas
- D3. Descongelamento em cabine a 30°C
- O. Massa não congelada.

atribuídas às características externas e internas do pão.

### 7.3.1. - EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DO PÃO.

Na tabela 18 estão apresentadas as notas relativas às características externas dos pães obtidos das massas descongeladas sob diferentes formas, com relação à estocagem congelada de 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

De uma maneira geral, pode-se dizer que o volume do pão apresentou pequenas variações durante todo o período de estocagem, nos três tratamentos de descongelamento estudados, não apresentando diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub>.

Os valores obtidos na contagem global das características externas do pão, em cada ensaio, mantiveram-se praticamente constantes durante todo o período de estocagem, exceto para as massas descongeladas em geladeira, as quais apresentaram um leve declínio na 9<sup>a</sup>, 11<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> semana de armazenamento congelado.

As características da cor da crosta, quebra e simetria do pão não diferiram com relação aos diferentes métodos de descongelamento (Anexo 12).

### 7.3.2. - EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS DO PÃO.

As notas das características internas das massas submetidas aos três processos de descongelamento estudados, com relação à estocagem congelada de 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas

TABELA 18 : EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE PÃO OBTIDO DE MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO<sup>1</sup> E ESTOCAGEM CONGELADA.

| Tempo de Estocagem (semanas) | Tratamento <sup>2</sup> | Volume específico (cm <sup>3</sup> /g) | Cor da Crosta | Quebra | Simetria | Contagem global |
|------------------------------|-------------------------|--|---------------|--------|----------|-----------------|
| 0 <sup>3</sup>               | D1                      | 12.5                                   | 8.5           | 4.0    | 4.0      | 29.0            |
|                              | D2                      | 13.5                                   | 9.0           | 4.0    | 4.5      | 31.0            |
|                              | D3                      | 12.0                                   | 8.5           | 4.0    | 4.0      | 28.5            |
| 3                            | D1                      | 15.0                                   | 8.0           | 4.5    | 4.0      | 31.5            |
|                              | D2                      | 14.0                                   | 8.5           | 4.0    | 4.0      | 30.5            |
|                              | D3                      | 12.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 28.0            |
| 5                            | D1                      | 15.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 31.0            |
|                              | D2                      | 14.0                                   | 8.0           | 4.0    | 4.0      | 30.0            |
|                              | D3                      | 14.0                                   | 8.0           | 3.5    | 4.0      | 29.5            |
| 7                            | D1                      | 15.0                                   | 7.0           | 4.0    | 4.0      | 30.0            |
|                              | D2                      | 14.0                                   | 8.0           | 3.5    | 3.5      | 29.0            |
|                              | D3                      | 13.5                                   | 8.0           | 3.5    | 4.0      | 29.0            |
| 9                            | D1                      | 14.0                                   | 7.5           | 3.0    | 4.0      | 28.5            |
|                              | D2                      | 14.0                                   | 8.0           | 3.5    | 3.5      | 29.0            |
|                              | D3                      | 12.5                                   | 8.0           | 3.5    | 3.5      | 27.5            |
| 11                           | D1                      | 13.5                                   | 7.0           | 3.0    | 3.5      | 27.0            |
|                              | D2                      | 15.0                                   | 7.0           | 3.5    | 4.0      | 29.5            |
|                              | D3                      | 13.0                                   | 7.5           | 3.5    | 3.5      | 27.5            |
| 16                           | D1                      | 11.5                                   | 7.5           | 3.0    | 3.0      | 25.0            |
|                              | D2                      | 14.0                                   | 7.0           | 3.0    | 3.5      | 27.5            |
|                              | D3                      | 13.0                                   | 7.5           | 3.5    | 3.5      | 27.5            |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> D1- Descongelamento em geladeira.

. D2- Descongelamento em forno de microondas.

. D3- Descongelamento em cabine à 30°C.

<sup>3</sup> Massa não congelada.

são apresentadas na tabela 19.

Em todos os tratamentos de descongelamento estudados, foi observado queda pequena e progressiva nos valores das características internas, com o aumento do tempo de estocagem congelada, sendo a estrutura das células do miolo o parâmetro mais afetado, notadamente na 16<sup>a</sup> semana.

A contagem global das características internas mostrou perda de qualidade do pão, de forma progressiva até a 11<sup>a</sup> semana de estocagem, principalmente na 16<sup>a</sup> semana (Figura 24).

A análise dos resultados revelou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos de descongelamento com relação aos parâmetros de qualidade interna do pão, sendo que o teste de Tukey só foi significativo para a contagem global (Anexo 12). O descongelamento em geladeira (D<sub>1</sub>) diferenciou-se dos outros dois tratamentos D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub>, os quais não se diferenciaram entre si. O valor médio da contagem global das características internas do pão obtido da massa descongelada em geladeira, foi ligeiramente superior àquele das massas descongeladas em forno de microondas e em cabine a 30°C (Anexo 11).

8. - EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM NAS CARACTERÍSTICAS VISCOELÁSTICAS E DE FERMENTAÇÃO DAS MASSAS E NA QUALIDADE DO PÃO NAS CONDIÇÕES ESTABELECIDAS NOS ENSAIOS I, II, III E IV.

8.1 - EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM CONGELADA NAS CARACTERÍSTICAS VISCOELÁSTICAS DA MASSA NOS ENSAIOS I, II, III E IV.

Neste item são comparados e discutidos os parâmetros



TABELA 19 : EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS DO PÃO OBTIDO DE MASSAS NÃO CONGELADAS E APÓS CONGELAMENTO<sup>1</sup> E ESTOCAGEM CONGELADA.

| Tempo de Estocagem (semanas) | Tratamento <sup>2</sup> | Característica da Crosta | Cor do Miolo | Estrutura celular do Miolo | Textura do Miolo | Contagem global |
|------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------|----------------------------|------------------|-----------------|
| 0 <sup>3</sup>               | D1                      | 4.5                      | 9.0          | 9.0                        | 9.0              | 31.5            |
|                              | D2                      | 4.5                      | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 31.0            |
|                              | D3                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.5              | 31.0            |
| 3                            | D1                      | 4.0                      | 9.0          | 9.0                        | 9.0              | 31.0            |
|                              | D2                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.5            |
|                              | D3                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.5            |
| 5                            | D1                      | 4.0                      | 9.0          | 8.5                        | 9.0              | 30.5            |
|                              | D2                      | 4.0                      | 8.5          | 8.0                        | 9.0              | 29.5            |
|                              | D3                      | 4.0                      | 8.5          | 8.5                        | 8.5              | 29.5            |
| 7                            | D1                      | 3.5                      | 8.5          | 8.0                        | 9.0              | 29.0            |
|                              | D2                      | 4.0                      | 8.5          | 8.0                        | 8.5              | 29.0            |
|                              | D3                      | 4.0                      | 8.5          | 8.5                        | 8.5              | 29.5            |
| 9                            | D1                      | 3.5                      | 8.5          | 8.0                        | 8.5              | 28.5            |
|                              | D2                      | 3.5                      | 8.5          | 8.0                        | 8.5              | 28.5            |
|                              | D3                      | 4.0                      | 8.5          | 8.0                        | 8.0              | 28.5            |
| 11                           | D1                      | 3.5                      | 8.5          | 8.0                        | 8.5              | 28.5            |
|                              | D2                      | 3.5                      | 8.5          | 7.0                        | 8.5              | 27.5            |
|                              | D3                      | 3.0                      | 8.5          | 8.0                        | 8.0              | 27.5            |
| 16                           | D1                      | 3.0                      | 8.5          | 7.0                        | 8.0              | 26.5            |
|                              | D2                      | 3.0                      | 8.0          | 7.0                        | 7.5              | 25.5            |
|                              | D3                      | 3.0                      | 8.0          | 7.5                        | 7.5              | 26.0            |

<sup>1</sup> Congelamento em túnel à - 30°C

<sup>2</sup> D1- Descongelamento em geladeira.

. D2- Descongelamento em forno de microondas.

. D3- Descongelamento em cabine à 30°C.

<sup>3</sup> Massa não congelada.

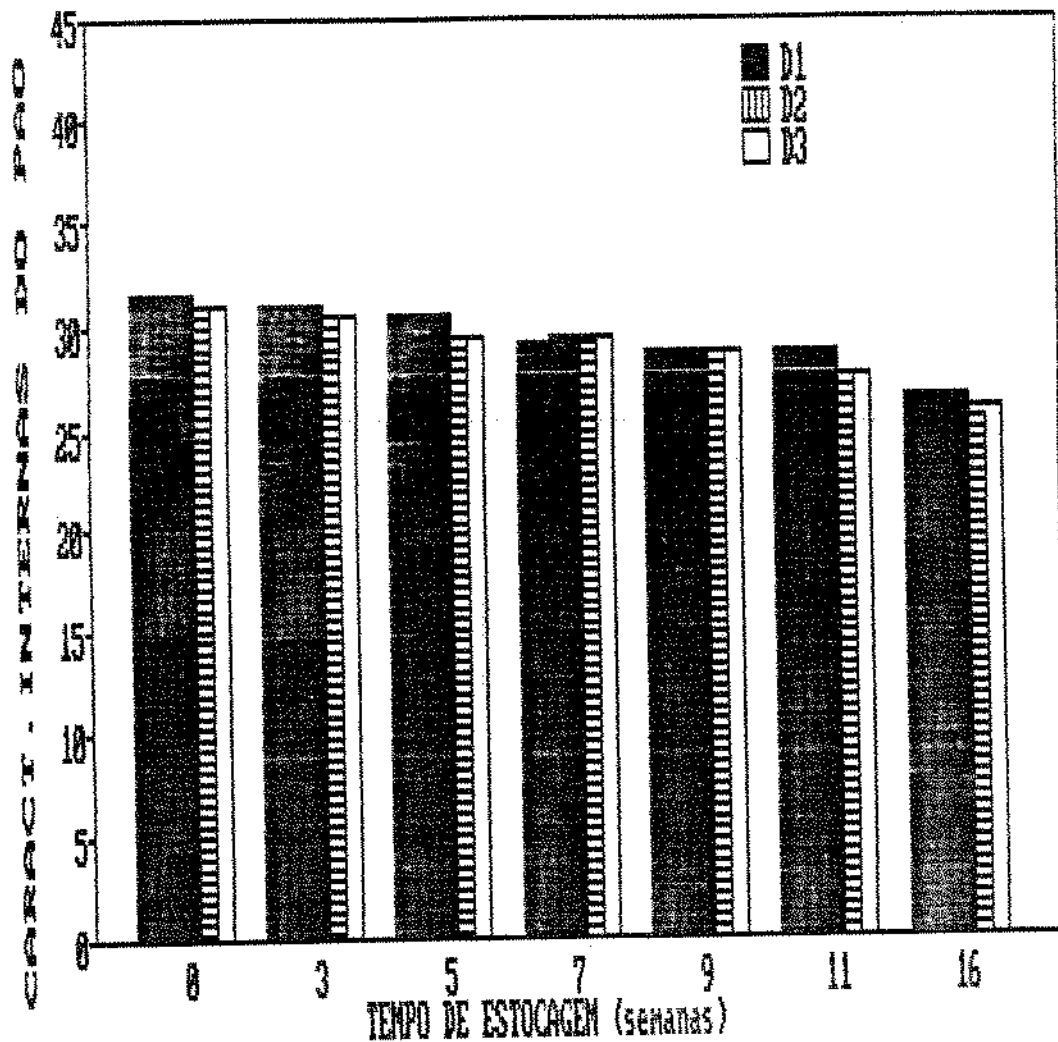


Figura 24. Efeito da forma de descongelamento nas características internas do pão obtido de massas não congeladas e após congelamento e estocagem congelada

D1. Descongelamento em geladeira  
 D2. Descongelamento em forno de microondas  
 D3. Descongelamento em cabine a 30°C  
 0. Massa não congelada

relativos à resistência à extensão, resistência máxima, energia e extensibilidade das massas não congeladas com aquelas estocadas sob congelamento por 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas para cada ensaio estudado.

Na comparação de cada característica viscoelástica das massas frescas com as das massas congeladas e estocadas no período estudado nos ensaios I, II, III e IV, foram verificadas diferenças estatisticamente significativas nos parâmetros resistência à extensão, resistência máxima e energia (Anexo 13). A extensibilidade da massa não foi afetada significativamente nesse período.

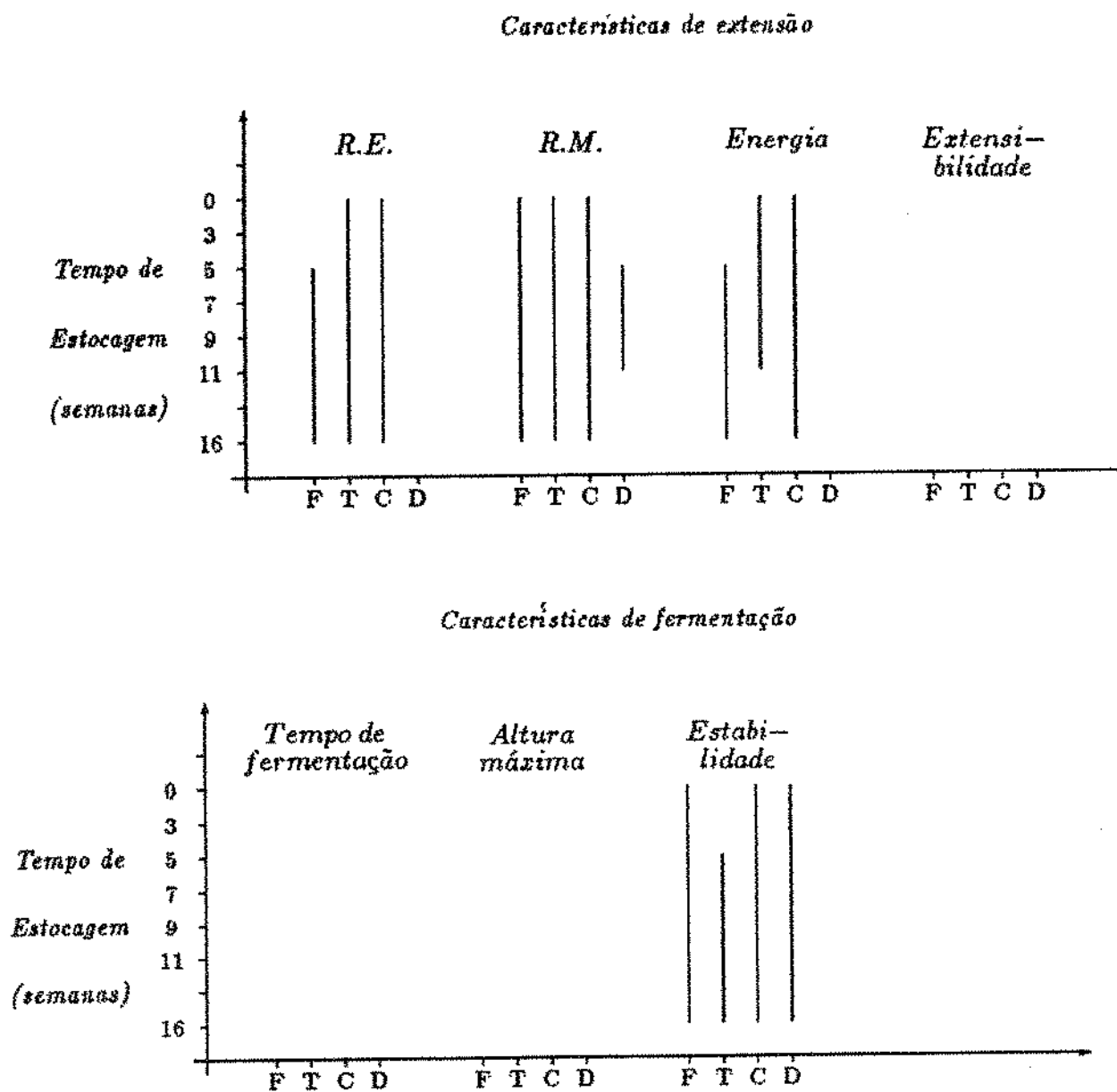
A figura 25 representa a influência do tempo de estocagem nos parâmetros extensigráficos avaliados em cada ensaio segundo o teste de Tukey.

A formulação da massa afetou a resistência à extensão a partir da 5ª semana de estocagem, sendo que o tempo de espera e o tempo de congelamento afetaram significativamente esse parâmetro durante todo o período de estocagem.

A análise de variância das características de extensão das diferentes formas de descongelamento apresentou diferenças não significativas, exceto na resistência máxima entre a 5ª e a 11ª semana de estocagem. A formulação da massa, os tempos de espera e os tempos de congelamento, testados nos ensaios I, II e III, respectivamente, afetaram significativamente a resistência máxima durante todo o período de estocagem estudado (Anexos 14 e 15).

Considerando a energia, não se detectaram diferenças entre as formas de descongelamento estudadas durante o período de estocagem congelada. Ao contrário, a formulação da massa, o tempo de espera e o tempo de congelamento afetaram esta característica

Figura 25: EFEITO DA ESTOCAGEM NAS CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO E DE FERMENTAÇÃO DAS MASSAS CONGELADAS.



- F : Efeito da formulação.
- T : Efeito do tempo de espera.
- C : Efeito da velocidade de congelamento.
- D : Efeito da forma de descongelamento.

durante quase todo o período de estocagem.

## 8.2. - EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM CONGELADA NAS CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO DA MASSA NOS ENSAIOS I, II, III E IV.

Neste item são discutidos os parâmetros, (determinados pelo maturógrafo) tempo de fermentação, altura máxima e estabilidade das massas estocadas sob congelamento por 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas e comparadas com as mesmas massas não congeladas (frescas) obtidas em cada ensaio estudado.

Com relação ao efeito da estocagem congelada nas características de fermentação das massas, relacionadas aos diferentes efeitos estudados (ensaios I, II, III e IV), a estabilidade foi o único parâmetro afetado em praticamente todos os tempos de estocagem estudados (Anexos 16, 17 e 18, figura 25). O tempo de fermentação e a altura máxima não apresentaram diferenças significativas durante a estocagem nos 4 efeitos estudados.

## 8.3. - EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM CONGELADA NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO PÃO NOS ENSAIOS I, II, III E IV.

Neste item são discutidos os parâmetros volume, cor da crosta, quebra, simetria, características da crosta, cor, estrutura e textura do miolo, assim como as contagens globais das características externas e internas dos pães obtidos das massas estocadas sob congelamento por 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas, comparadas com as mesmas massas frescas (não congeladas) produzidas em cada ensaio estudado.

### 8.3.1. - EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM NAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DO PÃO.

O estudo da estocagem congelada indicou maior influência nas características de quebra e de simetria do pão, quando considerados os efeitos do tempo de congelamento e da forma de descongelamento das massas (Anexo 19).

O volume do pão foi afetado significativamente pela formulação da massa, não sendo detectadas diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de estocagem (Anexo 20). No entanto, o tempo de espera e as formas de congelamento e descongelamento não afetaram esta característica (Anexos 20 e 21). Esse comportamento se deve, provavelmente, à presença de vitamina C e do SSL utilizados na formulação das massas, e ao aumento dos tempos de fermentação requeridos para atingir a altura da massa pré-estabelecida nos tratamentos preliminares. Resultados similares foram obtidos por Varriano-Marston *et al* (1980), que utilizando bromato juntamente com o SSL, conseguiram manter o volume do pão quase inalterado durante 8 semanas de estocagem congelada. Em formulações contendo vitamina C, bromato e SSL, usados no estudo de Dubois e Blockcosky (1986), o maior volume do pão foi obtido após 12 semanas de estocagem, quando comparadas com a formulação com oxidante, na ausência de SSL.

A cor da crosta foi influenciada significativamente pelo tempo de congelamento e pela forma de descongelamento, a partir da 11ª e a 7ª semana de estocagem respectivamente (Anexo 21). A formulação da massa e o tempo de espera não afetaram esse

parâmetro (Anexo 20).

A quebra do pão foi principalmente afetada pela forma de congelamento, apresentando diferenças significativas da 5ª à 16ª semana de estocagem. No entanto, o tempo prévio ao congelamento e a forma de descongelamento influenciaram esta característica apenas a partir da 16ª semana de estocagem (Figura 26 e Anexo 21).

A simetria do pão foi muito afetada pelo tempo de congelamento desde o início da estocagem, enquanto que a formulação de massa não afetou esta característica.

A contagem global das características externas do pão apresentaram diferenças com relação ao tempo de congelamento, a partir da 9ª semana de estocagem como pode ser observado no anexo 21 e na figura 26.

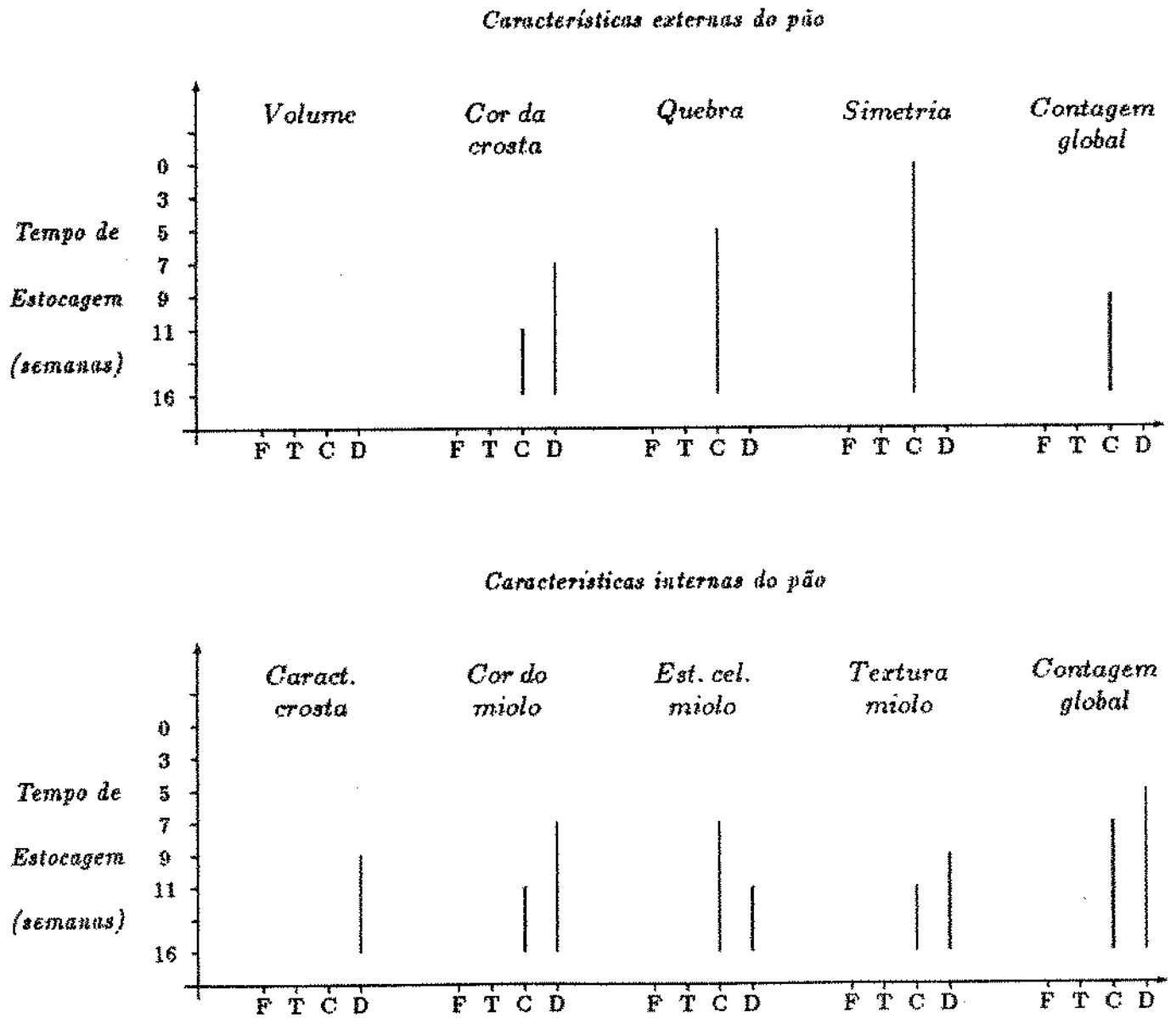
### 8.3.2. - EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM NAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS DO PÃO.

O estudo da estocagem congelada nas características internas do pão indicou diferenças na contagem global destas características em todos os efeitos estudados, sendo as características da cor, estrutura e textura do miolo as mais afetadas (Anexo 22).

Os valores das características da crosta foram diferentes apenas nos efeitos dos tempos de congelamento e da forma de descongelamento, sendo que o primeiro efeito afetou esta característica a partir da 16ª semana e a forma de descongelamento a partir da 9ª semana (Anexo 24 e Figura 26).

A cor do miolo diferiu em todos os efeitos estudados

Figura 26 : EFEITO DA ESTOCAGEM NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO PÃO DAS MASSAS CONGELADAS.



F : Efeito da formulação.  
 T : Efeito do tempo de espera.  
 C : Efeito da forma de congelamento.  
 D : Efeito da forma de descongelamento.



(Anexo 22), o tempo de espera a partir da 16<sup>a</sup> semana e o tempo de congelamento a partir da 11<sup>a</sup> semana e a forma de descongelamento a partir da 7<sup>a</sup> semana. O efeito da formulação não apresentou diferenças estatísticas quando o teste de Tukey foi aplicado (Anexo 23).

A estrutura e a textura da célula do miolo foram afetadas pelo tempo de espera após a 16<sup>a</sup> semana pelo tempo de congelamento a partir da 7<sup>a</sup> e 9<sup>a</sup> semana respectivamente, e pela forma de descongelamento a partir da 11<sup>a</sup> e 9<sup>a</sup> semana respectivamente. A formulação da massa e o tempo de espera não influenciaram nestas características internas do pão.

A análise da contagem global das características internas do pão (Anexo 22), indicou que houve diferenças estatisticamente significativas em todos os efeitos estudados, e quando o teste de comparação foi aplicado, o efeito da formulação da massa não apresentou diferenças significativas, porém o tempo de espera detectou diferenças a partir da 16<sup>a</sup> semana, o tempo de congelamento a partir da 7<sup>a</sup> semana e a forma de descongelamento a partir da 5<sup>a</sup> semana.

## V - CONCLUSÕES

### 1. - EFEITO DA FORMULAÇÃO

a) A presença de estearoil lactil lactato de sódio (SSL) e de vitamina C, em comparação com a formulação contendo apenas vitamina C, causou queda sensível na elasticidade e resistência à extensão das massas, antes e após congelamento e estocagem congelada. A energia apresentou os menores valores na formulação contendo vitamina C e SSL em relação àquela com apenas vitamina C, mostrando que essa última foi mais efetiva na melhora das características viscoelásticas da massa. A massa sem aditivos apresentou os menores valores de resistência à extensão, resistência máxima e energia das massas antes e após o congelamento, em relação às massas com vitamina C e SSL.

b) A formulação sem aditivos apresentou os menores valores nos parâmetros de fermentação avaliados pelo maturôgrafo em relação às formulações aditivadas, refletindo o efeito melhorador da vitamina C e do SSL na massa.

c) O congelamento e a estocagem congelada aumentaram o tempo de fermentação das massas, avaliado pelo teste de panificação, principalmente a formulação sem aditivos. Os menores aumentos nos tempos de fermentação da massa contendo vitamina C e SSL, mostraram o efeito benéfico desses aditivos provocado certamente pelo fortalecimento do glúten e melhora na retenção de gases na massa.

d) O congelamento e a estocagem congelada das massas nas formulações estudadas não reduziram drasticamente o número de

leveduras viáveis, porém a massa contendo vitamina C e SSL apresentou-se mais adequada à viabilidade das leveduras no período de armazenamento estudado.

e) A estocagem congelada de 16 semanas relacionada com a formulação da massa prejudicou significativamente às características de resistência à extensão, resistência máxima, energia e estabilidade das massas, porém não influenciou significativamente nas características de qualidade do pão.

f) Embora tenha-se usado uma farinha de força média, comumente utilizada nos processos de panificação no Brasil, conseguiu-se um bom desempenho das massas congeladas nas condições fixadas neste trabalho.

## 2- EFEITO DO TEMPO DE ESPERA PRÉVIO AO CONGELAMENTO.

a) Os tempos de espera de 20, 40 e 60 minutos prévios ao congelamento, influenciaram similarmente as características de extensão e as características internas do pão, visto que não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tratamentos.

b) O tempo de espera de 40 minutos apresentou valores de altura máxima da massa, determinada pelo maturógrafo, superiores ao de 60 minutos.

c) O congelamento e a estocagem congelada aumentaram o tempo de fermentação das massas, avaliado pelo teste de panificação, principalmente no tempo de espera de 60 minutos. Os menores aumentos dos tempos de fermentação foram conseguidos com o tempo de espera de 40 minutos.

d) O congelamento e a estocagem congelada das massas com tempos de espera de 20, 40 e 60 minutos não reduziram drasticamente o número de leveduras viáveis, porém o tratamento de 40 minutos de espera apresentou-se mais adequado à viabilidade das leveduras no período de armazenamento estudado.

e) A estocagem congelada de 16 semanas relacionada com o tempo de espera prévio ao congelamento, prejudicou significativamente a resistência à extensão, a resistência máxima e a estabilidade das massas, durante todo o período de estocagem estudado. As características de qualidade do pão foram influenciadas só na última semana de estocagem congelada.

### 3. - EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO

a) O congelamento em túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$  prejudicou menos a resistência à extensão e a resistência máxima, quando foi comparado ao congelamento em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$ . A extensibilidade e a energia foram afetadas similarmente pelos três métodos de congelamento estudados.

b) O congelamento em congelador doméstico, apresentou os maiores tempos de fermentação e os menores valores de altura máxima das massas determinados pelo maturógrafo, indicando o efeito negativo do congelamento lento.

c) O congelamento e a estocagem congelada aumentaram o tempo de fermentação das massas, avaliados pelo teste de panificação, principalmente no congelamento em congelador doméstico.

d) O congelamento e a estocagem congelada das massas com

diferentes tempos de congelamento não reduziram drasticamente o número de leveduras viáveis, porém a massa congelada em túnel a  $-30^{\circ}\text{C}$  apresentou-se mais adequada à viabilidade das leveduras no período armazenamento estudado.

e) A estocagem congelada de 16 semanas relacionada com o tempo de congelamento prejudicou significativamente a resistência à extensão, a resistência máxima, a energia e a estabilidade das massas durante todo o período de estocagem estudado. A cor da crosta, a quebra, a simetria e a contagem global das características internas do pão foram prejudicadas a partir da 11ª, 5ª, 3ª e 3ª semana de armazenamento, respectivamente. A cor do miolo, a estrutura celular do miolo, a textura do miolo e a contagem global das características internas foram prejudicadas a partir da 11ª, 7ª, 11ª e 7ª semana respectivamente. As características da crosta, cor do miolo, estrutura celular do miolo, textura do miolo e contagem global das características internas foram prejudicadas a partir da 9ª, 7ª, 11ª, 9ª e 11ª semanas de estocagem, respectivamente.

f) A influência das operações de congelamento em túnel a  $-15^{\circ}\text{C}$  e a  $-30^{\circ}\text{C}$  nos parâmetros estudados foi semelhante, o que possibilitaria o congelamento das massas a  $-15^{\circ}\text{C}$ , acarretando uma economia em termos de volumes de refrigerante e tamanho de equipamentos utilizados nesta operação.

#### 4. - EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO.

a) Os descongelamentos em geladeira, forno de microondas ou cabine a  $30^{\circ}\text{C}$  influenciaram similarmente as características de

extensão e as características internas do pão, visto que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tratamentos.

b) O descongelamento em cabine a 30°C, apresentou os menores tempos de fermentação, determinados pelo maturógrafo, indicando o efeito positivo do descongelamento nessa temperatura, quando comparado com o descongelamento em geladeira.

c) O congelamento e a estocagem congelada aumentaram o tempo de fermentação das massas, avaliado pelo teste de panificação, principalmente no descongelamento em forno de microondas. Os menores aumentos nos tempos de fermentação foram conseguidos com o descongelamento em cabine a 30°C.

d) O congelamento e a estocagem congelada das massas nos diferentes descongelamentos estudados, não reduziram drasticamente o número de leveduras viáveis, porém o descongelamento da massa em cabine a 30°C apresentou-se mais adequado à viabilidade das leveduras no período de armazenamento estudado.

e) A estocagem congelada de 16 semanas, relacionada com a forma de descongelamento prejudicou significativamente a resistência máxima e a estabilidade da massa, durante todo o período de estocagem estudado. A cor da crosta, a quebra e a simetria do pão foram influenciadas a partir da 7ª, 16ª e 16ª semana de estocagem respectivamente. As características da crosta, a cor do miolo, a estrutura celular do miolo, a textura do miolo e a contagem global das características internas foram prejudicadas a partir da 9ª, 7ª, 11ª, 9ª e 11ª semana de estocagem, respectivamente.

## VI - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. V. 1 e 2. 1969.
- ANONYMOUS. Frozen bread dough. American institute of Baking. Bulletin 11, p.108,1964.
- BLIGH, E. G. e DYER, W. D. A rapid method of total lipid extration and purification. Cereal J. Biochem. 37: 911. 1959.
- BRUJISMA, B. L. e GIESENSCHLAG, J. Frozen dough perfomance compressed yeast - instant dry yeast. Bakers Digest. November, p. 6-11. 1984.
- CAMARGO, C. R. O. e CAMARGO, C. E. O. Trigo: Avaliação tecnológica de novas linhagens. Bragantia. Campinas. 46(2): 169-181. 1987.
- CENTENO, A. J. Curso de estatística aplicada a biologia. Editora Universidade Federal de Goiás. 1981.
- DAVIS, E. W. Shelf - life studies on frozen doughs. Bakers Digest. June, p. 12-16. 1981.
- DAVIES, R. e OBAFEMI, A. Microbiology of frozen foods. Elsevier Applied Science Publishers. 1975.

- DRAKE, E. Up to date review of freezing. Proc. Amer. Society Bakery Eng. 60. 1970.
- DUBOIS, D. K. Fermented doughs. Cereal Foods World. p. 617-622. 1981.
- DUBOIS, D. K. e BLOCKOLSKY, D. Frozen bread dough, effect of additives. American Institut of Baking. Technical Bulletin. VIII (4). p. 1-7. 1986a.
- DUBOIS, D. K. e BLOCKOLSKY, D. Frozen white bread dough, effects of dough mixing and thawing methods. American Institut of baking. Technical Bulletin. VIII (6): 1-7. 1986b.
- EL DASH, A.; CAMARGO, C.& DIAS, M. Fundamentos da Tecnologia de Panificação. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. Estado de São Paulo. 1973.
- EL DASH, A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. Cereal Chemistry. 55: 336. 1978.
- FISCHER, F. Oxidation and reduction eletron transfer is key to dough improvements. Bakers Digest. 31. 1985.
- GODKIN, W. J. & CATHCART, W. H. Fermentation activity and survival of yeast in frozen fermented and unfermented doughs. Food technology. April. p. 139-146. 1949.



- HIMMELSTEIN, A. Enzyme treatment of food: will it help frozen and retarded doughs. *Bakers Digest*. September. p. 8-12. 1984.
- HINO, A.; TAKANO, H. e TANAKA, Y. New freeze tolerant yeast for frozen dough preparations. *Cereal Chemistry*. 64 (4). p. 269-275. 1987.
- HOLMES, J. T. e HOSENEY, R. C. Frozen doughs: freezing and thawing rates and potential of using a combination of yeast and chemical leavening. *Cereal Chemistry*. 64 (5). p. 348-351. 1987.
- HSU, K. H.; HOSENEY, R. C. e SEID, P. A. Frozen dough a. Factors affecting stability of yeasted doughs. *Cereal Chemistry*. 56 (5) p. 419-429. 1979.
- HSU, K. H.; HOSENEY, R. C. e SEID, P. A. Frozen dough b. Effects of freezing and storing conditions on the stability of yeasted doughs. *Cereal Chemistry*. 56 (5) p. 424-426. 1979.
- KLINE, L. e SUGIHARA, T. F. Factors affecting the stability of frozen bread doughs. I. Prepared by the straight dough method. *The Bakers Digest*. October. p. 44-50. 1968.
- LAMB, J. e BENDER, L. D. Freezing without killing - The priority for research. *Baking Industries Journal*. July. p. 19-20. 1977.
- LINKO, P. e KARHUNEN, A. Quality considerations in freezing of dough and baked products. In *Thermal Processing and quality of foods*. Elsevier Applied Science Publishers. London. New York. p.

- LORENZ, K. Frozen dough and bake off. Baking Industries. (4).1965.
- LORENZ, K. e BECHTEL, W. G. Frozen bread dough. The Bakers Digest. Dezembro. p. 59-63. 1964.
- LORENZ, K. e BECHTEL, W. G. Frozen dough. Variety breads, effect of bromate level on white bread. The Bakers Digest. August. p. 53-59. 1965.
- MAITRE, H. Partie technique: Les pâtes fermentées surgelées. Levurerie Lesaffre. Marcq-en-Barroeuil. p. 13-22. 1984.
- MARSTON, P. E. Frozen dough for breadmaking. The Bakers Digest. October. (37) p. 18-20. 1978.
- MERRIT, P. P. The effect of preparation on the stability and performance of frozen, unbaked, yeast - leavened dough. Bakers Digest. August. p. 57-58. 1960.
- MERYMAN, H. T. Criobiology. Academic Press London and New York. 1966.
- McPHERSON, C. M. & LAMB M. W. Improved bread made from frozen dough. Food Industries. September: P 95-97, 213-214. 1948.
- NEWBOLD, M. W. Crumb softners and dough conditioners. The Bakers

Digest. August. 1976.

- NOURIGEDN, A. Process for preparing deep-frozen yeast bread dough. United States Patent N 4.414.228 NOVEMBER. 8, 1983.
- ONO, S.; KITAMURA, I.; KURAMOTO, T.; TAGUCHI, K. & YOSHIZAKI, T. Process for the preparation of a frozen dough for bakery products. United States Patent N 3.894.155. July 8, 1975.
- PIZZINATTO, A. Short time doughs, simplify pan bread processing. Boletim ITAL, Campinas. 16 (3). 215-226. 1979.
- PONTE, J. Short time doughs, simplify pan bread processing. Bakers Digest. 24. p. 101. 1985.
- POMERANZ, J. Wheat Chemistry and technology. Vol.III. Second Edition. American Association of Cereal Chemists. St. Paul. Minnessota U.S.A. 1964.
- PYLER, E. J. Baking Science and technology. Vol. I e II. Siebel Publishing Company. Chicago. 1973.
- PYLER, E. J. Systems of Accelerated dough development. The Bakers Digest. August. p. 22-26. 1982.
- SEIBEL, W. e CROMMENTUYN, A. Erfahrungen mit dem Maturographen und Ofentriebgerät. I Mitteilung beschreibung und arbeitsweise der geräte. Brot und Gebäck. 17 (7). p. 139-145. 1963.

- SEIBEL, W. e CROMMENTUYN, A. II Mitteilung. Melhlbehandlung, Backzusätze und Beurteilung des Aufmischwertes. Brot und Gebäk. 17 (7). p. 145-150. 1963.
- SEIBEL, W e CROMMENTUYN, A.III Mitteilung. Rohstoffbeurteilung in the Mülhe. Die Mülhe. 1963.
- SEIBEL, W. e CROMMENTUYN, A. Verwendungsmöglichkeiten von Maturograph und Ofentriebgerät im Mühlenlaboratorium. Die Mülhe. 1965.
- SCHILLER. in DUBOIS, D. K. Fermented doughs. Cereal Foods World. 26 (11). p. 618-622. 1981.
- STORIONE, A. e TRIPIER, J. C. Procédés et armoires climatisées de décongélation rapide et de fermentation de pâtons crus congelés. Institut National de la Propriété Industrielle. Paris. N° B602120. 1986.
- TANAKA, Y.; KAWAGUCHI, M. e MIYATAKE, M. Studies on the injury of yeast in frozen storage of bakers yeast. Journal of Food Science and Technology. 22 (3). p. 366-367. 1975.
- TANAKA, Y.; KAWAGUCHI, M. e MIYATAKE, M. Studies on the injury of yeast in frozen dough. Part II. Effect of ethanol on the frozen storage of bakers yeast. Journal of Food Science and Technology. 23 (9). p. 419-424. 1976.
- WOLT, M. J. e D'APPOLONIA, B. L. Factors involved in the

stability of frozen dough. a. The influence of yeast reducing compounds on frozen - dough stability. Cereal Chemistry. 61 (3). p. 209-212. 1984.

- WOLT, M. J. e D'APPOLONIA, B. L. Factors involved in the stability of frozen dough. b. The effects of yeast type, flour type and dough additives on frozen - dough stability. Cereal Chemistry. 61 (3). p. 213-221. 1984.

- YAMAGUCHI, T. e WATANABE, A. Quality improver for frozen dough. United States Patent. N<sup>o</sup> 4664932. May 22. 1987.

- ZAEHRINGER, M. V.; MAYFIELD, H. L. e ODLAND, L. M. The effect of certain variations in fat, yeast and liquid on the frozen storage of yeast doughs. Food Research. 1951.

ANEXO 1- Análise de variância e Teste de Tukey dos valores extensigráficos e de fermentação das massas com diferentes formulações.

| CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |                  |                 |                  |
|-----------------------------|------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|
|                             |            | $\Delta$       | (X1-X2)          | (X2-X3)         | (X1-X3)          |
| Resistência à extensão      | 56.32*     | 36.6           | 145 <sup>1</sup> | 85 <sup>1</sup> | 60 <sup>1</sup>  |
| Resistência máxima          | 134.98*    | 37.4           | 168 <sup>1</sup> | 66 <sup>1</sup> | 102 <sup>1</sup> |
| Extensibilidade             | 20.03*     | 6.8            | 10 <sup>1</sup>  | 6               | 16 <sup>1</sup>  |
| Energia                     | 16.34*     | 4.4            | 9 <sup>1</sup>   | 6 <sup>1</sup>  | 3                |

| CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |                  |         |                  |
|--------------------------------|------------|----------------|------------------|---------|------------------|
|                                |            | $\Delta$       | (X1-X2)          | (X2-X3) | (X1-X3)          |
| Tempo de fermentação           | 1030*      | 4.2            | 6.2 <sup>1</sup> | 0.2     | 6.0 <sup>1</sup> |
| Altura máxima                  | 10.67*     | 81.1           | 122 <sup>1</sup> | 0       | 122 <sup>1</sup> |
| Estabilidade                   | 10.00*     | 1.3            | 3.1 <sup>1</sup> | 0.7     | 1.4 <sup>1</sup> |

\* - F significativo ao nível de 5%. As médias possuem diferenças significativas.

<sup>1</sup> - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$ .

X1 - Valor médio da característica da massa F1.

X2 - Valor médio da característica da massa F2.

X3 - Valor médio da característica da massa F3.

$\Delta$  - Diferença teste de Tukey.

**ANEXO 2 - Médias dos valores extensigráficos, de fermentação e de qualidade do pão das massas com diferentes formulações.**

| <b>CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO</b>    | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>F3</b> |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Resistência à extensão                | 322       | 467       | 382       |
| Resistência máxima                    | 325       | 493       | 427       |
| Extensibilidade                       | 83        | 73        | 67        |
| Energia                               | 33        | 42        | 36        |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>F3</b> |
| Tempo de fermentação                  | 131.8     | 138.0     | 138.0     |
| Altura máxima                         | 882       | 1004      | 1004      |
| Estabilidade                          | 6.7       | 8.8       | 8.1       |
| <b>CARACTERÍSTICAS EXTERNAS</b>       | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>F3</b> |
| Volume                                | 10.1      | 14.8      | 156       |
| Cor da crosta                         | 7.3       | 7.9       | 7.6       |
| Quebra                                | 2.1       | 3.5       | 4.0       |
| Simetria                              | 2.9       | 3.8       | 4.0       |
| Contagem global                       | 22.7      | 29.7      | 30.9      |
| <b>CARACTERÍSTICAS INTERNAS</b>       | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>F3</b> |
| Características da crosta             | 3.0       | 3.8       | 3.9       |
| Cor do miolo                          | 7.4       | 8.7       | 8.6       |
| Estrutura celular do miolo            | 5.4       | 8.1       | 8.4       |
| Textura do miolo                      | 5.3       | 8.5       | 8.6       |
| Contagem global                       | 21.1      | 29.1      | 30.0      |

F1 - Formulação sem aditivos.

F2 - Formulação com vitamina C.

F3 - Formulação com vitamina C e Esterlac.

ANEXO 3 - Análise de variância e Teste de Tukey dos valores de qualidade do pão das massas com diferentes formulações.

| CARACTERÍSTICAS EXTERNAS | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |                  |         |                  |
|--------------------------|------------|----------------|------------------|---------|------------------|
|                          |            | $\Delta$       | (X1-X2)          | (X2-X3) | (X1-X3)          |
| Volume                   | 173.52*    | 0.84           | 4.7 <sup>1</sup> | 0.8     | 5.5 <sup>1</sup> |
| Cor da crosta            | 2.71       | —              | —                | —       | —                |
| Quebra                   | 34.65*     | 0.62           | 1.4 <sup>1</sup> | 0.5     | 1.9 <sup>1</sup> |
| Simetria                 | 54.00*     | 0.29           | 0.9 <sup>1</sup> | 0.2     | 1.1 <sup>1</sup> |
| Contagem global          | 116.95*    | 1.55           | 7.0 <sup>1</sup> | 1.2     | 8.2 <sup>1</sup> |

| CARACTERÍSTICAS INTERNAS   | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |                  |         |                  |
|----------------------------|------------|----------------|------------------|---------|------------------|
|                            |            | $\Delta$       | (X1-X2)          | (X2-X3) | (X1-X3)          |
| Características da crosta  | 63.00*     | 0.24           | 0.8 <sup>1</sup> | 0.1     | 0.9 <sup>1</sup> |
| Cor do miolo               | 65.40*     | 0.35           | 1.3 <sup>1</sup> | 0.1     | 1.2 <sup>1</sup> |
| Estrutura celular do miolo | 60.34*     | 0.79           | 2.7 <sup>1</sup> | 0.3     | 3.0 <sup>1</sup> |
| Textura do miolo           | 99.32*     | 0.72           | 3.3 <sup>1</sup> | 0.1     | 3.3 <sup>1</sup> |
| Contagem global            | 213.60*    | 1.36           | 8.0 <sup>1</sup> | 0.9     | 8.9 <sup>1</sup> |

\* - F significativo ao nível de 5%. As médias possuem diferenças significativas.

<sup>1</sup> - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$ .

— - Não existe diferença significativa entre os tratamentos.

X1 - Valor médio da característica da massa F1.

X2 - Valor médio da característica da massa F2.

X3 - Valor médio da característica da massa F3.



ANEXO 4 - Análise de variância e Teste de Tukey dos valores extensigráficos e de fermentação das massas com diferentes tempos de espera.

| CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |         |         |         |
|-----------------------------|------------|----------------|---------|---------|---------|
|                             |            | $\Delta$       | (X1-X2) | (X2-X3) | (X1-X3) |
| Resistência à extensão      | 1.60       | —              | —       | —       | —       |
| Resistência máxima          | 1.10       | —              | —       | —       | —       |
| Extensibilidade             | 0.61       | —              | —       | —       | —       |
| Energia                     | 0.69       | —              | —       | —       | —       |

| CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |         |         |         |
|--------------------------------|------------|----------------|---------|---------|---------|
|                                |            | $\Delta$       | (X1-X2) | (X2-X3) | (X1-X3) |
| Tempo de fermentação           | 3.08       | —              | —       | —       | —       |
| Altura máxima                  | 4.11*      | 38.4           | 14      | 41*     | 27      |
| Estabilidade                   | 1.81       | —              | —       | —       | —       |

\* - F significativo ao nível de 5%. As médias possuem diferenças significativas.

— - Não existe diferença significativa entre os tratamentos.

X1 - Valor médio da característica da massa T1.

X2 - Valor médio da característica da massa T2.

X3 - Valor médio da característica da massa T3.

$\Delta$  - Diferença teste de Tukey.

ANEXO 5 - Médias dos valores extensigráficos, de fermentação e de qualidade do pão das massas com diferentes tempos de espera.

| CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO    | T1    | T2    | T3    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|
| Resistência à extensão         | 433   | 411   | 417   |
| Resistência máxima             | 449   | 437   | 431   |
| Extensibilidade                | 74    | 71    | 74    |
| Energia                        | 40    | 39    | 38    |
| CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO | T1    | T2    | T3    |
| Tempo de fermentação           | 149.0 | 147.4 | 145.3 |
| Altura máxima                  | 996   | 1010  | 969   |
| Estabilidade                   | 8.6   | 9.4   | 7.6   |
| CARACTERÍSTICAS EXTERNAS       | T1    | T2    | T3    |
| Volume                         | 15.1  | 15.5  | 17.0  |
| Cor da crosta                  | 7.9   | 8.0   | 7.5   |
| Quebra                         | 4.1   | 4.1   | 3.6   |
| Simetria                       | 4.1   | 4.2   | 3.2   |
| Contagem global                | 29.3  | 31.9  | 31.8  |
| CARACTERÍSTICAS INTERNAS       | T1    | T2    | T3    |
| Características da crosta      | 3.6   | 3.4   | 3.5   |
| Cor do miolo                   | 8.9   | 8.8   | 8.7   |
| Estrutura celular do miolo     | 8.5   | 8.1   | 8.1   |
| Textura do miolo               | 8.9   | 8.9   | 8.9   |
| Contagem global                | 29.8  | 29.2  | 29.1  |

T1 - 30 minutos de espera.

T2 - 40 minutos de espera.

T3 - 60 minutos de espera.

ANEXO 6 - Análise de variância e Teste de Tukey dos valores de qualidade do pão das massas com diferentes tempos de espera.

| CARACTERÍSTICAS EXTERNAS | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |         |                  |                  |
|--------------------------|------------|----------------|---------|------------------|------------------|
|                          |            | $\Delta$       | (X1-X2) | (X2-X3)          | (X1-X3)          |
| Volume                   | 6.31*      | 1.5            | 0.4     | 1.5 <sup>1</sup> | 1.9 <sup>1</sup> |
| Cor da crosta            | 2.92       | —              | —       | —                | —                |
| Quebra                   | 5.37*      | 0.44           | 0.0     | 0.5 <sup>1</sup> | 0.5 <sup>1</sup> |
| Simetria                 | 15.91*     | 0.53           | 0.1     | 1.0 <sup>1</sup> | 0.9 <sup>1</sup> |
| Contagem global          | 0.47       | —              | —       | —                | —                |

| CARACTERÍSTICAS INTERNAS   | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |         |         |         |
|----------------------------|------------|----------------|---------|---------|---------|
|                            |            | $\Delta$       | (X1-X2) | (X2-X3) | (X1-X3) |
| Características da crosta  | 0.14       | —              | —       | —       | —       |
| Cor do miolo               | 0.33       | —              | —       | —       | —       |
| Estrutura celular do miolo | 2.40       | —              | —       | —       | —       |
| Textura do miolo           | 1.00       | —              | —       | —       | —       |
| Contagem global            | 0.77       | —              | —       | —       | —       |

\* - F significativo ao nível de 5%. As médias possuem diferenças significativas.

<sup>1</sup> - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$ .

— - Não existe diferença significativa.

X1 - Valor médio da característica da massa T1.

X2 - Valor médio da característica da massa T2.

X3 - Valor médio da característica da massa T3.

ANEXO 7 - Análise de variância e Teste de Tukey dos valores extensigráficos e de fermentação das massas com diferentes tempos de congelamento.

| CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO. . . | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |         |                  |                 |
|----------------------------------|------------|----------------|---------|------------------|-----------------|
|                                  |            | $\Delta$       | (X1-X2) | (X2-X3)          | (X1-X3)         |
| Resistência à extensão           | 11.39*     | 53             | 13      | 75 <sup>1</sup>  | 88 <sup>1</sup> |
| Resistência máxima               | 12.82*     | 54.6           | 46      | 104 <sup>1</sup> | 58 <sup>1</sup> |
| Extensibilidade                  | 0.06       | —              | —       | —                | —               |
| Energia                          | 2.58       | —              | —       | —                | —               |

| CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |                 |         |                 |
|--------------------------------|------------|----------------|-----------------|---------|-----------------|
|                                |            | $\Delta$       | (X1-X2)         | (X2-X3) | (X1-X3)         |
| Tempo de fermentação           | 8.81*      | 7.7            | 7.1             | 4.9     | 12 <sup>1</sup> |
| Altura máxima                  | 5.84*      | 48.7           | 62 <sup>1</sup> | 41      | 21              |
| Estabilidade                   | 0.14       | —              | —               | —       | —               |

\* - F significativo ao nível de 5% —> As médias possuem diferenças significativas.

<sup>1</sup> - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$ .

— - Não existe diferença significativa entre os tratamentos.

X1 - Valor médio da característica da massa C1.

X2 - Valor médio da característica da massa C2.

X3 - Valor médio da característica da massa C3.

ANEXO 8 - Médias dos valores extensigráficos, de fermentação e de qualidade do pão das massas com diferentes tempos de congelamento.

| CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO    | C1    | C2    | C3    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|
| Resistência à extensão         | 450   | 437   | 362   |
| Resistência máxima             | 490   | 444   | 386   |
| Extensibilidade                | 73    | 72    | 72    |
| Energia                        | 42    | 39    | 34    |
| CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO | C1    | C2    | C3    |
| Tempo de fermentação           | 150.0 | 142.9 | 138.0 |
| Altura máxima                  | 941   | 1003  | 962   |
| Estabilidade                   | 9     | 8     | 8     |
| CARACTERÍSTICAS EXTERNAS       | C1    | C2    | C3    |
| Volume                         | 15.2  | 14.8  | 15.5  |
| Cor da crosta                  | 7.6   | 7.9   | 7.9   |
| Quebra                         | 3.6   | 3.6   | 3.9   |
| Simetria                       | 3.1   | 3.6   | 4.0   |
| Contagem global                | 29.2  | 29.9  | 31.3  |
| CARACTERÍSTICAS INTERNAS       | C1    | C2    | C3    |
| Características da crosta      | 3.5   | 3.7   | 3.9   |
| Cor do miolo                   | 8.8   | 8.8   | 8.9   |
| Estrutura celular do miolo     | 8.1   | 8.0   | 8.3   |
| Textura do miolo               | 9.1   | 9.0   | 9.0   |
| Contagem global                | 29.2  | 29.4  | 30.1  |

C1 - Congelamento em congelador doméstico.

C2 - Congelamento em túnel à -15°C.

C3 - Congelamento em túnel à -30°C.

ANEXO 9 - Análise de variância e Teste de Tukey dos valores de qualidade do pão das massas com diferentes tempos de congelamento.

| CARACTERÍSTICAS EXTERNAS | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |                  |                  |                  |
|--------------------------|------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
|                          |            | $\Delta$       | (X1-X2)          | (X2-X3)          | (X1-X3)          |
| Volume                   | 2.02       | —              | —                | —                | —                |
| Cor da crosta            | 1.17       | —              | —                | —                | —                |
| Quebra                   | 3.54       | —              | —                | —                | —                |
| Simetria                 | 58.61*     | 0.23           | 0.5 <sup>1</sup> | 0.4 <sup>1</sup> | 0.9 <sup>1</sup> |
| Contagem global          | 9.35*      | 1.30           | 0.7              | 1.4 <sup>1</sup> | 2.1 <sup>1</sup> |

| CARACTERÍSTICAS INTERNAS   | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |         |         |         |
|----------------------------|------------|----------------|---------|---------|---------|
|                            |            | $\Delta$       | (X1-X2) | (X2-X3) | (X1-X3) |
| Características da crosta  | 3.76       | —              | —       | —       | —       |
| Cor do miolo               | 0.46       | —              | —       | —       | —       |
| Estrutura celular do miolo | 3.13       | —              | —       | —       | —       |
| Textura do miolo           | 0.17       | —              | —       | —       | —       |
| Contagem global            | 3.42       | —              | —       | —       | —       |

\* - F significativo ao nível de 5%. As médias possuem diferenças significativas.

<sup>1</sup> - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$ .

— - Não existe diferença significativa.

X1 - Valor médio da característica da massa C1.

X2 - Valor médio da característica da massa C2.

X3 - Valor médio da característica da massa C3.

$\Delta$  - Diferença teste de tukey.

ANEXO 10 - Análise de variância e Teste de Tukey dos valores extensigráficos e de fermentação das massas com diferentes formas de descongelamento.

| CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO. . . | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |         |         |         |
|----------------------------------|------------|----------------|---------|---------|---------|
|                                  |            | $\Delta$       | (X1-X2) | (X2-X3) | (X1-X3) |
| Resistência à extensão           | 0.28       | —              | —       | —       | —       |
| Resistência máxima               | 2.24       | —              | —       | —       | —       |
| Extensibilidade                  | 0.80       | —              | —       | —       | —       |
| Energia                          | 0.39       | —              | —       | —       | —       |

| CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |         |         |                  |
|--------------------------------|------------|----------------|---------|---------|------------------|
|                                |            | $\Delta$       | (X1-X2) | (X2-X3) | (X1-X3)          |
| Tempo de fermentação           | 5.36*      | 4.8            | 4.6     | 0.8     | 5.4 <sup>1</sup> |
| Altura máxima                  | 0.14       | —              | —       | —       | —                |
| Estabilidade                   | 1.29       | —              | —       | —       | —                |

\* - F significativo ao nível de 5% —> As médias possuem diferenças significativas.

<sup>1</sup> - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$ .

— - Não existe diferença significativa entre os tratamentos.

X1 - Valor médio da característica da massa D1.

X2 - Valor médio da característica da massa D2.

X3 - Valor médio da característica da massa D3.

$\Delta$  - Diferença teste de Tukey.

ANEXO 11 - Médias dos valores extensigráficos, de fermentação e de qualidade do pão das massas com diferentes formas de descongelamento.

| CARACTERÍSTICAS DE EXTENSÃO    | D1    | D2    | D3    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|
| Resistência à extensão         | 423   | 414   | 411   |
| Resistência máxima             | 461   | 451   | 429   |
| Extensibilidade                | 74    | 74    | 77    |
| Energia                        | 40    | 38    | 40    |
| CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO | D1    | D2    | D3    |
| Tempo de fermentação           | 145.7 | 141.1 | 140.3 |
| Altura máxima                  | 986   | 984   | 992   |
| Estabilidade                   | 9     | 9     | 8     |
| CARACTERÍSTICAS EXTERNAS       | D1    | D2    | D3    |
| Volume                         | 13.8  | 14.1  | 12.9  |
| Cor da crosta                  | 7.6   | 7.9   | 7.9   |
| Quebra                         | 3.6   | 3.6   | 3.6   |
| Simetria                       | 3.8   | 3.9   | 3.8   |
| Contagem global                | 28.7  | 29.5  | 28.2  |
| CARACTERÍSTICAS INTERNAS       | D1    | D2    | D3    |
| Características da crosta      | 3.7   | 3.8   | 3.7   |
| Cor do miolo                   | 8.7   | 8.6   | 8.6   |
| Estrutura celular do miolo     | 8.2   | 7.9   | 8.2   |
| Textura do miolo               | 8.7   | 8.6   | 8.4   |
| Contagem global                | 29.4  | 28.8  | 28.9  |

D1 - Descongelamento em geladeira.

D2 - Descongelamento em forno de microondas.

D3 - Descongelamento em cabine à 30°C.



ANEXO 12 - Análise de variância e Teste de Tukey dos valores de qualidade do pão das massas com diferentes formas de descongelamento.

| CARACTERÍSTICAS EXTERNAS | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |         |         |         |
|--------------------------|------------|----------------|---------|---------|---------|
|                          |            | $\Delta$       | (X1-X2) | (X2-X3) | (X1-X3) |
| Volume                   | 3.82       | —              | —       | —       | —       |
| Cor da crosta            | 2.04       | —              | —       | —       | —       |
| Quebra                   | 0.00       | —              | —       | —       | —       |
| Simetria                 | 0.17       | —              | —       | —       | —       |
| Contagem global          | 2.33       | —              | —       | —       | —       |

| CARACTERÍSTICAS INTERNAS . | VALOR DE F | TESTE DE TUKEY |                  |         |                  |
|----------------------------|------------|----------------|------------------|---------|------------------|
|                            |            | $\Delta$       | (X1-X2)          | (X2-X3) | (X1-X3)          |
| Características da crosta  | 0.2        | —              | —                | —       | —                |
| Cor do miolo               | 2.40       | —              | —                | —       | —                |
| Estrutura celular do miolo | 3.94*      | 0.39           | 0.3              | 0.3     | 0.0              |
| Textura do miolo           | 2.40       | —              | —                | —       | —                |
| Contagem global            | 6.78*      | 0.43           | 0.6 <sup>1</sup> | 0.1     | 0.5 <sup>1</sup> |

\* - F significativo ao nível de 5%. As médias possuem diferenças significativas.

<sup>1</sup> - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$ .

— - Não existe diferença significativa entre os tratamentos.

X1 - Valor médio da característica da massa D1.

X2 - Valor médio da característica da massa D2.

X3 - Valor médio da característica da massa D3.

$\Delta$  - Diferença teste de Tukey.

ANEXO 13 - Valores de F das características de extensão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

|                          | Resistência à Extensão | Resistência Máxima | Extensibilidade | Energia |
|--------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|---------|
| <b>EFEITO</b>            |                        |                    |                 |         |
| Formulação               | 10.48*                 | 35.36*             | 1.51            | 12.12 * |
| Tempo de espera          | 16.48*                 | 20.00*             | 0.78            | 9.96 *  |
| Tempo de congelamento    | 14.67*                 | 13.49*             | 1.57            | 5.13 *  |
| Forma de descongelamento | 5.65*                  | 11.43*             | 1.74            | 4.45*   |

\* F significativo ao nível de 5%. As médias possuem diferenças significativas

ANEXO 14 - Contraste entre as médias dos parâmetros de extensão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

EFEITO DA FORMULAÇÃO

|                    | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|--------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Resist. à extensão | 73.4     | 63.3    | 116.7*  | 123.3*  | 106.7*  | 135.0*  | 133.3*  |
| Resist. máxima     | 55.0     | 81.7*   | 145.0*  | 177.0*  | 163.3*  | 168.3*  | 175.0*  |
| Extensibilidade    | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Energia            | 8.8      | 6.3     | 11.7*   | 16.0*   | 16.0*   | 15.7*   | 15.0*   |

EFEITO DO TEMPO DE ESPERA

|                    | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|--------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Resist. à extensão | 67.9     | 121.7*  | 130.0*  | 148.3*  | 145.0*  | 140.0*  | 60.0*   |
| Resist. máxima     | 65.0     | 138.0*  | 138.0*  | 169.0*  | 164.0*  | 142.3*  | 93.7*   |
| Extensibilidade    | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Energia            | 9.9      | 13.7*   | 15.3*   | 17.7*   | 15.7*   | 13.7*   | 6.3     |

X1: Massa não congelada

X2: 3 semanas de estocagem

X3: 5 semanas de estocagem

X4: 7 semanas de estocagem

X5: 9 semanas de estocagem

X6: 11 semanas de estocagem

X7: 16 semanas de estocagem

\* - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$   $\rightarrow$  os tempos apresentam diferenças estatisticamente significativas.

— - Não existe diferença significativa entre os tempos de estocagem.

ANEXO 15 - Contraste entre as médias dos parâmetros de extensão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO

|                    | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|--------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Resist. à extensão | 106.3    | 206.7*  | 222.7*  | 223.3*  | 80.0    | 236.7*  | 186.7*  |
| Resist. máxima     | 109.6    | 203.3*  | 218.3*  | 220.0*  | 208.3*  | 233.3*  | 175.0*  |
| Extensibilidade    | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Energia            | 18.2     | 20.3*   | 24.6*   | 24.0*   | 18.3*   | 19.3*   | 20.0*   |

EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO

|                    | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|--------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Resist. à extensão | 84.8     | -8.3    | 40      | 70      | 63.3    | 41.7    | -40     |
| Resist. máxima     | 82.6     | 73.3    | 121.7*  | 148.3*  | 150.0*  | 135.0*  | 56.7    |
| Extensibilidade    | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Energia            | 11.9     | 3.3     | 9.3     | 10.7    | 5.3     | 5.3     | 3.7     |

X1: Massa não congelada

X2: 3 semanas de estocagem

X3: 5 semanas de estocagem

X4: 7 semanas de estocagem

X5: 9 semanas de estocagem

X6: 11 semanas de estocagem

X7: 16 semanas de estocagem

\* - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$   $\rightarrow$  os tempos apresentam diferenças estatisticamente significativas.

— - Não existe diferença significativa entre os tempos de estocagem.

ANEXO 16 - Valores de F das características de fermentação das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas durante 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

|                             | Altura<br>Máxima | Tempo de<br>Fermentação | Estabilidade |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|--------------|
| <b>EFEITO</b>               |                  |                         |              |
| Formulação                  | 1.06             | 1.96                    | 12.62*       |
| Tempo de<br>espera          | 0.88             | 2.35                    | 3.87*        |
| Tempo de<br>congelamento    | 2.35             | 2.08                    | 13.78*       |
| Forma de<br>descongelamento | 2.93             | 5.49*                   | 6.04*        |

\* F significativo ao nível de 5%. As médias possuem diferenças significativas

ANEXO 17 - Contraste entre as médias dos parâmetros de fermentação das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

EFEITO DA FORMULAÇÃO

|                      | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tempo de fermentação | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Altura máxima        | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Estabilidade         | 2.6      | 4.0*    | 4.3*    | 4.7*    | 5.0*    | 5.3*    | 5.3*    |

EFEITO DO TEMPO DE ESPERA

|                      | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tempo de fermentação | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Altura máxima        | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Estabilidade         | 5.2      | 5.0     | 6.0*    | 5.3*    | 4.0     | 5.3*    | 7.0*    |

X1: Massa não congelada

X2: 3 semanas de estocagem

X3: 5 semanas de estocagem

X4: 7 semanas de estocagem

X5: 9 semanas de estocagem

X6: 11 semanas de estocagem

X7: 16 semanas de estocagem

\* - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$   $\rightarrow$  os tempos apresentam diferenças estatisticamente significativas.

— - Não existe diferença significativa entre os tempos de estocagem.

ANEXO 18 - Contraste entre as médias dos parâmetros de fermentação das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO

|                      | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tempo de fermentação | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Altura máxima        | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Estabilidade         | 3.3      | 3.3*    | 7.0*    | 6.0*    | 6.7*    | 5.3*    | 6.3*    |

EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO

|                      | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tempo de fermentação | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Altura máxima        | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Estabilidade         | 4.3      | 5.0*    | 4.0     | 5.7*    | 5.7*    | 5.7*    | 6.0*    |

X1: Massa não congelada

X2: 3 semanas de estocagem

X3: 5 semanas de estocagem

X4: 7 semanas de estocagem

X5: 9 semanas de estocagem

X6: 11 semanas de estocagem

X7: 16 semanas de estocagem

\* - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$   $\rightarrow$  os tempos apresentam diferenças estatisticamente significativas.

— - Não existe diferença significativa entre os tempos de estocagem.

ANEXO 19 - Valores de F das características externas do pão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas durante 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

|                             | Volume do<br>pão | Cor da<br>crosta | Quebra | Simetria | Contagem |
|-----------------------------|------------------|------------------|--------|----------|----------|
| <b>EFEITO</b>               |                  |                  |        |          |          |
| Formulação                  | 3.28*            | 1.96             | 1.00   | 0.57     | 2.82     |
| Tempo de<br>espera          | 0.15             | 2.57             | 4.87*  | 4.34*    | 2.30     |
| Tempo de<br>congelamento    | 2.05             | 4.43*            | 7.27*  | 13.69*   | 5.86*    |
| Forma de<br>descongelamento | 1.61             | 8.34*            | 5.14*  | 3.47*    | 3.81*    |

\* F significativo ao nível de 5%. As médias possuem diferenças significativas.



ANEXO 20 - Contraste entre as médias das características externas do pão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

EFEITO DA FORMULAÇÃO

|                 | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|-----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Volume          | 1.88     | -1.67   | 1.00    | 0.67    | 0.67    | -0.84   | 0.16    |
| Cor da crosta   | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Quebra          | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Simetria        | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Contagem global | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |

EFEITO DO TEMPO DE ESPERA

|                 | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|-----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Volume          | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Cor da crosta   | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Quebra          | 0.88     | -0.17   | 0.33    | 0.50    | 0.33    | 0.66    | 1.00*   |
| Simetria        | 1.06     | 0.00    | 0.16    | 0.66    | 0.50    | 0.83    | 1.16*   |
| Contagem global | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |

X1: Massa não congelada  
 X3: 5 semanas de estocagem  
 X5: 9 semanas de estocagem  
 X7: 16 semanas de estocagem

X2: 3 semanas de estocagem  
 X4: 7 semanas de estocagem  
 X6: 11 semanas de estocagem

\* - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$   $\rightarrow$  os tempos apresentam diferenças estatisticamente significativas.

— - Não existe diferença significativa entre os tempos de estocagem.

ANEXO 21 - Contraste entre as médias dos valores das características externas do pão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO

|                 | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|-----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Volume          | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Cor da crosta   | 1.15     | -0.50   | -0.67   | 1.03    | 1.00    | 1.17*   | 1.50*   |
| Quebra          | 0.60     | 0.50    | 0.66*   | 0.66*   | 0.83*   | 0.83*   | 1.00*   |
| Simetria        | 0.46     | 0.50*   | 0.67*   | 0.67*   | 0.67*   | 0.67*   | 1.17*   |
| Contagem global | 2.60     | 1.79    | 1.50    | 2.30    | 2.80*   | 1.80    | 4.20*   |

EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO

|                 | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|-----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Volume          | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Cor da crosta   | 0.87     | 0.50    | 0.67    | 1.00    | 0.84    | 1.50*   | 1.30*   |
| Quebra          | 0.82     | -0.17   | 0.17    | 0.33    | 0.67    | 0.67    | 0.83*   |
| Simetria        | 0.74     | 0.17    | 0.17    | 0.34    | 0.50    | 0.50    | 0.84*   |
| Contagem global | 3.20     | 0.50    | 0.70    | 0.50    | 1.17    | 1.50    | 2.80    |

X1: Massa não congelada

X2: 3 semanas de estocagem

X3: 5 semanas de estocagem

X4: 7 semanas de estocagem

X5: 9 semanas de estocagem

X6: 11 semanas de estocagem

X7: 16 semanas de estocagem

\* - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$  —> os tempos apresentam diferenças estatisticamente significativas.

— - Não existe diferença significativa entre os tempos de estocagem.

ANEXO 22 - Valores de F das características internas do pão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

|                          | Caract. crosta | Cor do miolo | Est. cel. miolo | Textura do miolo | Contagem global |
|--------------------------|----------------|--------------|-----------------|------------------|-----------------|
| <b>EFETTO</b>            |                |              |                 |                  |                 |
| Formulação               | 1.85           | 5.00*        | 1.82            | 2.45             | 4.10*           |
| Tempo de espera          | 0.68           | 8.64*        | 4.93*           | 25.00*           | 6.37*           |
| Tempo de congelamento    | 5.11*          | 26.46*       | 26.43*          | 5.94*            | 26.62*          |
| Forma de descongelamento | 11.33*         | 13.60*       | 11.73*          | 13.00*           | 103.00*         |

\* F significativo ao nível de 5%. As médias possuem diferenças significativas.

ANEXO 23 - Contraste entre as médias dos valores das características internas do pão das massas não congeladas em relação às massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

EFEITO DA FORMULAÇÃO

|                  | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Carac. da crosta | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Cor do miolo     | 0.7      | 0.0     | 0.0     | 0.0     | 0.17    | 0.67    | 0.67    |
| Est. cel. miolo  | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Textura do miolo | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Contagem global  | 2.5      | 0.67    | 0.00    | 0.16    | 1.00    | 1.50    | 2.33    |

EFEITO DO TEMPO DE ESPERA

|                  | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Carac. da crosta | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| Cor do miolo     | 0.93     | 0.16    | 0.33    | 0.33    | 0.66    | 0.66    | 1.66*   |
| Est. cel. miolo  | 1.20     | 0.33    | 0.67    | 0.83    | 0.83    | 1.17    | 1.67*   |
| Textura do miolo | 0.31     | 0.0     | 0.0     | 0.0     | 0.0     | 0.0     | 0.83*   |
| Contagem global  | 3.00     | 0.50    | 1.00    | 1.17    | 1.67    | 2.33    | 4.67*   |

X1: Massa não congelada  
 X3: 5 semanas de estocagem  
 X5: 9 semanas de estocagem  
 X7: 16 semanas de estocagem

X2: 3 semanas de estocagem  
 X4: 7 semanas de estocagem  
 X6: 11 semanas de estocagem

\* - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$   $\rightarrow$  os tempos apresentam diferenças estatisticamente significativas.

— - Não existe diferença significativa entre os tempos de estocagem.

ANEXO 24 - Contraste entre as médias dos valores das características internas do pão das massas não congeladas em relação as massas congeladas e armazenadas 3, 5, 7, 9, 11 e 16 semanas.

EFEITO DO TEMPO DE CONGELAMENTO

|                  | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Carac. da crosta | 0.83     | 0.17    | 0.34    | 0.34    | 0.50    | 0.67    | 1.17*   |
| Cor do miolo     | 0.46     | 0.33    | 0.33    | 0.33    | 0.33    | 0.83*   | 1.50*   |
| Est. cel. miolo  | 0.61     | 0.50    | 0.50    | 0.83*   | 1.00*   | 1.17*   | 2.00*   |
| Textura do miolo | 0.74     | 0.33    | 0.17    | 0.33    | 0.67    | 0.83*   | 1.00*   |
| Contagem global  | 1.80     | 1.30    | 1.50    | 1.80*   | 2.50*   | 4.20*   | 5.70*   |

EFEITO DA FORMA DE DESCONGELAMENTO

|                  | $\Delta$ | (X1-X2) | (X1-X3) | (X1-X4) | (X1-X5) | (X1-X6) | (X1-X7) |
|------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Carac. da crosta | 0.66     | 0.33    | 0.33    | 0.50    | 0.73*   | 1.00*   | 1.33*   |
| Cor do miolo     | 0.40     | 0.00    | 0.33    | 0.50*   | 0.50*   | 0.50*   | 0.83*   |
| Est. cel. miolo  | 0.78     | 0.00    | 0.34    | 0.50    | 0.67    | 1.00*   | 1.50*   |
| Textura do miolo | 0.70     | 0.17    | 0.34    | 0.50    | 0.84*   | 0.84*   | 1.50*   |
| Contagem global  | 0.86     | 0.50    | 1.30*   | 2.00*   | 2.60*   | 3.30*   | 5.10*   |

X1: Massa não congelada  
 X3: 5 semanas de estocagem  
 X5: 9 semanas de estocagem  
 X7: 16 semanas de estocagem

X2: 3 semanas de estocagem  
 X4: 7 semanas de estocagem  
 X6: 11 semanas de estocagem

\* - O contraste das médias é maior que o valor de  $\Delta$   $\rightarrow$  os tempos apresentam diferenças estatisticamente significativas.

— - Não existe diferença significativa entre os tempos de estocagem.