EFEITO DA ADIÇÃO DE GOMA CARAGENA E LECITINA HIDROXILADA DE SOJA NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA MASSA E NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO PÃO

20/89

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

EFEITO DA ADIÇÃO DE GOMA CARAGENA E LECITINA HIDROXILADA DE SOJA NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA MASSA E NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO PÃO

Parecer
Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por Ioanis Athanase Sarantopoulos, e aprovada pela comissão julgadora em 20.07.89.
Campinas, 20 de julho de 1989.

Presidente da Banca

IOANIS ATHANASE SARANTOPOULOS
ENGENHEIRO DE ALIMENTOS

PROFESSORAS DRAS.
NORMA MANCILLA DIAZ (IN MEMORIAN)
CELINA RAQUEL DE OLIVEIRA CAMARGO
ORIENTADORAS

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

CAMPINAS
1989

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

- REVISÃO DE LINGUA PORTUGUESA -

SR. CLAUDIO DE LUCA

À CLAIRE SARANTÓPOULOS

QUE NÃO MEDIU ESFORÇOS

PARA ME AJUDAR E INCENTIVAR

AO LONGO DESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Celina Raquel de Oliveira Camargo, pela orientação, incentivo e dedicação no desenvolvimento desse trabalho.

Ao Professor Dr. César Francisco Ciacco, pelo apoio e colaboração técnica.

À Dra. Maria Amélia Chaib Morais, pelo apoio na análise sensorial.

À Elizabeth Borges Gonçalves, pela colaboração técnica na análise estatística e sensorial.

Ao Professor Antonio Carlos de Oliveira Ferraz, da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, pela orientação técnica na utilização do equipamento para as medidas de compressibilidade.

À Grinsted do Brasil pelo fornecimento da goma caragena.

À Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro (SANBRA), pelo fornecimento da lecitina hidroxilada de soja.

A Laboratórios Pfizer Ltda, pelo fornecimento do propionato de cálcio.

À CNPQ, FAPESP e UNICAMP, pelo suporte financeiro da pesquisa.

Aos meus irmãos Saranti, Ana, Costi e Georges, pelo apoio e incentivo durante o trabalho.

Aos colegas de trabalho, pela amizade, apoio e incentivo durante o trabalho.

À ABIA, pelas cópias da tese.

RESUMO

Este trabalho visou o estudo do aumento do potencial de panificação da farinha de trigo nacional, classificada como média fraca, pelo emprego de goma caragena e de lecitina hidroxilada de soja. Também objetivou-se estudar a ação desses compostos como possíveis retardadores do envelhecimento, empregando-se métodos sensoriais e instrumentais.

Os testes reológicos na farinha com e sem os aditivos revelaram que tanto a goma caragena quanto a lecitina hidroxilada de soja em níveis de 0,02 e 0,5% da farinha de trigo, respectivamente, melhoraram as características de mistura, de extensibilidade, fermentação e cozimento das massas. Teores de aditivos acima dos citados mostraram-se tecnologicamente prejudiciais.

Os ensaios indicaram ainda ser necessário o emprego de ácido ascórbico para o melhor desempenho desses aditivos no pão.

Pelos testes sensoriais foi verificado que a aditivação dos pães com lecitina hidroxilada de soja e de goma caragena melhorou a textura (maciez e coesividade) dos pães produzidos em escala piloto; e também o frescor dos mesmos, porém em menor proporção. Esses resultados foram confirmados por testes instrumentais de compressibilidade do pão. Pode-se concluir que as amostras com aditivo mantiveram o frescor por cerca de dois dias a mais do que as amostras sem aditivos.

A metodologia utilizada para determinação da vida útil dos pães permitiu a escolha da maciez, determinada pelo tato, como atributo sensorial que melhor detectou as diferenças entre os pães devido a formulação e tempo de estocagem.

Através da associação de medidas sensoriais com medidas instrumentais, pode-se concluir que a lei da potência é a função matemática que melhor relaciona os parâmetros instrumental e sensorial, conclusão obtida tanto pelo modelo postulado quanto pela análise estatística realizada no modelo.

SUMMARY

The aim of this research was the study of breadmaking potencial increace of weak brazilian wheat flour by the usage of carrageenan gum and soybean hydroxylated lecithin. It was also aimed, the study of such compounds as delayers of bread staling by the application of sensorial and instrumental methods.

Carrageenan gum and soybean hydroxylated lecithin used at levels of 0,02 and 0,5% (flour basis) respectively, improved the rheological characteristics of mixture, extensibility, proofing and cooking of doughs. Greater levels of the additives were technologically deleterious. Ascorbic acid was shown to be necessary.

The texture (softeness and coesivity of the bread with carrageenan gum and soya hydroxylated lecithin produced in pilot plant were better than the control. The same conclusion was drawn through the atribute of freshness of the bread, yet to a smaller degree. Such results were also confirmed instrumentally with measures of compressibility of the breads. It was therefore concluded that the bread with the additives had an increase of shelf live of about two days when compared with the control.

Softeness was the chosen sensorial atribute as the one that best detected diferences between the two samples (with and without additives).

The sensorial versus instrumental association that best related such measures was the power law.

ÍNDICE GERAL

PÁGINA

AGRADECIMENTODS

RESUMO

SUMMARY

I. INTRODUÇÃO 1

II.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 3

A. O POTENCIAL DE PANIFICAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO 3

B. ADITIVOS MELHORADORES DO POTENCIAL DE PANIFICAÇÃO DE FARINHAS 4

1. Fortalecedores de Massa 5

2. Amaciadores de Massa 6

C. LECITINA DE SOJA (LS) 8

1. Ocorrência e Definição 8

2. Usos em Panificação 9

a. Efeitos nas Características da Massa 9

b. Efeito da Lecitina no Volume 10

D. GOMA CARAGENA 12

1. Estrutura Molecular 12

2. Solubilidade 13

3. Gelificação 14

4. Efeito do Tratamento Térmico 14

5. Interação entre Caragenas e Proteínas 15

6. Usos em Panificação 16

E. ENVELHECIMENTO DO PÃO 18

1. Principais Teorias Sobre o Mecanismo de Envelhecimento 18

2. Medidas de Envelhecimento 20

a. Análise Sensorial 21

b. Medidas Instrumentais da Compressibilidade do Pão 21

c. Relacionamento entre Medidas Instrumentais e Sensoriais 25

d. Modo e Cinética de Envelhecimento 26

III.MATERIAIS E MÉTODOS 28

A. MATERIAIS 28

1. Matéria-Prima 28

2. Aditivos, Reagentes e Ingredientes 28

3. Embalagens 29

4. Aparelhos e Equipamentos 29

B. MÉTODOS EXPERIMENTAIS 31

1. Análises Químicas 31

a. Umidade 31

b. Proteínas 31

c. Gorduras 31

d. Fibras 31

e. Cinzas 32

2. Testes Físicos e Químicos na Farinha 32

a. pH da Farinha 32

b. Teor de glúten 32

c. Determinação da Atividade Diastática 32

3. Determinação da Absorção de Água e das Propriedades de Mistura das Massas 32

4. Determinação das Propriedades de Extensão das Massas 34

5. Determinação das Propriedades de Fermentação das Massas 37

6. Determinação das Propriedades de Cozimento das Massas 38

7. Avaliação da Qualidade Global dos Pães por Teste Instrumental de Panificação 40

a. Preparo dos Pães 40

b. Avaliação da Qualidade do Pão 42

8. Avaliação Sensorial e Instrumental da vida útil dos pães 43

a. Produção de Pão 43

b. Testes Sensoriais 47

i. Treinamento e Seleção da Equipe Sensorial 48

ii. Análise Sensorial por TPS e APT 48

iii. Análise Estatística 51

iv. Determinação da Vida Útil dos Pães: Medidas de Frescor, Maciez, Coesividade e Mastigabilidade 51

c. Teste Instrumental 52

i. Testes Preliminares de Compressibilidade 52

ii. Influência dos Aditivos na Compressibilidade 56

d. Correlação dos Parâmetros Sensoriais e Instrumentais 56

9. Levantamento de Modelos Para Associação de Parâmetros Sensoriais e Instrumentais 57

10. Estudo do Modo e da Cinética de Envelhecimento dos Pães pela Teoria de Avrami 58

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES 61

A. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DA FARINHA 61

B. EFEITO DA ADIÇÃO DE A DIFERENTES NÍVEIS DE GOMA CARAGENA NAS PROPRIEDADES DE MISTURA FARINHA DE TRIGO 63

C. EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES TEORES DE ÁCIDO ASCÓRBICO NAS

PROPRIEDADES DE EXTENÇÃO, FERMENTAÇÃO E COZIMENTO DE MASSAS COM CARAGENA E LECITINA HIDROXILADA DE SOJA 65

D. EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES TEORES DE CARAGENA NAS PROPRIEDADES DE EXTENSÃO, FERMENTAÇÃO E COZIMENTO DA MASSA 70

E. EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES TEORES DE LECITINA NAS PROPRIEDADES DE EXTENSÃO, FERMENTAÇÃO E COZIMENTO DA MASSA 74

F. ESTUDO COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES DE EXTENSÃO, FERMENTAÇÃO E COZIMENTO EM MASSAS COM LECITINA E CARAGENA 79

G. EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES GOMAS, OXIDANTES E EMULSIFICANTE NA QUALIDADE GLOBAL DOS PÃES AVALIADOS PELO TESTE INSTRUMENTAL DE PANIFICAÇÃO 83

1. Efeito da Adição das Gomas Guar, Xantana e Caragena 84

2. Efeito da Adição de Ácido Ascórbico, Bromato de Potássio e Azodicarbonamida 86

3. Efeito da Adição de Lecitina e Estearoil 2-lactil Lactato de Sódio (SSL) 87

H. AVALIAÇÃO SENSORIAL DO ENVELHECIMENTO DE PÃES PELO TESTE DE PERCEPÇÃO SENSORIAL (TPS) E PELA ANÁLISE DE PERFIL DE ALGUNS ATRIBUTOS DE TEXTURA (APT) 90

1. Treinamento e Seleção da Equipe Sensorial 91

2. Determinação da Vida Útil dos Pães Através da Análise Sensorial por TPS e APT dos Pães 91

I. AVALIAÇÃO INSTRUMENTAL DO ENVELHECIMENTO DOS PÃES PELAS MEDIDAS DE COMPRESSIBILIDADE PELO *OTTAWA TEXTURE MEASURING MACHINE* (OTMS) 101

1. Ensaios Preliminares 101

2. Efeito dos Aditivos na Compressibilidade dos Pães 104

J. ASSOCIAÇÃO DOS PARÂMETROS SENSORIAIS E INSTRUMENTAIS 113

K. MODO E CINÉTICA DE ENVELHECIMENTO DOS PÃES 119

V. CONCLUSÕES 121

VI,BIBLIOGRAFIA 124

ÍNDICE DAS TABELAS

TABELAS PÁGINA

1. Concentrações de aditivos utilizados nos estudos das propriedades de extensão, fermentação e cozimento das massas (quantidades com base no peso de farinha). 35
2. Ingredientes e respectivas proporções utilizadas na formulção básica das massas nos testes instrumentais de panificação. 40
3. Concentração de aditivos utilizados nos estudos de qualidade global pelo teste instrumental de panificação 41
4. Características físicas e químicas da farinha 62
5. Características farinográficas da farinha de trigo com e sem goma caragena. 64
6. Efeito do teor de ácido ascórbico (0, 45 e 90 ppm) nas propriedades de extensibilidade de massas contendo 0,02% de caragena e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e da massa padrão (sem lecitina hidroxilada de soja e caragena), nos tempos de descanso de 45, 90 e 135 minutos. 66
7. Efeito do teor de ácido ascórbico (0, 45 e 90 ppm nas propriedades de fermentação de massas contendo 0,02% de caragena e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja. 67
8. Efeito do teor de ácido ascórbico (0, 45, e 90 ppm) nas propriedades de cozimento da massa, com teor de 0,02% de caragena e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja. 68
9. Efeito do teor de caragena (0, 0,01, 0,02 e 0,05%) nas propriedades de extensibilidade das massas preparadas com 45 ppm de ácido ascórbico, nos tempos de descanso de 45,

18. Análise de variância dos resultados da análise sensorial dos pães com e sem aditivos. 96

19. Resultados dos testes de média aplicados aos dados de análise sensorial durante a estocagem, pelo método de Tukey. 98

20. Resultados da análise de variância dos dados de análise sensorial. 100

21. Análise de variância dos dados de compressão obtidos no OTMS para diferentes tratamentos: 12S e 12C = pães sem aditivo e com aditivo no 12º dia de armazenamento; 1S = pães sem aditivo no 1º dia e 13S = pães sem aditivos no 13º dia de armazenamento. 102

22. Teste de TUKEY para detecção da diferença entre as amostras. 103

23. Média porcentual do quociente do desvio padrão pela média das determinações das medidas de compressibilidade. 106

24. Modelos matemáticos que relacionam parâmetros sensoriais a instrumentais. 115

25. Valores do expoente de Avrami e da constante de velocidade para os pães com e sem aditivo, utilizando os dados de F_1 e F_2. 120

18. Análise de variância dos resultados da análise sensorial dos pães com e sem aditivos. 96

19. Resultados dos testes de média aplicados aos dados de análise sensorial durante a estocagem, pelo método de Tukey. 98

20. Resultados da análise de variância dos dados de análise sensorial. 100

21. Análise de variância dos dados de compressão obtidos no OTMS para diferentes tratamentos: 12S e 12C = pães sem aditivo e com aditivo no 12º dia de armazenamento; 1S = pães sem aditivo no 1º dia e 13S = pães sem aditivos no 13º dia de armazenamento. 102

22. Teste de TUKEY para detecção da diferença entre as amostras. 103

23. Média porcentual do quociente do desvio padrão pela média das determinações das medidas de compressibilidade. 106

24. Modelos matemáticos que relacionam parâmetros sensoriais a instrumentais. 115

25. Valores do expoente de Avrami e da constante de velocidade para os pães com e sem aditivo, utilizando os dados de F_1 e F_2. 120

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA PÁGINA

1. Estrutura molecular geral das caragenas. 13
2. Mecanismo de gelificação, segundo REES (1975). 15
3. Ficha utilizada para treinamento e seleção da equipe sensorial. 49
4. Ficha utilizada na análise sensorial dos pães (TPS e APT). 50
5. Detalhe do ensaio de compressibilidade, feito com duas fatias de pão. a) amostra do pão antes da compressão; b) amostra submetida a 80% de compressão, desde a altura inicial. 53
6. Exemplo de curva obtida no OTMS com os parâmetros de calibração definidos. 55
7. Resistência máxima das massas com 45 ppm de ácido ascórbico (1), 45 ppm de ácido ascórbico e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja (2), 0,02% de caragena e 45 ppm de ácido ascórbico (3) e 0,02% de caragena, 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e 45 ppm de ácido ascórbico (4). 80
8. Nível das massas com 45 ppm de ácido ascórbico (1), 45 ppm de ácido ascórbico e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja (2), 0,02% de caragena e 45 ppm de ácido ascórbico (3) e 0,02% de caragena, 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e 45 ppm de ácido ascórbico (4). 81

9. Volume dos pães das massas com 45 ppm de ácido ascórbico (1), 45 ppm de ácido ascórbico e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja (2), 0,02% de caragena e 45 ppm de ácido ascórbico (3) e 0,02% de caragena, 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e 45 ppm de ácido ascórbico (4). 82

10. Gráfico do frescor versus tempo de estocagem em dias. 92

11. Gráfico da maciez sensorial dos pães versus o tempo de estocagem em dias. 93

12. Gráfico da coesividade sensorial dos pães versus o tempo de estocagem em dias. 94

13. Gráfico do tempo de estocagem versus força para 25% de compressão (F_1) 107

14. Gráfico do tempo de estocagem versus força para 50% de compressão (F_2). 108

15. Gráfico do tempo de estocagem versus área sob a primeira curva de compressão até 80% de compressão (A_1). 109

16. Gráfico do tempo de estocagem versus força para comprimir até 80% da altura inicial (Força máxima 1 - D_1). 110

17. Gráfico do tempo de estocagem versus força após 60 segundos de relaxamento - F_{60}. 111

18. Gráficos do tempo de estocagem versus a força para comprimir pela segunda vez até 80% da altura inicial (D_2). 112

19. Curvas de F_1 versus frescor de pães sem aditivos ($S = 4,5\ I^{-0,52}$) e com aditivos ($S = 4,8\ I^{-0,45}$). 116

20. Curvas de F_1 versus coesividade de pães sem aditivos ($S = 3,85\ I^{-0,54}$) e com aditivos ($S = 3,85\ I^{-0,57}$). 117

21. Curvas de F_1 versus maciez de pães sem aditivo ($S = 4,72\ I^{-0,51}$) e com aditivos ($S = 5,46\ I^{-0,41}$). 118

I. INTRODUÇÃO

O trigo cultivado no Brasil é principalmente do tipo mole, produzindo na moagem farinhas com características gerais inadequadas à panificação. Atualmente, através de estudos de melhoramento genético, tem-se conseguido aumentar a produtividade do trigo, porém essas melhorias não se refletem na qualidade tecnológica das farinhas, devido principalmente à seleção das variedades ser feita em função apenas das características agronômicas do trigo. Por outro lado, verifica-se também a falta de controle de qualidade da farinha produzida pelos moinhos, o que se faz absolutamente necessário em face da qualidade instável do trigo.

Com a queda do subsídio do trigo e o consequente aumento nos preços dos produtos de panificação, o setor moageiro tem ultimamente se interessado pelo controle de qualidade de suas farinhas. Fato importante para o país quando se considera que a indústria de panificação no Brasil vinha sofrendo a pena de ter um dos produtos de mais baixa qualidade do mundo (CALVEL, 1984).

Surge, então, a necessidade de se continuar com o aperfeiçoamento genético do trigo cultivado no Brasil (alternativa a mais longo prazo) e de viabilizar meios para aumentar o potencial de panificação da farinha, com vistas ao melhoramento da qualidade dos seus produtos derivados.

Urge agora levar a efeito a avaliação da qualidade do pão, de modo mais objetivo quanto possível, desenvolvendo-se

metodologias que viabilizem o julgamento não subjetivo do produto. Os procedimentos para se aumentar o potencial de panificação da farinha de trigo podem ser por métodos convencionais, empregando-se oxidantes (bromato e iodato de potássio), emulsificantes (mono e diglicerídeos e estearoil-lactil lactato de sódio e cálcio) e gordura ou por métodos não convencionais, empregando-se hidrocolóides e fosfolipídeos. O presente trabalho tem por objetivo estudar o fortalecimento de farinhas de trigo nacionais pelos métodos não convencionais, isto é, através do uso da goma caragena e de lecitina hidroxilada de soja, procurando fornecer à indústria nacional de panificação uma nova alternativa tecnológica para o melhoramento da qualidade do pão. Objetiva-se também tornar disponível uma alternativa de monitoramento da qualidade dos pães ao longo de sua vida útil, através de métodos sensoriais e instrumentais.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. O POTENCIAL DE PANIFICAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO

De uma maneira geral, para a produção de pão com bom apelo visual ao consumidor, ou seja, com boas características de volume, uniformidade e cor, é necessário utilizar-se farinha de trigo com elevado potencial de panificação, o que foi definido por PRATT (1978) como "qualidade de panificação" da farinha.

Na farinha de trigo, o teor e a qualidade das proteínas formadoras de glúten são os principais responsáveis pelo seu potencial de panificação (SULLIVAN,1965), não obstante o amido, os lipídeos e os componentes solúveis da farinha sejam também necessários para a produção de pão com volume, textura e retenção de frescor adequados. O teor das proteínas formadoras de glúten está associado principalmente a fatores ambientais (clima e solo) e a sua qualidade está relacionada aos fatores hereditários (variedade cultivada) (POMERANZ,1980).

O glúten é formado quando a farinha de trigo é hidratada durante o processo de mistura, que é a etapa inicial da produção de pão. Durante esse processo, as proteínas insolúveis em água hidratam-se formando o glúten que, após ser desenvolvido totalmente, é capaz de reter os gases produzidos pelas leveduras, resultando dessa forma em um produto fermentado de baixa densidade (pão ou outros produtos fermentados).

O glúten é formado por duas classes de proteínas:

gliadinas e gluteninas. As gliadinas são as principais responsáveis pelo controle do volume do pão, enquanto as gluteninas respondem pelos tempos de mistura e desenvolvimento da massa, sendo essa fração a mais elástica e coesa das duas. Tais proteínas possuem concentrações elevadas de ácido glutâmico (ao redor de 32%) e de prolina (ao redor de 10%). Os grupos iônicos e não iônicos governam as propriedades viscoelásticas do glúten de trigo por meio de ligações amídicas, dissulfídicas, ligações de hidrogênio e interações hidrofóbicas (POMERANZ,1985).

Além do glúten que poderíamos comparar ao esqueleto da massa, o amido desempenha papel importante na manutenção da estrutura do pão no cozimento, ajudando a retenção do gás produzido durante a fermentação. Os lipídeos e seus compostos (fosfolipídeos, lipoproteínas e glicolipídeos) participam da interação entre o amido e as proteínas e das proteínas entre si (gluteninas e gliadinas) (POMERANZ,1985).

B. ADITIVOS MELHORADORES DO POTENCIAL DE PANIFICAÇÃO DE FARINHAS

Os aditivos melhoradores do potencial de panificação são chamados de condicionadores de massa. Segundo MARNETT (1977), esses condicionadores ou melhoradores atuam no processo de panificação de produtos fermentados biologicamente, produzindo diversos efeitos benéficos na massa e no pão, a saber: maior tolerância à mistura e ao manuseio das massas (corte ou divisão, boleamento e modelamento), com menores perdas no processo; maior tolerância das massas a variações de ingredientes; diminuição do emurchecimento das massas fermentadas durante o transporte das mesmas, especialmente em sistemas contínuos de mistura; maiores

absorção de água das massas e rendimento do produto; possibilidade de uso de níveis mínimos de gordura no pão; melhoria do volume, da estrutura do miolo e da textura da crosta, mantendo a qualidade do produto estável por mais tempo, devido ao retardamento do envelhecimento e ao amaciamento do miolo, o que facilita a produção de tipos de pães variados onde a estrutura do glúten é muito importante.

A expressão "condicionadores de massa", refere-se aos "fortalecedores de massa" e aos "amaciadores de massa", descrevendo, segundo DUBOIS (1979), ingredientes usados em produtos de panificação fermentados biologicamente, que agem como coadjuvantes de produção ou como melhoradores de certos fatores de qualidade.

1. Fortalecedores de Massa

De modo geral, os fortalecedores de massa estão diretamente relacionados com o glúten, beneficiando a massa e o produto final. Na massa esses aditivos aumentam a tolerância à mistura e a absorção de água, melhoram a retenção de gás durante o descanso e a fermentação, aumentando a resistência ao colapso da massa fermentada e diminuindo ligeiramente o tempo de fermentação. No produto final esse aditivo aumenta o volume, melhora a textura produzindo células de miolo mais finas, fortalece as paredes laterais do pão (aumentando a resistência ao empilhamento) e melhora o fatiamento.

Entre os fortalecedores de glúten, os de maior importância são os agentes oxidantes. A indústria de panificação em geral utiliza, entre outros oxidantes, o bromato e o iodato de

potássio, a azodicarbonamida e o ácido L-ascórbico.

O mecanismo de atuação desses oxidantes já foi elucidado, com exceção do ácido L-ascórbico (AA). Os agentes oxidantes atuam sobre os grupos sulfidrílicos presentes nas proteínas da farinha, aumentando o número de ligações dissulfídicas (TSEN, 1965).

O efeito melhorador do ácido ascórbico em farinhas pode ser explicado por diversos mecanismos. TSEN (1965) relatou que o ácido ascórbico é eficiente na oxidação de grupos sulfidrílicos (SH) na presença de oxigênio, o que indica que esse ácido deve ser primeiramente oxidado a ácido dehidroascórbico para, então, exercer a sua ação melhoradora na massa. Embora vários autores apresentem outros mecanismos de ação do ácido ascórbico na massa (JOHNSTON, 1972; DAHLE *et al.*, 1970; EL-DASH, 1978a), pesquisas recentes publicadas por CHERDKIATGUNCHAI (1986) e ELKASSABANY *et al.* (1980) têm também mostrado o efeito melhorador dessa substância após a sua conversão a ácido dehidroascórbico.

2. Amaciadores de massa

Os amaciadores de massa, entre outras funções, retardam o endurecimento do pão após o seu cozimento. Dentre os amaciadores são usados principalmente a gordura e os emulsificantes.

Os emulsificantes atuam direta ou indiretamente no preparo da massa, no cozimento e no armazenamento do pão (envelhecimento). No início do processo de panificação, o emulsificante atua graças às suas propriedades de superfície, molhabilidade e dispersibilidade (STUTZ *et al.*, 1973); desta forma, produz uma mistura mais homogênea (SEIBEL,1972), reduzindo o tempo e a velocidade de mistura, propiciando menor consumo de

energia. O emulsificante também permite melhor distribuição da gordura na massa, o que possibilita diminuir o seu teor na formulação (CHUNG *et al.*1976; HOSENEY *et al.*,1976; TSEN & HOOVER, 1971).

A adição de água e o fornecimento de energia mecânica durante a mistura da massa promove a interação dos emulsificantes com as proteínas, os lipídeos e o amido. Desse modo o processo de amassamento é importante para a interação dos emulsificantes e lipídeos polares com as proteínas. As ligações não covalentes formadas nesse processo são de grande importância, resultando desta interação o melhoramento da qualidade do glúten e o aumento da tolerância da massa à mistura (SCHUSTER,1984).

Segundo MAC RITCHIE (1977) e LARSSON (1980) os emulsificantes podem atuar como condicionadores de duas maneiras. Primeiramente as moléculas do agente de superfície podem interagir por meio de ligações hidrofóbicas e/ou hidrofílicas (eletrostáticas ou pontes de hidrogênio) com as proteínas do glúten. De acordo com este conceito, os emulsificantes devem ser solúveis a nível molecular na fase aquosa da massa. Em segundo lugar, os emulsificantes podem interagir com a fase aquosa da massa, formando estruturas associadas de lipídeo-água com os lipídeos polares livres da farinha.

Certos emulsificantes associam-se simultaneamente com a proteína e o amido, melhorando as características do filme glúten-amido e aumentando a sua flexibilidade, devido à sua interação com os lipídeos livres. O glúten fortalecido pela interação com o emulsificante estabiliza melhor a estrutura esponjosa da massa.

Durante o cozimento as massas com emulsificantes expandem

por mais tempo antes da desnaturação do complexo proteína-emulsificante, produzindo maior volume e melhores características no miolo, melhor textura e maior uniformidade. Os emulsificantes reagem com o amido após o cozimento formando um complexo que permanece depois do resfriamento. Desse modo, mantém por mais tempo o frescor e a palatabilidade do pão durante o armazenamento (SCHUSTER *et al.* 1984).

C. LECITINA DE SOJA (LS)

1. Ocorrência e Definição

A lecitina é encontrada no organismo dos animais e do homem e em produtos vegetais. A gema de ovo de galinha contém teores elevados de lecitina, da ordem de 2 gramas e entre as matérias-primas vegetais destaca-se a soja, que contém de 2 a 3% de lecitina (SHAFER, 1985).

O termo "lecitina de soja", do modo como é utilizado atualmente, refere-se ao material obtido pela degomagem de óleos vegetais brutos e pela secagem das gomas hidratadas, assim a lecitina comercial consiste de fosfolipídeos, triglicerídeos e outros compostos removidos do óleo no processo de degomagem (SHOLFIELD, 1981).

A lecitina de soja (LS) é um líquido viscoso semelhante ao mel de abelha, de cor âmbar, com cheiro e gosto característicos. É um produto estável à temperatura ambiente e higroscópico (ROHR,1976). Além da LS comercial existem lecitinas especiais, definidas como produtos que são processados visando atingir determinada tensão superficial, para utilizações

específicas em margarinas e em outros produtos alimentícios instantâneos (NIEUWENHUZEN, 1981).

2. Usos em Panificação

A lecitina de soja é empregada na panificação devido principalmente à sua influência benéfica nas características da massa e no volume do pão. Apesar de não estar totalmente elucidado, o efeito benéfico da lecitina já foi comprovado por muitos pesquisadores.

a. Efeitos nas Características da Massa

Segundo WORKING (1924), a adição de pequenas quantidades de lecitina na farinha de trigo influencia o glúten, conferindo maior maleabilidade à massa. A lecitina lubrifica as fibras de glúten permitindo que elas deslizem mais facilmente entre si (WORKING, 1928). Assim, segundo HESS *et al.* (1954) e HESS (1954), a lecitina presente naturalmente na farinha de trigo tem a função de servir como uma camada deslizante entre proteína e amido. É possível também que, quando adicionada à farinha, a lecitina interaja com a amilose, visto reduzir a afinidade desta pelo iodo (OSMAN,1961). Em um estudo onde utilizou gliceril monoestearato e lecitina, EDER (1976) afirmou que o primeiro composto reage com o amido, enquanto que a lecitina reage com a proteína.

Para vários pesquisadores a lecitina também melhora a consistência e a maquinabilidade da massa e reduz o tempo de mistura (SULLIVAN, 1965; PRATT, 1945; KENT-JONES *et al.*, 1967; ABERHAM, 1972; PYLER, 1973; SHAFER, 1981; PUTSCHKWA *et al.*, 1975;

KUNTZE, 1977; WALROD, 1947; EICHBERG, 1981), melhorando também a textura do pão (PRATT,1945; WALROD,1947; ROHRLICH *et al.*,1966; KENT-JONES *et al.*,1967). EICHBERG (1981) relatou que lecitina aumenta a absorção de água, contrariando os resultados encontrados por PRATT (1945).

b. Efeito da Lecitina no Volume do Pão

Estudando o efeito de fosfolipídeos naturais e modificados na qualidade do pão, POMERANZ *et al.* (1968) observaram que, em geral, a lecitina utilizada a nível de 0,5%, sobre o peso de farinha, aumenta o volume do pão na presença de gordura (a níveis de 0,5 e 3,0%). Dos seis tipos de lecitinas estudadas (desengordurada, natural, hidroxilada, álcool solúvel, álcool insolúvel e hidrogenada), somente a lecitina hidrogenada não propiciou aumento no volume do pão. A melhor lecitina dentre as testadas foi a álcool solúvel (fosfatidil colina e fosfatidil etanolamina na proporção 2:1), que propiciou um aumento de volume de 6% (em pães com 0,5% de gordura) em relação ao pão padrão sem lecitina. Em formulação sem gordura, o aumento de volume foi de 15,6% em relação ao pão padrão sem lecitina. Na presença de 0,5% de lecitina e gordura foram obtidos pães com células de miolo satisfatórias.

EL-SEBAIY *et al.* (1983) provaram que tanto a LS quanto a lecitina de semente de algodão, quando adicionadas à massa, melhoraram as propriedades reológicas da massa e o volume do pão. LEHMANN (1975) mostrou que a lecitina, como melhoradora de volume, situa-se entre um certo monoglicerídeo estudado e um produto comercial coadjuvante de panificação. O aumento de volume do pão

com lecitina, em relação ao padrão sem aditivo, foi de 7,7%, entretanto, o maior efeito melhorador de volume foi obtido quando se utilizou lecitina juntamente com o referido monoglicerídeo. EICHBERG (1981) também relatou que a lecitina aumenta o volume do pão.

A adição de lecitina de soja melhorou a estrutura do miolo e aumentou o volume e a aceitabilidade de pães com mistura de até 15% de farinhas de oleaginosas (RAO & VAKIL, 1980). Foi também observado que a lecitina somente foi eficaz quando a massa tinha um elevado teor de lipídeo. Em ensaios com farinha de trigo enriquecida com farinha de oleaginosas (soja e amendoim), obteve-se pães com maior maciez quando se utilizou 0,5% de lecitina de soja. A firmeza dos pães foi medida pelas áreas sob as curvas obtidas com o Texturômetro Universal (Instron) (tensão X deformação). Maiores áreas representam pães mais firmes e duros.

Segundo alguns autores, a lecitina retém o frescor do pão por mais tempo e atua como amaciador de miolo (WALROD,1947; ROHRLICH *et al.*,1966 e EICHBERG, 1981), entretanto, de acordo com SHORT (1971) a lecitina melhora a cor do miolo, mas não é eficaz como agente retardador do envelhecimento do pão.

Outros pesquisadores estudaram o uso de lecitina em panificação. SWITKA (1983), fazendo pães com farinha de trigo e centeio (1:1), comparou o efeito da adição de monoestearato de sódio e de lecitina de soja, concluindo que a adição de 1% de lecitina produz o melhor efeito na manutenção do frescor dos pães.

SHORT (1971) observou que a adição unicamente da lecitina não era eficiente para retardar o envelhecimento; contudo a combinação de lecitina, sacarose, gordura e o seu monoglicerídeo, na razão de 5:5:8:2, incorporados a nível de 2% nas massas,

produziu pães com volume e maciez bastante satisfatórios.

D. GOMA CARAGENA

O termo "caragenas" designa os polissacarídeos de extratos naturais de certas algas vermelhas, usadas tanto na alimentação quanto na medicina a mais de 600 anos (MARINE COLLOIDS, 1974; PARDONCHE,1985). A caragena é um polissacarídeo sulfatado (20-40% em base seca), com predomínio de unidades de galactose e anidrogalactose (AG) . Essas gomas são usadas principalmente devido às suas propriedades de espessamento, estabilização e gelificação (KRAGEN 1973).

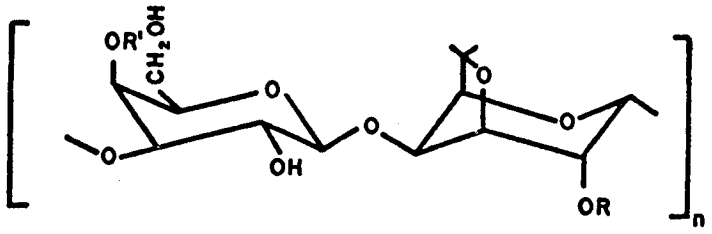
Desde os anos 70 e notadamente a partir do anos 80, a procura de alimentos naturais de baixo teor calórico tem aumentado a demanda por gomas naturais, cuja produção foi dobrada.

1. Estrutura Molecular

As propriedades funcionais das caragenas são decorrentes da sua estrutura molecular e do seu elevado peso molecular. Fisicamente as caragenas são hidrocolóides e quimicamente são polissacarídeos, contendo várias frações que diferem entre si quanto à funcionalidade (PEDERSEN, 1974). As frações mais pesquisadas são conhecidas como lambda, kapa e iota caragenas. A fração lambda possui boas propriedades de espessamento, a kapa produz um gel rígido e a fração iota resulta em um gel fraco e elástico com características tixotrópicas . Assim a caragena, num sentido mais amplo, é "aquele grupo de galactanas extraídas de algas vermelhas das famílias *Gigartinacea*, *Solieracea* e

Phyllophoraceae, que têm um conteúdo de éster de sulfato de 18% ou mais e são ligadas alternadamente em α (1-3) e β (1-4)" (GRAHAN, 1977).

De acordo com GRAHAN (1977), as caragenas diferem entre si pelo grau de sulfatação, pela presença e proporção de 3,6 anidrogalactose ligada nos carbonos que fazem ligação β (1-4), e pela associação dos grupos sulfatados a diferentes cátions (Figura 1).



ι caragena: R=R'= SO_3
κ caragena: R=H ; R'= SO_3

FIGURA 1. Estrutura molecular geral das caragenas.

2. Solubilidade

A solubilidade das caragenas depende dos teores dos grupos sulfatados hidrofílicos, dos cátions associados a eles e dos anéis 3,6 anidrogalactose, relativamente hidrofóbicos (PARDONCHE,1985). Assim, a solubilidade está relacionada com o balanço hidrofílico/hidrofóbico do sistema. Sais de potássio de caragena exigem aquecimento em torno de 50 a 60 °C para se dissolverem em água; no entanto, sais de sódio de caragena são solúveis em água fria. A introdução de grupos sulfato geralmente aumenta a solubilidade das caragenas, tornando-a dependente de

cátions; o potássio contribui com a hidrofobicidade (PERDERSEN,1974).

Pela estrutura química das caragenas pode-se verificar que a fração lambda contém uma grande proporção de grupos sulfatados e nenhum resíduo 3,6 AG, o que a torna facilmente solúvel em água apesar dos cátions que podem estar presentes; a fração kapa, que contém uma proporção mais baixa de grupos sulfatados do que a lambda e onde estão presentes os resíduos de 3,6 AG, é solúvel em água fria apenas quando se apresenta na forma de sal de sódio. Outros cátions (K^+, Ca^{++}, etc) permitem somente o entumescimento a frio das partículas de hidrocolóides, sendo necessário um aquecimento de até 60 °C para que se consiga a sua completa solubilização. As frações iota e kapa das caragenas apresentam propriedades intermediárias de solubilidade (PARDONCHE,1985).

3. Gelificação

No resfriamento de uma solução aquecida as frações kapa e iota caragena formam géis térmicamente reversíveis. Inicialmente, é formada uma rede tridimensional, na qual hélices duplas são ligadas pelos pontos de junção das cadeias poliméricas (GEL I-Figura 2). Em seguida, um resfriamento adicional leva à agregação desses pontos de junção (GEL II-Figura 2).

4. Efeito do Tratamento Térmico

As caragenas quando processadas termicamente mostram comportamento viscoelástico similar às amostras não tratadas,

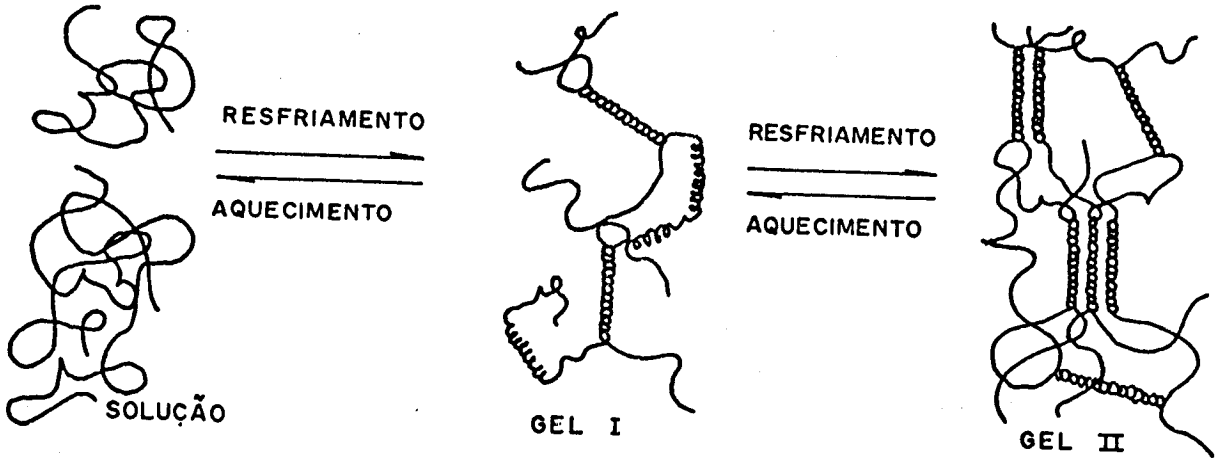


FIGURA 2. Mecanismo de gelificação, segundo REES (1975).

sendo obsevada apenas uma pequena mudança no módulo de rigidez, apesar de ocorrer uma queda marcante na força do gel medida com o *Universal Testing Machine* (Instron) (AINSWORTH, 1979).

5. Interação entre Caragenas e Proteínas

Segundo STANLEY (1977), as caragenas kapa, iota e lambda apresentam as seguintes porcentagens de sulfato: 25-30%, 28-35% e 32-39% respectivamente, segundo STANLEY (1977). De maneira geral, todos os polissacarídeos sulfatados exibem reatividade com a proteína. Como esses polissacarídeos são carregados negativamente numa faixa ampla de pH, é possível a formação de complexos com a molécula de proteína carregada positivamente.

Acima do ponto isoelétrico da proteína, íons metálicos polivalentes atuam como pontes entre os grupos carboxílicos negativamente carregados do polissacarídeo (PEDERSEN,1974).

HUEBNER *et al.* (1979) estudaram a reatividade das proteínas de trigo mole usando diversos polissacarídeos. Dentre

eles, a caragena propiciou os maiores aumentos nos tempos de desenvolvimento e de estabilidade à mistura das massas de farinha de trigo. Foi também concluído nesse trabalho que a goma caragena em baixas concentrações interage com o glúten da farinha, sendo provavelmente uma interação do tipo iônica.

6. Usos em Panificação

Dentre as aplicações da goma caragena em panificação, são encontrados trabalhos sobre a utilização em pães elaborados com farinhas sucedâneas (KIM & RUITER, 1968; HART *et al.*, 1970; NISHITA,1976), em pães elaborados com farinhas de trigo mole (não panificáveis) (HUEBNER,1979); como coadjuvante na produção de pães de forma por método contínuo (GLABE,1968) e como aditivo retardador do envelhecimento do pão (ANDT,1966).

Acredita-se que as gomas adicionadas às massas aumentam a retenção de gases, reduzindo o coeficiente de difusividade do gás na massa (HOSENEY,1984). Também tem sido demonstrado (HUEBNER et al,1979) que as gomas xantana e caragena interagem com o glúten em concentrações bastante baixas (0,15%). Desse modo, entende-se que os dois efeitos, a diminuição do coeficiente de difusividade e o fortalecimento da película que retem a bolha de gás através da interação dos polissacarídeos com o glúten, sejam os responsáveis pelo aumento da retenção de gás na massa.

ANDT (1966) utilizou goma caragena misturada com goma karaya como aditivo retardador do envelhecimento dos pães. Essa mistura de aditivos, quando adicionada ao pré-fermento a níveis de 0,02% a 0,1% (com base no peso farinha) produziu bons resultados durante o processamento e a estocagem dos pães. Durante o

processamento dos pães com o aditivo, a massa apresentou-se macia, não pegajosa e de boa maquinabilidade. A retenção de umidade dos pães obtidos nessas condições foi prolongada em relação aos pães sem aditivos, mostrando o efeito retardador das gomas testadas no envelhecimento do pão.

CHIMIROV *et al.* (1981) relataram que se pode melhorar a qualidade de macarrão feito a partir do trigo mole utilizando-se diversos polissacarídeos. Esses aditivos propiciam a formação de uma rede de gel na massa que aumenta a sua elasticidade, diminui as perdas de matéria seca durante o cozimento e as quebras durante a secagem.

Pouco sucesso foi alcançado na tentativa de se desenvolver um pão de arroz para pacientes alérgicos ao glúten (doença do celíaco), utilizando-se caragena e xantana. A retenção de gás por esses polissacarídeos foi mínima e o resultado foi contraditório ao de NISHITA *et al.* (1976), que afirmaram ser a goma xantana capaz de reter gás no pão com amido de trigo.

Pão sem glúten foi obtido por KIM & RUITER (1968) através do uso de vários tipos de hidrocolóides, amidos e surfactantes. Tais aditivos foram adicionados com o objetivo de ligar os grânulos de amido entre si, diminuindo assim a sua mobilidade e propiciando a retenção de gás e o aumento do volume do pão no cozimento (*oven spring*).

Da mesma forma, outros estudos realizados por HART *et al.* (1979), sobre a produção de pães com farinha de sorgo e cevada, também mostraram que a adição de caragena e de um derivado de goma guar aumentou a retenção de gás na massa e impediu o colapso do pão. CAWLEY (1964) também verificou o aumento do volume de pães no cozimento devido à presença de goma guar.

GLABE *et al.* (1968) utilizaram lecitina e caragena no preparo de pão pelo método de mistura contínua, em proporções que variaram de 0,10 a 1,0% e de 0,01 a 0,15%, respectivamente, com base no peso da farinha. Os pães produzidos com esses aditivos apresentaram maior volume e melhores características externas, permitindo ainda a redução de agentes oxidantes na massa. Segundo o autor, a caragena e a lecitina adicionadas à massa têm efeito sinergístico no melhoramento da qualidade geral do pão.

E. ENVELHECIMENTO DO PÃO

O envelhecimento do pão está associado à queda de aceitação do produto, causada principalmente pelas alterações no miolo e pela ação deterioradora provocada por microorganismos (BECHTEL *et al.*, 1953). Segundo o autor, o produto de panificação permanece fresco desde que o consumidor assim o julgue, não importando o tempo de armazenamento ou os resultados de testes laboratoriais relacionados ao seu frescor.

1. Principais Teorias Sobre o Mecanismo de Envelhecimento

O estudo sobre o envelhecimento do pão iniciou-se em 1852 quando foi mostrado que este fenômeno não ocorria devido à perda de umidade ou secagem do pão (BOUSSINGAULT, 1852). A partir desse período, muitas teorias foram desenvolvidas na tentativa de elucidar o mecanismo de envelhecimento do pão. Segundo SCHOCH & FRENCH (1947), o envelhecimento pode ser explicado pela associação entre as moléculas de amilopectina (fração ramificada do amido), a qual é reversível pelo aquecimento.

Durante o cozimento, o resfriamento e o armazenamento do pão ocorrem diversos fenômenos relacionados com o amido:- no cozimento, os grânulos de amido gelatinizam e a amilose (fração linear) é lixiviada para fora dos grânulos entumescidos, permanecendo na água intersticial entre os mesmos; - no resfriamento, essas moléculas intergranulares formam um gel correspondente à estrutura elástica do pão fresco; e - no armazenamento, principalmente em temperaturas de refrigeração, as moléculas ramificadas dentro dos grânulos entumescidos sofrem lenta associação, enrigecendo o produto, consequentemente endurecendo o miolo, produzindo, dessa forma, o pão envelhecido. Essa associação de moléculas ramificadas é relativamente fraca, podendo ser revertida com aquecimento a 50 °C.

O aquecimento possibilita a restauração da estrutura elástica do pão fresco, porém sem a solubilização da rede intergranular de moléculas lineares retrogradadas. Essa teoria de SCHOCH, datada de 1947, é ainda a de maior aceitação no momento. Segundo o mesmo autor, quando é feita a adição de um emulsificante à massa, os grânulos de amido entumescem durante o cozimento, todavia a fração linear é imobilizada dentro do grânulo dada à formação de um complexo insolúvel de amilose com o emulsificante. Desse modo, devido à insolubilidade da amilose, não ocorre a formação de gel entre os grânulos entumescidos, conferindo ao pão um miolo de maciez extra. Após cerca de 36 horas da produção do pão, as moléculas de amilopectina dentro dos grânulos entumescidos associam-se, produzindo um estrutura de miolo firme, comparável aquela do pão sem emulsificante recentemente assado. Com o reaquecimento desse pão ocorre a desassociação das moléculas ramificadas, porém, não havendo a rede de gel formado pelas

moléculas intergranulares de amilose, o pão readquire sua estrutura inicial de maciez extra (POMERANZ,1985).

Segundo ERLANDER & ERLANDER (1969), o álcool produzido na fermentação da massa é de grande importância no processo de envelhecimento do pão. Esse metabólito complexa-se com o amido impedindo, desta forma, a sua retrogradação. Durante a estocagem ocorre a perda do álcool, o que resulta no envelhecimento do pão. Além da complexação de amido e álcool, esses pesquisadores também discutiram a atuação da proteína como agente complexante do amido. Foi mostrado que a razão amido/proteína é relevante na deteminação da taxa de envelhecimento do pão. Quanto maior for o teor de amido na farinha de trigo, maior será a velocidade de envelhecimento do pão; esse postulado explica a razão do pão de trigo integral envelhecer mais lentamente.

WILLHOFT *et al.* (1971) levantaram a hipótese de haver migração de água do glúten para o amido durante o armazenamento à temperatura ambiente. Assim, além do endurecimento devido à retrogradação (teoria clássica), haveria uma alteração irreversível na estrutura da água ligada ao glúten, e dessa maneira o pão envelheceria pela retrogradação do amido e também pela a perda de água do glúten para o amido. O amido, absorvendo a água do glúten, produz uma leve diminuição na firmeza do pão, porém, essa contribuição é muito pequena frente ao endurecimento causado pela retrogradação do amido e pela perda de umidade do glúten.

2. Medidas de Envelhecimento

Vários métodos para se acompanhar o envelhecimento de

pães foram relatados na literatura e amplamente discutidos em revisões apresentadas por MAGA (1975) e KULP & PONTE (1981). Foram considerados de interesse no presente trabalho os métodos baseados na análise sensorial e nas medidas instrumentais de compressibilidade do pão, bem como o relacionamento entre essas medidas instrumentais e sensoriais.

a. Análise Sensorial

O método oficial de determinação de envelhecimento sensorial de pães é o método da AACC nº74-30, chamado de Teste de Percepção Sensorial (TPS). Este método adotado a partir de um estudo relatado por BECHTEL & MEISNER (1954) baseia-se em uma escala de frescor com seis pontos, variando desde muito fresco até muito velho. Foi demonstrado que os membros da equipe sensorial apresentavam maior coerência quando julgaram pães mais frescos, entretanto, a medida que o pão envelhecia, maior era a incoerência entre os provadores.

As mudanças sensoriais de pães no envelhecimento podem também ser acompanhadas pela técnica da Análise do Perfil do Aroma (CAUL & VADEN, 1972). Nesse estudo foi mostrado que o aroma do pão de forma tornou-se menos complexo após o armazenamento. Com o envelhecimento, houve uma queda no aroma doce, uma deterioração do aroma de levedo e o desenvolvimento de um odor amargo.

b. Medidas Instrumentais da Compressibilidade do Pão

O envelhecimento do pão está intimamente relacionado à sua compressibilidade, medida sensorialmente ao se apertar o pão

com os dedos (maciez) ou através de instrumentos. A compressibilidade é determinada pela relação entre a força necessária para compressão da amostra e a sua área de aplicação em uma fatia de pão, o que corresponde à tensão de compressão (força/área). Essa medida deve ser proporcional à maciez do pão e ser relacionada com a medida sensorial de tato. A tensão de compressão é medida pela grande maioria dos pesquisadores, utilizando o *Universal Testing Machine* (Instron), ou seja, aplicando-se sobre a amostra de pão uma força variável à uma taxa constante de deformação.

A avaliação da compressibilidade do pão pode ser realizada pelo estudo da variação da força à uma taxa constante de deformação (deformação constante - DC) ou da variação da deformação sob força constante (força constante - FC). Segundo CROSSLAND *et al.* (1950), nas medidas de deformação constante até o limite máximo de compressão, o miolo do pão reage como um material elástico. A tensão é diretamente proporcional à deformação (espessura do pão/deformação) e a constante de proporcionalidade é chamada de módulo de compressibilidade ou módulo de Young (Y), expresso como:

$$Y = \frac{F/A}{e/L} = \frac{FL}{Ae}$$

onde no caso do pão, F é a força aplicada; A é a área do êmbolo de compressão; *e* é a redução de espessura (deformação); e L é a espessura inicial da fatia de pão (BICE & GUEDES, 1949).

A grande desvantagem das medidas com FC em relação às com DC é que, nas medidas com FC são obtidas curvas do tipo hiperbólicas quando se plota a deformação versus o tempo (BICE &

GEDDES, 1949; CROSSLAND & FAVOR, 1950), enquanto nas medidas com DC essas curvas são lineares.

Apesar dessa desvantagen, KAMEL & RASPER (1986), ao compararem dois métodos de medir a firmeza do miolo utilizando um penetrômetro de precisão e o *Baker Compressimeter*, mostraram através de estudos estatísticos que as medidas com FC, usando o penetrômetro, apresentaram maior sensibilidade em detectar a variação de compressibilidade de pães do que com o método com DC, usando o *Baker Compressimeter*. Atualmente, para se efetuar as medidas com DC, existem muitos equipamentos disponíveis, tais como o "*Universal Testing Machine* (Instron) (BAKER *et al.*, 1986a; BAKER *et al.*, 1986b; BASHFORD & HARTUNG, 1976; BRADY & MAYER, 1985; KAMEL *et al.*, 1984; KIM & D'APPOLONIA, 1977; REDLINGER, 1985), o *GRL Compressimeter* (KILBORN *et al.*, 1983) o *General Foods Texturometer* (BOURNE,1978), além do *Baker Compressimeter*, utilizado pela AACC (1969) em seu método oficial para determinação do envelhecimento do pão por medidas de compressibilidade.

Diferentes parâmetros no estudo do envelhecimento foram usados com o Instron, sendo variados a velocidade de carga, o grau de compressão e a área do êmbolo (BAKER *et al.*, 1986a; BAKER *et al.*,1986b); foram também estudadas as variações na compressibilidade em função do lugar onde a amostra foi tomada dentro do pão (REDLINGER *et al.*, 1985). BAKER *et al.* (1986b) recomendaram a medida de compressão de 25%, usando uma taxa de carga no Instron de 100 mm/min, área do êmbolo de 6,0 a 11,5 cm^2 e espessura da fatia de 25 mm. Em estudos similares feitos por BAKER *et al.* (1986a) foi usado o Instron com velocidades de carga de 50, 100 e 200 mm/min, área do êmbolo de 16,6 cm^2 e compressão de 25 e 50% . KAMEL *et al.* (1984) compararam o *Baker*

Compressimeter com o Instron por meio da medida de firmeza de pães com vários tipos de emulsificantes durante o período de 24 a 168 horas de armazenamento, utilizando a deformação de 25% nos dois equipamentos.

As medidas com DC, além de serem utilizadas em estudos de envelhecimento, podem ser aplicadas para avaliar a influência do uso de aditivos e ingredientes na massa em diferentes processos de panificação (EDELMANN *et al.*, 1950). No estudo do efeito de emulsificantes na vida de prateleira dos pães, deve-se minimizar outras fontes de variação da compressibilidade, tais como o dia de processamento, a fim de para se obter boa reprodutibilidade nas medidas instrumentais (JOENSSON & TOERNAES, 1987). É necessário o conhecimento dos parâmetros que influenciam a compressibilidade para se evitar outras variações além daquelas objeto de estudo. A compressibilidade é afetada pela espessura da fatia e pela temperatura de armazenamento (LORENZ & DILSAVER, 1982). BAKER *et al.* (1987) sugerem que se realize o descarte das fatias das duas extremidades e do centro do pão tipo forma nos ensaios de compressibilidade, afirmando serem essas as regiões mais duras dentro do pão. Segundo KAMEL (1987), os valores obtidos para a compressibilidade do miolo do pão a qualquer tempo após o cozimento, dependem grandemente da posição de onde a amostra foi retirada.

STOLLMAN & LUNDGREN (1987) utilizaram, nas suas medidas de textura com o Instron, uma compressão de 50% da altura inicial da fatia do pão. Quando essa altura era atingida, o êmbolo era parado e registrava-se a força de relaxamento após 60 segundos. Em seguida, após a amostra ser aliviada da carga, era novamente comprimida até a altura da primeira deformação (50%). A partir

desses ensaios, puderam ser determinadas a força máxima inicial de compressão na primeira deformação, a força de relaxamento após 60 segundos e a força máxima na segunda compressão. Além desses parâmetros foram também determinadas as áreas sob as curvas e o grau de elasticidade, que é definido como a razão entre a força de relaxamento a 60 segundos e a força máxima na primeira compressão, multiplicada por 100. Todos os parâmetros, com excessão do grau de elasticidade, aumentaram com o tempo de estocagem.

c. Relacionamento entre Medidas Instrumentais e Sensoriais

O relacionamento entre as medidas instrumentais e sensoriais, abordado através de medidas com DC, é avaliado utilizando-se a Análise do Perfil da Textura (BOURNE, 1978) ou simplesmente levantando-se curvas de um parâmetro de compressibilidade, a exemplo da força para comprimir uma fatia de pão versus o seu frescor.

Na Análise do Perfil da Textura (APT) (BOURNE,1978), uma série de propriedades de textura são medidas e relacionadas com medidas sensoriais. Apesar de ser originalmente desenvolvida para o *General Foods Texturometer*, a APT foi adaptada para o Instron, onde se fez a compressão dupla do alimento, obtendo-se uma curva composta de duas partes, com dois ou mais picos. A partir dessa curva, obtem-se uma série de sete parâmetros reológicos: fraturabilidade, dureza, coesividade, adesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade do alimento.

Esses testes deveriam correlacionar-se com os testes sensoriais onde o rompimento do material estivesse ocorrendo, para simular a mastigação. Para isso, no caso do pão, a compressão de

25% é considerada pequena (não ocorre nenhum rompimento), sendo necessária uma compressão onde houvesse, pelo menos, o início do rompimento (mastigação). Segundo BOURNE (1979), testes sensoriais que estejam relacionados com testes instrumentais de pequena compressão (menor ou igual a 25% para o pão), devem ser realizados sem a mastigação (rompimento), ou seja, apenas utilizando o tato (apertando-se a amostra entre os dedos). Todavia, no trabalho de BASHFORD & HARTUNG (1976), citado por BOURNE (1979), o teste sensorial realizado, e que não foi citado, provavelmente envolveu a mastigação e não apenas o tato.

BRADY & MAYER (1985) usaram o Instron em tentativas de relacionar medidas sensoriais com intrumentais pelo método APT. A compressão utilizada foi de 80%, com taxa de carga de 20 mm/min, em discos de 25 mm de espessura de pão francês e de cevada. Para o pão francês, a única correlação significativa entre as medidas sensoriais e instrumentais foi na medida de mastigabilidade.

Pesquisas adicionais devem ser realizadas para determinar se os parâmetros estabelecidos pela APT medem o mesmo tipo de parâmetro que o sensorial (BRADY & MAYER, 1985). Foi concluido também que as medidas instrumentais de compressibilidade constituem uma ferramenta poderosa para a avaliação do estado de frescor dos pães ao longo de sua vida útil. Torna-se, porém, necessária a padronização dos métodos utilizados para que se possa comparar resultados entre laboratórios.

d. Modo e Cinética de Envelhecimento

O modo e a cinética de envelhecimento do pão podem ser estudados utilizando-se as medidas com DC, onde se efetua o

levantamento do módulo de elasticidade (ou módulo de Young) e da força necessária para determinada compressão a partir das curvas de força versus tempo. Este método foi utilizado por alguns pesquisadores para o estudo da velocidade de envelhecimento do pão relacionada com a recristalização do amido (retrogradação) (CORNFORD,1964; KIM & D'APOLLONIA ,1977). Nessas pesquisas utilizou-se a teoria de Avrami que correlaciona a cristalização de moléculas com a variação do módulo de Young ao longo do tempo . Em alguns casos, nos testes com DC a curva de força versus o tempo ou a deformação, não são totalmente lineares devido a particularidades da amostra testada. CLUSKEY *et al.* (1959) utilizaram a parte linear da curva para o levantamento do módulo de Young, desprezando a porção onde as curvas não apresentaram comportamento linear.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. MATERIAIS

1. Matéria- Prima

Foram utilizadas farinhas de trigo comerciais, especial e comum, provenientes da moagem de trigo nacional, processadas pelo Moinho Anhanguera (Braswey) - Campinas, SP.

Foi feita a mistura das farinhas comum e especial na proporção 1:1, em lotes de 40 kg, em uma misturadeira tipo *TWEEDY*, a 420 rpm, durante 4 minutos. A mistura foi armazenada em sacos de polipropileno trançado e estocada em câmara fria a 0 °C.

2. Aditivos, Reagentes e Ingredientes

Aditivos e Reagentes:

- Goma caragena fornecida pela Grinsted do Brasil;
- Adilec A (lecitina hidroxilada de soja - LHS) fornecida pela Sanbra (Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro);
- Ácido L-Ascórbico (AA) (P.A.) marca Roche;
- Propionato de cálcio comercial, cedido pela Laboratórios Pfizer Ltda;
- Estearoil-lactil lactato de sódio (SSL),da Grinsted do Brasil.

Ingredientes:

Os ingredientes utilizados foram todos de natureza comercial, a

saber: sal, gordura vegetal hidrogenada, sacarose e fermento biológico.

Foram empregados reagentes com grau de pureza exigido pela análise.

3. Embalagens

Os pães foram embalados em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade, adquiridos junto a PLÁTICOS DANNA - Campinas, SP, com as seguintes características:

Espessura do filme: 40 micrômetros

Gramatura: 38 g/m^2

Taxa de Permeabilidade ao Vapor D'Água: 9 g/m^2 dia a 38 °C/90% UR

Comprimento 40 cm X Largura 19 cm

4. Aparelhos e Equipamentos

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

- Estufa com circulação de ar, marca Fanen modelo 320 - SE;
- Mufla;
- Extrator de gordura Soxhlet e aquecedor;
- Digestor de proteínas marca Tecnal, modelo TE 035;
- Balança analítica, marca Bosch, modelo S 2000;
- Dessecador;
- Moinho para grãos marca Tecnal, modelo TE 020.

Para os demais testes foram usados os seguintes equipamentos:

- Farinógrafo Brabender com misturador de capacidade de 300 g de farinha;
- Viscoamilógrafo Brabender com cabeçote de sensibilidade de 700 cm.g;
- Extensígrafo Brabender;
- Maturógrafo Brabender;
- *Oven Rise Recorder* Brabender;
- Do-Corder Brabender acoplado com o misturador de alta velocidade;
- Forno Elétrico doméstico Alno;
- Misturadeira rápida *Tweedy* Siam-Util;
- *Ottawa Texture Measuring System* (OTMS);
- Balança comercial Filizola;
- Modeladora Siam-Util;
- Câmara de descanso com controle de temperatura e umidade relativa Siam-Util;
- Carrinho para descarga automática de pão Siam-Util;
- Forno Siam-Util;
- Formas de alumínio para os testes de panificação com as seguintes dimensões:

  .Parte superior 14 X 6,8 cm

  .Parte inferior 13 X 5,5 cm

  .Altura 4,2 cm;
- Formas de alumínio para os testes em escala piloto com as seguintes dimensões:

  .Parte superior 21 X 8,5 cm

  .Parte inferior 20 X 7,5 cm

  .Altura 6 cm;
- Fatiadeira elétrica marca Imeca;

- Planímetro;
- Cronômetro;
- Paquímetro.

B. MÉTODOS EXPERIMENTAIS

1. Análises Químicas

a. Umidade

Determinada segundo o método da AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC) nº 44-15 (1969), usando um estágio, com o tempo de 1 hora a 130 °C.

b. Proteínas

Determinadas pelo método da AACC nº 46-11 (1969), aplicando o fator N X 5,7 para o cálculo da proteína total.

c. Gorduras

Pelo método de BLIGH & DYER (1959).

d. Fibras

Pelo método modificado de KAMER & VAN GINKEL (1952), que utiliza digestão em ácido nítrico e ácido tricloroacético em solução de ácido acético a 70%.

e. Cinzas

Segundo o método da AACC nº 08-01 (1969).

2. Testes Físicos e Químicos na Farinha

a. pH da Farinha

Conforme o método da AACC nº 02-52 (1969).

b. Teor de glúten

Segundo o do método da AACC nº 38-10 (1969).

c. Determinação da Atividade Diastática

A atividade de α-amilase da farinha de trigo foi determinada com auxílio do viscoamilógrafo Brabender, segundo o método nº 22-10 da AACC.

3. Absorção de Água e Propriedades de Mistura das Massas

Foram determinadas no farinógrafo Brabender, segundo o método da AACC 54-21, utilizando-se 300 gramas de farinha com 14% de umidade. Foi estudada a influência da adição de goma caragena, em níveis de 0,025 a 1%, nas características farinográficas da farinha de trigo. Os parâmetros determinados 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 (UF).

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 ou tempo de pico:

Tempo em minutos exigido 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 linha das 500 UF.

f. Índice de tolerância da massa (ITM):

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

g. Vinte minutos de queda (TMD):

Mudança na altura do centro da curva no pico ao centro da curva 20 minutos depois da primeira adição de água.

4. Determinação das Propriedades de Extensão das Massas

Foram determinadas no extensígrafo Brabender, utilizando-se 300 gramas de farinha com 14% de umidade e os seguintes ingredientes (com base no peso de farinha): sal, 2,0%; açúcar, 5,0%; fermento biológico, 3,0% e gordura vegetal hidrogenada, 3,0% ; acrescentando-se os seguintes aditivos: goma caragena (0; 0,01; 0,02 e 0,05%), lecitina de soja hidroxilada (LHS) (0; 0,2; 0,5 e 1%), ácido ascórbico (AA) (0; 45 e 90 ppm), conforme estabelecido nos 10 tratamentos apresentados na Tabela 1.

As massas foram preparadas no misturador do farinógrafo, segundo as condições pré-estabelecidas por EL-DASH (1978a). Nas massas com a adição da goma caragena foi feita a dissolução prévia da mesma em água. A lecitina foi adicionada juntamente com a gordura.

TABELA 1. Concentrações de aditivos utilizados nos estudos das propriedades de extensão, fermentação e cozimento das massas (quantidades com base no peso de farinha).

ADITIVOS	TRATAMENTOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Caragena (%)	0	0,01	0,02	0,05	0	0	0	0,02	0,02	0,02
Lecitina (%)	0	0	0	0	0,2	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5
Ácido Ascórbico (ppm)	45	45	45	45	45	45	45	0	45	90

As massas foram misturadas no farinógrafo, adicionando-se água suficiente para que a consistência de 500 UF fosse atingida. O tempo final de mistura foi determinado quando se observou uma queda na consistência da 10 UF. Após a mistura, foram cortados dois pedaços de massa (150 g), os quais foram arrendodados no boleador e moldados no modelador do extensígrafo. As massas moldadas foram a seguir colocadas em formas especiais e transportadas para cabines de fermentação a 30°C. O teste de extensão foi feito após 45, 90 e 135 minutos de fermentação.

Os parâmetros utilizados para análise do extensigrama foram:

a. Extensibilidade (E):

Comprimento do extensigrama em milímetros, que corresponde a uma extensão da massa equivalente ao seu comprimento original.

b. Resistência à extensão (R):

Medida obtida na curva a 50 mm após o início do teste, expressa em unidades extensigráficas (UE).

c. Resistência máxima (Rm):

Medida da altura máxima do extensigrama, em unidades extensigráficas.

d. Número proporcional (D):

Relação entre a resistência à extensão (R) e a extensibilidade (E).

e. Energia (A):

Área em cm^2 medida sob a curva com auxílio de planímetro.

f. Número de oxidação (O):

Número adimensional obtido pela fórmula:

$$O = \frac{A.\ E}{R}$$

5. Determinação das Características de Fermentação das Massas

As características de fermentação da massa foram determinadas no maturógrafo Brabender, conforme SEIBEL & CROMMENTUYN (1963).

Foram utilizados os mesmos ingredientes e aditivos apresentados na Tabela 1. As massas foram preparadas conforme as condições pré-estabelecidas por EL-DASH (1978b).

Foram avaliados os seguintes parâmetros:

a. Tempo de fermentação (TF):

Tempo necessário para a curva atingir o seu ponto máximo.

b. Estabilidade da massa ou tolerância à fermentação (E):

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

c. Elasticidade da massa (EM):

Comprimento da banda, medido em unidades maturográficas (UM), no pico máximo.

d. Nível da Massa (NM):

Valor, em unidades maturográficas (UM), obtido desde a linha base até o topo do pico máximo.

6. Determinação das Propriedades de Cozimento das Massas

As características de cozimento da massa foram avaliadas no *Oven Rise Recorder* Brabender, conforme descrito por SEIBEL & CROMMENTUYN (1963). Utilizou-se para esse teste 50 gramas de massa preparada conforme descrito no item 4. A massa (50 gramas) foi arredondada no boleador do extensígrafo, colocada cuidadosamente em cesta de arame apropriada e a seguir foi transportada para a cabine do maturógrafo. Após os tempos de fermentação (TF) das massas, obtidos pelo maturograma, serem atingidos, o cesto de arame foram imersos no banho de óleo do *Oven Rise Recorder*, iniciando-se o teste. A temperatura do óleo foi controlada para aumentar de 30 °C até 100 °C em 22 minutos.

Os parâmetros avaliados a partir da curva registrada no aparelho foram:

a. Volume da massa (volume inicial da massa) (VM):

Valor, em unidades *Oven Rise* (UOR), obtido no ponto onde se inicia a curva. Indica o volume da massa no início do cozimento;

b. Volume do pão (volume final da massa) (VP):

Valor, em UOR, obtido no ponto final da curva. Indica o volume da massa após 22 minutos de cozimento;

c. Variação total no volume da massa (*oven rise*) (OR):

Valor, em UOR, obtido pela diferença entre o volume do pão e o volume da massa. Indica a variação no volume da massa no período de cozimento;

d. Variação parcial no volume da massa (*final rise*) (FR):

Valor, em UOR, obtido pela diferença entre os volumes da massas a 11 e 22 minutos.

7. Avaliação da Qualidade Global dos Pães pelo Teste Instrumental de Panificação

a. Preparo dos Pães

Foi utilizado o teste instrumental de panificação descrito por EL-DASH (1978b). A formulação básica utilizada é apresentada na Tabela 2.

TABELA 2. Ingredientes e respectivas proporções utilizadas na formulação básica das massas nos testes instrumentais de panificação

INGREDIENTES	NÍVEL DE ADIÇÃO (%)
Farinha	100
Sal	2
Açúcar	6
Levedura	3
Gordura vegetal hidrogenada	3

As porcentagens dos aditivos aplicados são mostradas na Tabela 3 e a incorporação destes e dos ingredientes foi feita conforme descrito no item 4.

Imediatamente após a mistura, as massas foram divididas em dois pedaços de 150 gramas, arredondadas e moldadas nas unidades boleadora e modeladora do extensígrafo. A seguir, as

TABELA 3. Concentrações de aditivos utilizados nos estudos da qualidade global pelo teste instrumental de panificação.

MASSA	ADITIVOS							
	GUAR (%)	XANTANA (%)	CARAGENA (%)	LHS (%)	SSL (%)	AA (ppm)	BROMATO (ppm)	AZO (ppm)
2	0,15							
3		0,15						
4			0,15					
5			0,02	0,5				
6			0,02	0,5		45		
7			0,02	0,5			22,5	
8			0,02	0,5				22,5
9			0,02		0,5			
10			0,02		0,5	45		
11			0,02		0,25	45		
12			0,02	0,5		45		

LHS - Lecitina hidroxilada de soja, SSL - Estearoil 2-lactil lactato de sódio, AA - ácido ascórbico, AZO - Azodicarbonamida

massas já modeladas, foram colocadas em formas de alumínio e transportadas para a cabine de fermentação do extensígrafo, mantida a 30 °C e 85% de umidade relativa, pelo tempo de fermentação de 90 minutos.

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

b. Avaliação da Qualidade do Pão

A qualidade do pão foi avaliada por notas atribuídas ao volume específico (cm^3/g X 3,33), às características externas e internas, ao aroma e ao gosto. Determinou-se os volumes dos pães após o resfriamento, pelo método de deslocamento de sementes de painço, em um recipiente de volume previamente conhecido. A um pão com 6,0 cm^3/g foi dado 20 pontos, valor esse resultante do produto do volume específico (6,0) por 3,33.

Além da determinação do volume, fez-se a avaliação das outras características externas do pão, em um total de 20 pontos, subdivididas em cor da crosta (10 pontos), quebra (5 pontos) e simetria (5 pontos). As características internas, totalizando 35 pontos, foram subdivididas em: característica da crosta (5 pontos), cor do miolo (10 pontos), estrutura da célula do miolo (10 pontos) e textura do miolo (10 pontos). Ao aroma e ao gosto foram atribuídos 25 pontos, sendo o aroma responsável por 10 pontos e o gosto por 15 pontos. A nota máxima, incluindo aquela obtida pelo volume, somou 100 pontos.

Foi adotada a seguinte classificação de qualidade do pão em função do total de pontos (CAMARGO & CAMARGO, 1987):

TOTAL DE PONTOS	QUALIDADE DO PÃO
<70	Sofrível
70-80	Regular
80-90	Boa
>90	Muito boa

8. Avaliação Sensorial e Instrumental da Vida Útil dos Pães

A vida útil dos pães foi avaliada por testes sensoriais e instrumentais. A determinação sensorial foi realizada por meio do teste de percepção sensorial (TPS) e do teste com alguns atributos de perfil de textura (APT). Os testes instrumentais para avaliação da vida útil dos pães foram realizados no *Ottwa Texture Measuring Machine* (OTMS), registrando-se a deformação (força X tempo).

A avaliação da vida útil foi feita em pães tipo fôrma preparados em escala piloto pelo processo *Chorleywood*.

a. Produção de Pão

Foram produzidos pães tipo fôrma pelo processo *Chorleywood*, onde é feito o desenvolvimento mecânico da massa (ELTON, 1965) em misturadeira de alta-rotação tipo *Tweedy*, com 420 rpm. Foram usadas massas com duas formulações: padrão e aditivada,

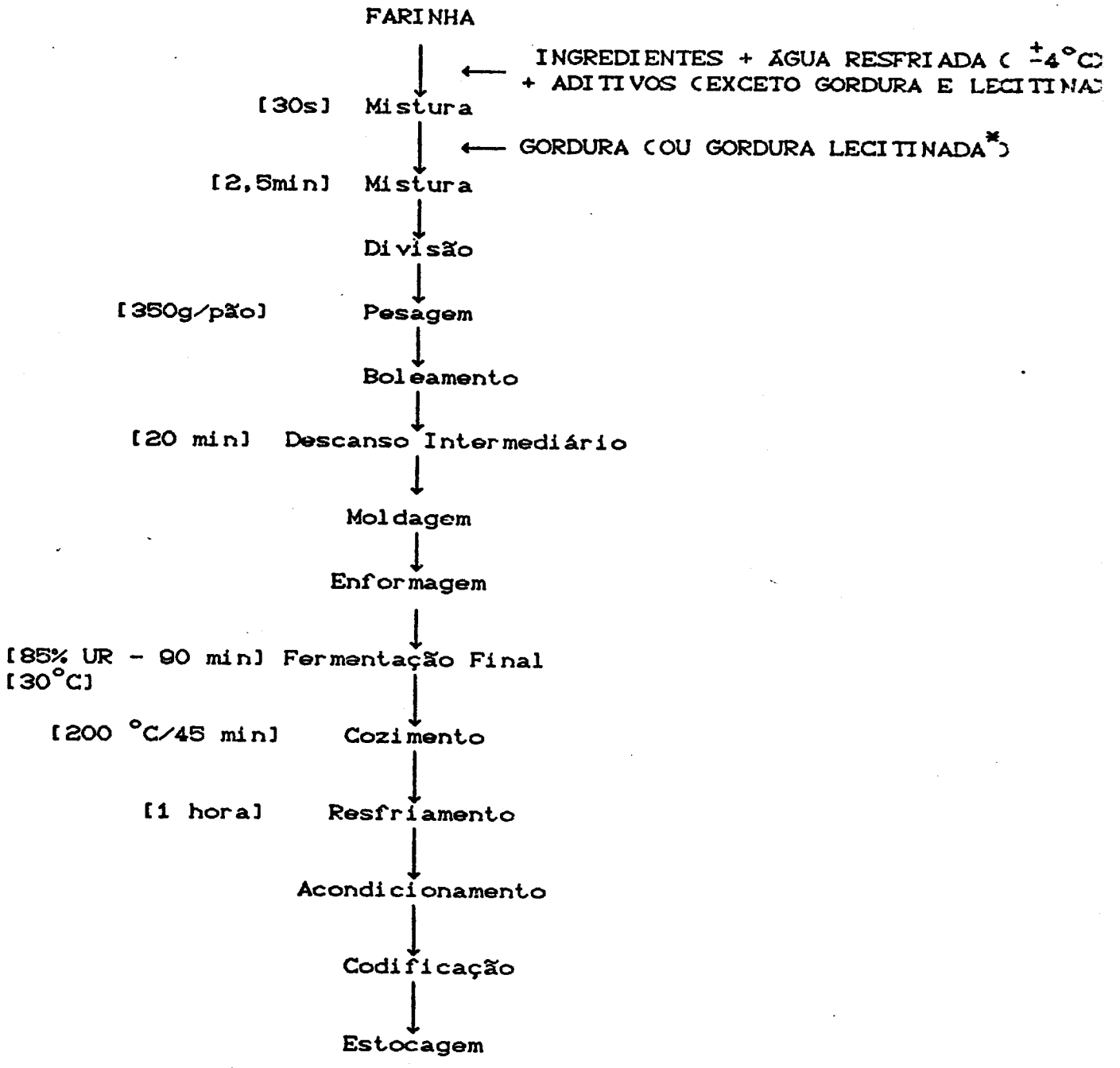
conforme apresentado a seguir:

	FORMULAÇÃO PADRÃO	FORMULAÇÃO ADITIVADA
Farinha do tipo comum*	100 %	100%
Água	59,6%	58,6%
Sal	2 %	2%
Açúcar	2 %	2%
Levedura	3 %	3%
Gordura	3 %	3%
Propionato de cálcio **	0,3 %	0,3%
Acido ascórbico	45 ppm	45 ppm
Lecitina	----	0,5 %
Goma caragena	----	0,02 %

* Base 14% de umidade

** O proprionato de cálcio foi adicionado para inibir o crescimento de mofos

Os pães foram elaborados conforme o fluxograma abaixo:



* A lecitina foi previamente misturada com a gordura vegetal hidrogenada, fundida em banho-maria. Após completa fusão da gordura e incorporação da lecitina, fez-se a solidificação da gordura lecitinada, em banho com gelo.

Foi feita a dispersão dos ingredientes (sal, açúcar, levedura, propionato, ácido ascórbico e caragena) em parte da água resfriada a 4 °C, antes da incorporação à farinha na masseira.

Foi, então, realizada a primeira mistura por 30 segundos, seguida da adição da gordura e da segunda mistura, num tempo total de 3 minutos. Esse tempo correspondeu ao completo desenvolvimento do glúten, confirmado pela observação de um um filme da massa, que se apresentou liso, elástico e com brilho sedoso. Esse filme é formado ao se esticar cuidadosamente um pedaço de massa com os dedos.

A divisão e a pesagem das massas (350 gramas) foram realizadas manualmente assim como o boleamento das mesmas. A moldagem após 20 minutos de descanso foi feita na unidade modeladora; as massas moldadas foram, então, colocadas em formas previamente untadas com gordura vegetal hidrogenada e a seguir, foram levadas até a câmara de fermentação mantidas a 30 °C e 85% de umidade relativa, durante 90 minutos. Depois de fermentadas, as massas foram transportadas para o forno por carrinho de descarga automático.

O tempo e temperatura de cozimento foram de 45 minutos e 200 °C, respectivamente. Após o cozimento, os pães foram retirados das formas e deixados resfriar para, então, serem embalados em sacos de polietileno.

Foram feitos pães com e sem aditivo em 22 bateladas de 5 kg cada, durante 12 dias consecutivos, ficando estocados em prateleiras, em uma sala com temperatura ao redor de 30 °C.

b. Testes Sensoriais

A determinação sensorial da vida útil dos pães foi realizada através dos Testes de Percepção Sensorial (TPS) e de testes com alguns atributos da Análise de Perfil de Textura (APT).

O TPS é o método oficial da AACC para determinação do envelhecimento de pães (método nº74-30). Essa metodologia avalia uma soma de fatores que medem o envelhecimento global do pão, incluindo a aparência, a sensação pelo tato da crosta e do miolo, o sabor, a sensação na boca, a firmeza, o aroma e a mudança de textura ou qualquer outro fator que o membro da equipe sensorial considere importante nessa avaliação. Neste teste foi solicitado aos provadores que julgassem o frescor dos pães em uma escala com variações entre "muito velho" e "muito fresco". Foi também usada para determinação do envelhecimento dos pães a Análise de alguns atributos de Perfil de Textura (APT), que avalia separadamente a maciez pelo tato, a coesividade e a mastigabilidade, conforme descrito por STOLLMAN & LUNDGREN (1987). A maciez pelo tato foi avaliada pressionando-se uma fatia de pão com três dedos do topo para baixo e sustentando-se a parte inferior da fatia com o polegar. Para determinação da coesividade foi pedido ao provador que fizesse uma bolinha com o miolo do pão, julgando-o esfarelento ou coeso. O grau de dificuldade de se fazer a referida bolinha é inversamente proporcional à coesividade. A mastigabilidade foi avaliada pelo número de mastigadas necessárias até que a fatia estivesse pronta para ser ingerida.

i. Treinamento e Seleção da Equipe Sensorial

O treinamento e a seleção da equipe sensorial foram feitos conforme o método da AACC nº 74-30 e teve como objetivo ajustar o grupo de provadores quanto ao julgamento amostras. A fim de julgar o envelhecimento do pão, discutiu-se as percepções sensoriais envolvidas (o tato, o aroma e o sabor) para depois, então, testar-se as amostras de pães com diversos dias de estocagem.

Após o treinamento e seleção da equipe de provadores utilizando-se a ficha apresentada na Figura 3 foram feitos os testes nas amostras de pães com diferentes dias de estocagem. Solicitou-se que cada provador assinalasse, com um traço vertical, o ponto que melhor correspondesse à sua sensação de frescor, usando uma escala não estruturada de 9 centímetros.

A seleção dos provadores foi feita com base no valor de F, calculado dividindo-se a variância entre as amostras pela variância dentro das amostras. Os provadores escolhidos foram aqueles que apresentaram valor de F calculado maior do que F tabelado, a nível de 5% de significância.

ii. Análise Sensorial por TPS e APT

Com a equipe previamente selecionada, fez-se novo treinamento com os objetivos de instruir os provadores na avaliação dos atributos de perfil de textura APT (maciez, coesividade e mastigabilidade) e de familiarizá-los com a nova ficha contendo ao mesmo tempo o TPS e o APT (Figura 4). Os pães foram cortados em fatias de 12 mm, divididas ao meio no sentido

ANÁLISE SENSORIAL DE PÃO DE FORMA

Nome.....

Dia ...../.....

****

Começando da esquerda para a direita, pegue uma fatia de pão e, após apertar o centro com os dedos, cheirar e mastigar, julgue o pão quanto ao seu envelhecimento, assinalando o ponto correspondente na escala abaixo.

Observação: O pão quando envelhecido torna-se endurecido, adquire um aroma não tão agradável e, na boca, parece seco e esfarelento.

****

AMOSTRA Nº .....

MUITO VELHO ——————————————— MUITO FRESCO

.....

AMOSTRA Nº .....

MUITO VELHO ——————————————— MUITO FRESCO

.....

AMOSTRA Nº .....

MUITO VELHO ——————————————— MUITO FRESCO

.....

AMOSTRA Nº .....

MUITO VELHO ——————————————— MUITO FRESCO

****

FIGURA 3. Ficha utilizada para treinamento e seleção da equipe sensorial.

ANÁLISE SENSORIAL DE PÃO DE FORMA

Nome:.....

Dia:.../.../...

****

-Pegue meia fatia de pão e após apertar o centro com os dedos, cheirar e mastigar, julgue o pão quanto ao seu envelhecimento assinalando o ponto correspondente na escala abaixo. Observação: o pão quando envelhecido torna-se endurecido, adquire um aroma menos agrável e, na boca, parece seco e esfarelento.

****

FRESCOR

AMOSTRA Nº.....

MUITO VELHO_____MUITO FRESCO

AMOSTRA Nº.....

MUITO VELHO_____MUITO FRESCO

****

-Pegue outra meia fatia de pão com os dedos polegar e indicador e assinale o ponto correspondente à sua sensação quanto à maciez do pão

****

MACIEZ (TATO)

AMOSTRA Nº.....

DURO_____MACIO

AMOSTRA Nº.....

DURO_____MACIO

****

-Tente fazer uma bolinha com o miolo na mão e julgue o pão quanto à sua coesividade

****

COESIVIDADE

AMOSTRA Nº.....

ESFARELENTO _____COESO

AMOSTRA Nº.....

ESFARELENTO _____COESO

****

-Mastigue um quarto de fatia e conte as mastigadas até que o pão esteja pronto para ser engolido. Relate o número de mastigadas (1 mastigada por segundo)

****

MASTIGABILIDADE

AMOSTRA Nº.....

NÚMERO DE MASTIGADAS: _____

AMOSTRA Nº.....

NÚMERO DE MASTIGADAS: _____

****

COMENTÁRIOS:.....

FIGURA 4. Ficha utilizada na análise sensorial dos pães (TPS e APT).

vertical, sendo apresentadas aos provadores duas amostras escolhidas ao acaso, sorteadas antes do experimento.

iii. **Análise Estatística**

Os resultados dos testes sensoriais (TPS e APT) foram submetidos à Análise de Variância por Blocos Aleatorizados Completos (GACULA & SINGH, 1984) para pães com e sem aditivos, com relação ao frescor (TPS) e aos atributos de Análise de Perfil de Textura (coesividade, maciez e mastigabilidade), para os mesmos dias de estocagem. Havendo diferenças significativas entre amostras, foi aplicado o teste de média pelo método de Tukey (GACULA & SINGH, 1984), para se verificar entre quais dias encontrava-se a diferença.

iv. **Determinação da Vida Útil dos Pães: Medidas do Frescor, Maciez, Coesividade e Mastigabilidade**

A perda de qualidade dos pães foi determinada graficando-se os resultados obtidos pelos testes sensoriais relativos ao frescor, maciez, coesividade e mastigabilidade em função do tempo de armazenamento; as notas dos parâmetros avaliados variaram de 1 a 10, e o fim da vida útil dos pães foi fixado no tempo relativo à nota 5, correspondente ao limite de aceitabilidade.

c. Teste Instrumental

A avaliação instrumental da qualidade dos pães durante a estocagem foi feita por meio de testes de compressibilidade no equipamento *Ottawa Texture Measuring System* (OTMS) (TIMBERS *et al.*, 1985), composto de uma prensa ligada a um sistema eletrônico de medição acoplado a um registrador. A força transferida ao eixo do êmbolo na compressão da amostra é transformada em tensão elétrica que é convertida em um sinal. Após a devida calibração do sistema de medição é obtido o registro da força versus o tempo ou a deformação.

i. Testes Preliminares de Compressibilidade

Os pães, escolhidos ao acaso, foram cortados em fatias de 12 mm. em fatiadeira elétrica e, imediatamente, reembalados até o momento do teste de compressibilidade.

Antes do ensaio descartou-se duas fatias de cada extremidade do pão. Em seguida colocou-se, sob o êmbolo do aparelho, duas fatias retiradas do meio do pão fatiado (Figura 5a), ligando-se, simultaneamente, a prensa e o registrador. As fatias foram comprimidas até 80% da altura inicial, (Figura 5b), quando ocorreu a parada automática da prensa. Após exatamente 60 segundos a amostra foi aliviada, levantando-se o êmbolo até leitura zero do registrador digital (alívio total da amostra). Imediatamente fez-se, então, o segundo ciclo do teste, submetendo-se a amostra à nova compressão até a altura da primeira, porém, desta vez, foi feito o alívio imediato da amostra.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

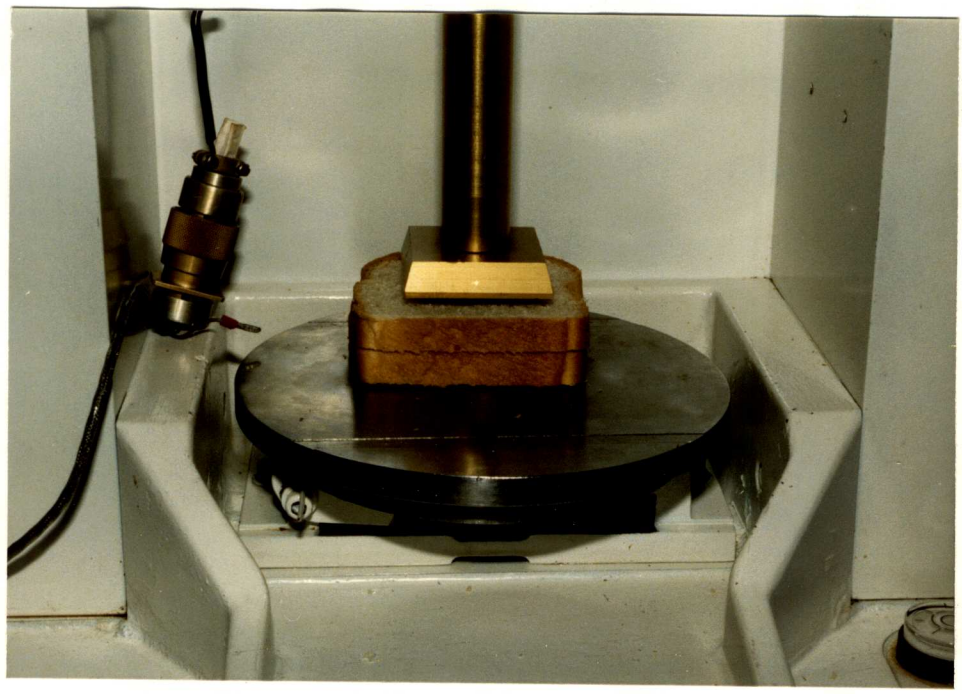


FIGURA 5. Detalhe do ensaio de compressibilidade, feito com duas fatias de pão. a) amostra do pão antes da compressão; b) amostra submetida a 80% de compressão, desde a altura inicial.

Foram utilizados para esses testes o penetrador de forma quadrada, com área de 30 cm^2 e a célula de carga de 50 kgf. A velocidade do cabeçote de compressão foi de 100 mm/min e a velocidade da carta de 100 mm/min.

Testou-se pães com 1, 12 e 13 dias de armazenamento, com e sem aditivos, conforme as formulações descritas no item 8.a.. Os ensaios foram realizados em 10 replicatas.

A partir de curvas obtidas, ilustradas na Figura 6, foram avaliados os seguintes parâmetros:

- força para 25% de compressão (F_1)
- força para 50% de compressão (F_2)
- tangente na primeira fase linear da curva (Tg I)
- tangente na segunda fase linear da curva (Tg II)
- área 1 (A_1) - área sob a curva na primeira compressão (80%)
- área 2 (A_2) - área sob a curva na segunda compressão
- dureza 1 (D_1) - Força máxima na primeira compressão (80%)
- dureza 2 (D_2) - Força máxima na segunda compressão

O início da compressão (tempo e força zero) foi considerado o ponto onde a tangente à curva (na primeira parte linear) intercepta o eixo de compressão (ver Figura 6). Esse procedimento visou eliminar o efeito produzido pelas superfícies não paralelas entre a base do penetrador e o pão, conforme sugerido por WALKER *et al.* (1987).

Obteve-se F_1, F_2, TgI e TgII conforme o método de BAKER & PONTE (1987); A_1 e A_2 conforme sugerido por STOLLMAN & LUNDGREN (1987) e D_1 e D_2 conforme o método utilizado por BRADY & MAYER (1985).

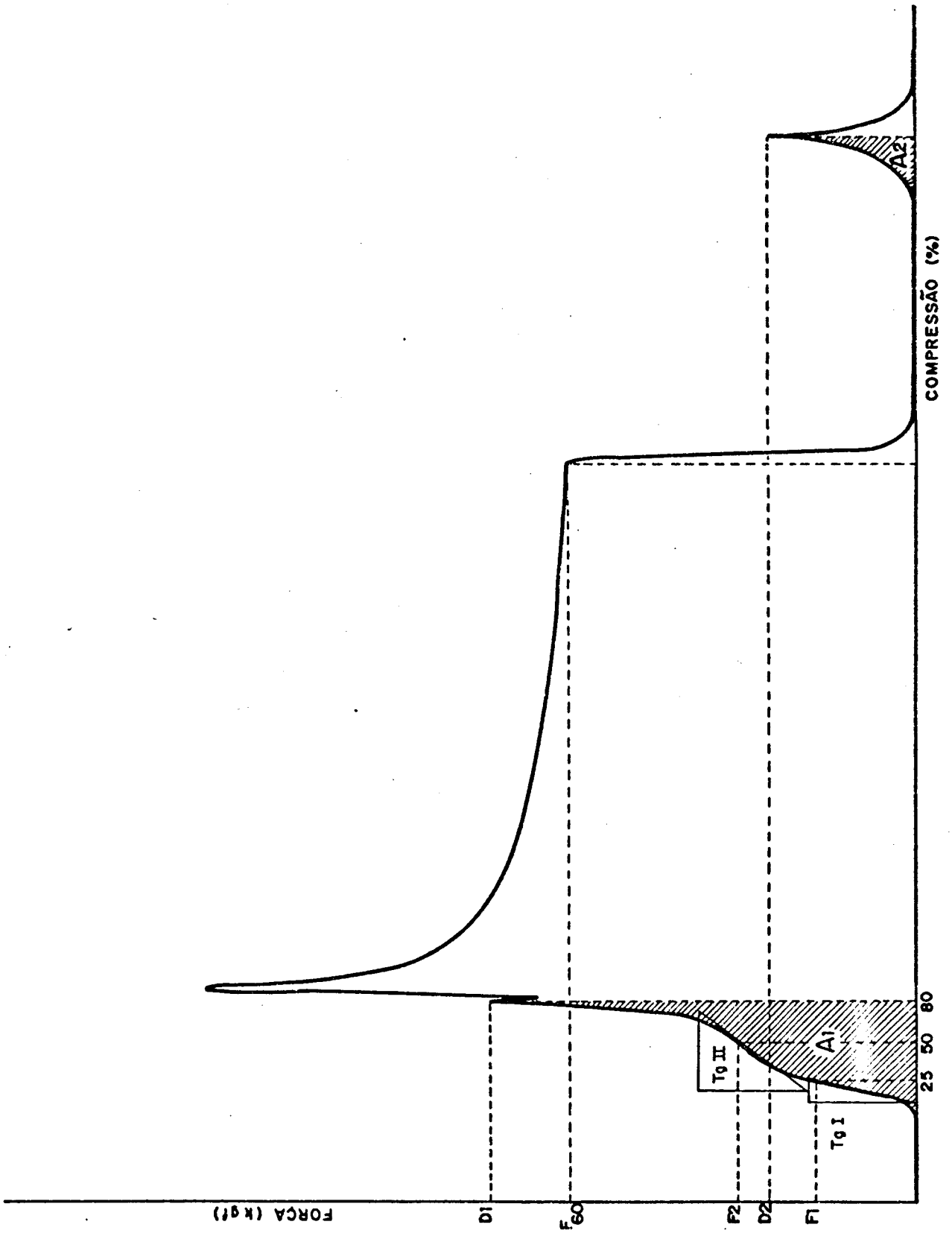


FIGURA 6 - Exemplo de curva obtida no OTMS com os parâmetros de calibração definidos.

Apesar de serem determinados nas curvas os 8 parâmetros acima citados, foram analisados estatisticamente os resultados de F_1, F_2, TgI e TgII, obtidos para cada amostra, conforme o item 8.b.*iii*..

ii. Influência dos Aditivos na Compressibilidade

Avaliou-se a compressibilidade dos pães com e sem aditivos armazenados por um período de 12 dias, ensaiando-se diariamente (com excessão do sétimo dia) a compressão de duas fatias justapostas, totalizando desta forma 24 milímetros de espessura, sendo feita 10 repetições do teste, para cada tratamento. Os parâmetros de calibragem foram os mesmos descritos no item c.*i*. retro mencionados.

Além dos parâmetros avaliados anteriormente (F_1, F_2, TgI Tg II, A_1, A_2, D_1 e D_2), também foi feito o levantamento de F_∞, que corresponde à força registrada após 60 segundos de relaxamento da primeira compressão do pão.

As áreas das curvas obtidas foram medidas com o auxílio de um planímetro e expressas em cm^2.

d. Correlação do Parâmetros Sensoriais e Instrumental.

A qualidade dos pães durante a estocagem medida por parâmetros sensoriais (TPS e APT) foi correlacionada com as medidas obtidas por testes instrumentais (OTMS).

9. Levantamento de Modelos Para Associação dos Parâmetros Sensoriais e Instrumentais

A relação entre as medidas sensoriais (S) e as medidas instrumentais (I) foi representada por expressões do tipo:

$$S = f(I)$$

utilizando-se o Programa Computacional para Ajuste de Equações em Dados Experimentais, elaborado por ZULLO & ARRUDA (1982).

Os critérios para escolha do modelo matemático que melhor expressasse a relação acima são descritos a seguir:

- Exponencial ($S = A\ e^{(BI)}$) onde A e B são constantes, conforme indicado por BASHFORD & HARTUNG (1976);
- Alométrico linear ($S = A(I^B)$), conforme indicado por MOSKOWITZ (1981);
- Quadrático ($S = A + BI + CI^2$), também utilizado por BASHFORD & HARTUNG (1976).

Além desses modelos, os pontos foram ajustados à função exponencial quadrática ($S = A\ e^{(BI+CI^2)}$) e a funções decrescentes que, no intervalo estudado, não tendem à uma assíntota no eixo das ordenadas (S) no primeiro quadrante, ou seja, as funções apresentam uma queda contínua no parâmetro sensorial conforme o parâmetro instrumental aumenta: recíproca ($S = e^{-B/I}$) e hiperbólica retangular ($S = 1/(A + BI)$).

Os ajustes foram realizados entre as seguintes variáveis:

F_1 X Frescor, F_2 X Frescor, D_1 X Frescor, D_2 X Frescor, TgI X Frescor, Tg II X Frescor, A_2/A_1 X Coesividade, F_1 X Coesividade, F_2 X Coesividade, Elasticidade X Maciez, F_1 X Maciez, F_2 X Maciez.

Depois de efetuado os ajustes, fez-se a escolha dos dois modelos, dentre os postulados, de acordo com os três seguintes critérios, em ordem decrescente de prioridade: menor soma dos quadrados médios de resíduos; menor grau de liberdade do ajuste e maior valor de F calculado.

10. Estudo do Modo e da Cinética de Envelhecimento dos Pães pela Teoria de Avrami

Os dados obtidos em 8.c.*ii* foram submetidos ao estudo do modo e da cinética de retrogradação dos pães, segundo a teoria de Avrami, aplicada ao estudo do envelhecimento de pães (KIM & D'APPOLONIA,1977; CORNFORD,1964).

Segundo a teoria de Avrami,

$$\theta = e^{(-Kt^n)}$$

onde θ é a fração de material não cristalizado restante após o tempo t; K é a constante de velocidade e n é o expoente de Avrami, que indica o modo de nucleação das moléculas. θ pode ser calculado da seguinte maneira:

$$\theta = \frac{El - Et}{El - Eo} = e^{(-Kt^n)} \qquad (1)$$

$$\ln \left[\frac{El - Et}{El - Eo}\right] = -Kt^n \qquad (2)$$

$$\log \left[-\ln \left[\frac{El - Et}{El - Eo}\right]\right] = n \log t + \log K \qquad (3)$$

Onde El é o módulo de elasticidade medido após um tempo infinito, e determinado por extrapolação na curva do módulo de elasticidade versus o tempo (CIACCO & FERNANDES, 1979; GERMANI *et al.*, 1983). El e Eo são os módulos de elasticidade medidos no tempo t e no tempo zero (dias).

Se

$$E = \frac{F/A}{e/L},$$

onde F é a força aplicada, A é a área do êmbolo de compressão, e é a compressão exercida sobre a fatia de pão e L é a espessura inicial das fatias,

e se A é constante → $A = K_1$

e se e é constante → $e = K_2$

e se L é constante → $L = K_3$

$$\therefore \quad E = \frac{K_3}{K_1 K_2} F$$

Chamando-se $\frac{K_3}{K_1 K_2} = K$

Tem-se $E = KF$

onde K é uma constante.

Considerando-se o pão um material perfeitamente elástico, fez-se o estudo de Avrami com F_1 e F_2 (força para 25 e 50% de compressão).

Plotou-se $\log \left[-\ln \left[\frac{Fl - Ft}{Fl - Fo}\right]\right]$ contra log t, de onde se obteve o expoente de Avrami pelo coeficiente angular da reta (equação 3). A seguir, caso $n \tilde{=} 1$, plotou-se ln (Fl - Ft) contra t e obteve-se a constante de velocidade K pelo coeficiente angular da reta (equação 2). O inverso de K é a constante de tempo que indica o tempo necessário para que todo o amido do pão esteja cristalizado.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O efeito da adição de lecitina hidroxilada de soja e de goma caragena em pães foi avaliado em uma mistura de farinhas de trigo comerciais (especial e comum), em proporções iguais (1:1), provenientes da moagem de trigo nacional. Estudou-se o efeito da ação desses aditivos nas propriedades de mistura, extensão, fermentação e cozimento das massas. Em seguida, foi determinada a qualidade dos pães com esses aditivos durante o armazenamento. A qualidade global do pão foi avaliada pelo teste instrumental de panificação e por análises sensoriais (ATP e TPS) e instrumental (OTMS).

A. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DA FARINHA

A composição química, pH, teor de glúten e atividade diastática da farinha de trigo encontram-se na Tabela 4.

O teor de proteína da farinha foi classificado como médio, e o conteúdo de cinzas se encontra dentro dos limites estabelecidos para uma farinha comercial destinada à panificação, com extração de aproximadamente 78%. O valor do pH foi satisfatório, porém o teor de glútem seco foi ligeiramente superior aos citados na literatura. A atividade diastática indicou a presença de quantidades adequadas de enzimas amilolíticas na farinha, considerando seu uso na produção de pão.

Pelos resultados obtidos na caracterização física e

TABELA 4. Características físicas e químicas da farinha.

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Carboidratos	72,61%
Proteína	12,59%
Umidade	12,27%
Lipídeos	1,62%
Cinzas	0,46%
Fibra bruta	0,45%
Glúten seco	16,1%
Atividade diastática	780 U.V.
pH	5,8

U.V. - Unidades viscoamilográficas

química, a farinha foi considerada adequada para uso nos testes desenvolvidos no presente trabalho.

B. EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE GOMA CARAGENA NAS PROPRIEDADES DE MISTURA DA FARINHA DE TRIGO

As propriedades farinográficas da farinha de trigo com e sem goma caragena são apresentadas na Tabela 5. A análise dos parâmetros revelaram que a farinha de trigo usada tem força média-fraca.

Foi observado que a adição da goma caragena, a nível de 0,15%, provocou o aumento da estabilidade à mistura da massa em relação à farinha de trigo sem a goma indicando um fortalecimento da mesma. Os valores de TMD e ITM obtidos confirmam esse comportamento. Teores acima de 0,15% prejudicaram reologicamente a massa, uma vez que diminuíram os resultados da estabilidade e aumentaram os de ITM. Os valores de absorção de água praticamente não se alteraram, em teores de goma de 0 a 0,30%; entretanto teores superiores a 0,30% provocaram um aumento gradual na absorção de água. Resultados similares, com relação ao fortalecimento da massa na presença de goma caragena, foram apresentados por GLABE & JETERSON (1968).

:BELA 5. Características farinográficas da farinha de trigo com e

'm goma caragena.

:RA- :NA		ABSORÇÃO DE ÁGUA	TEMPO DE CHEGADA	TEMPO DE DESENVOL- VIMENTO	ESTABI- LIDADE	TEMPO DE SAÍDA	ITM	TMD
ɔ		(%)	← MINUTOS →				U.F.(1)	U.F.(1)
	(4)	57,7	2,1	4,5	6,8	8,6	40	97
025	(2)	58,7	2,8	5,7	5,6	8,3	63	103
05	(2)	57,5	2,4	5,0	6,4	8,8	45	85
10	(3)	56,9	2,1	3,9	6,7	8,8	38	97
15	(2)	57,4	1,6	4,3	8,5	10,1	35	70
20	(3)	56,9	1,9	3,1	5,8	7,8	33	97
30	(3)	57,4	1,4	2,8	4,6	6,0	50	103
40		58,3	1,5	2,3	4,0	5,5	70	120
50		58,7	1,3	1,8	4,0	6,0	60	100
00		62,6	1,5	3,0	2,8	4,5	90	160

M - Índice de tolerância à mistura; TMD - Vinte minutos de queda

)
U.F. = Unidades farinográficas

)média de 2 determinações

)média de 3 determinações

)média de 4 determinações

C. EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES TEORES DE ÁCIDO ASCÓRBICO NAS PROPRIEDADES DE EXTENSÃO, FERMENTAÇÃO E COZIMENTO DE MASSAS COM CARAGENA E LECITINA HIDROXILADA DE SOJA

Para se estudar o efeito da adição de ácido ascórbico nas propriedades de extensão, fermentação e cozimento das massas com caragena e lecitina hidroxilada de soja, foram preparadas massas conforme os tratamentos 1,8,9 e 10 apresentados na Tabela 1.

Os parâmetros reológicos, determinados pelo Maturógrafo e *Oven-Rise Recorder*, juntamente com o Extensógrafo e Farinógrafo, permitiram uma avaliação mais precisa do potencial de panificação da farinha com e sem aditivos.

O maturograma permite avaliar o comportamento das massas durante a fermentação, na presença dos ingredientes e aditivos, usados nas formulação das mesma, principalmente no que diz respeito à capacidade de retenção de gás. O *Oven-Rise Recorder* registrou as variações ocorridas no volume da massa durante o cozimento, permitindo desta forma comparar os efeitos dos aditivos na massa. Esses testes possuem controle preciso de temperatura, o que os tornam confiáveis e reprodutivos. As propriedades de extensão, fermentação e cozimento das massas em estudo podem ser visualizadas nas Tabelas 6, 7 e 8, respectivamente.

Comparando-se os parâmetros extensográficos (Tabela 6) obtidos nos mesmos tempos de descanso, verifica-se que a adição de 45 ppm de ácido ascórbico propiciou o aumento da resistência à extensão e da resistência máxima, em relação à massa sem ácido ascórbico. Aumentando-se o teor de ácido ascórbico para 90 ppm, não se verificou variações marcantes nessas propriedades de

TABELA 6. Efeito do teor de ácido ascórbico (0, 45 e 90 ppm) nas propriedades de extensibilidade de massas contendo 0,02% de caragena e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e da massa padrão (sem lecitina hidroxilada de soja e caragena), nos tempos de descanso de 45, 90 e 135 minutos.

PARÂMETROS EXTENSOGRÁFICOS	NÍVEIS DE ÁCIDO ASCÓRBICO (ppm)											
	0			45			90			45	sem goma sem LHS	
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135
E (mm)	141	101	91	120	91	76	118	93	72	141	84	58
R (UE)	390	610	635	540	755	660	530	793	615	410	770	610
Rm (UE)	534	645	645	710	763	665	738	800	655	560	775	620
D	2,8	6,0	7,0	4,5	8,3	8,7	4,8	9,9	8,6	2,9	9,2	10,6
A (cm^2)	91	80	71	96	73	59	101	72	54	96	78	46
O	32,9	13,2	10,2	21,3	8,8	6,8	22,5	7,3	6,3	32,8	8,5	4,3

E - Extensibilidade, R - Resistência à extensão, Rm - Resistência máxima, D - Número proporcional, A - Energia, O - Número de oxidação

TABELA 7. Efeito do teor de ácido ascórbico (0, 45 e 90 ppm) nas propriedades de fermentação de massas contendo 0,02% de caragena e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja.

PARÂMETROS	NÍVEIS DE ÁCIDO ASCÓRBICO (ppm)		
MATUROGRÁFICOS	0	45	90
TF (min)	77	87	101
EF (min)	7	9	17
EM (UM)	240	240	240
NM (UM)	770	1033	1060

TF - Tempo de fermentação, EF - Estabilidade da massa ou Tolerância à fermentação, EM - Elasticidade da massa, NM - Nível da massa

TABELA 8. Efeito do teor de ácido ascórbico (0, 45 e 90 ppm) nas propriedades de cozimento da massa, com teor de 0,02% de caragena e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja.

PARAMETROS DE COZIMENTO (OVEN RISE)	NÍVEIS DE ÁCIDO ASCÓRBICO (ppm)		
	0	45	90
VM (UOR)	335	450	430
VP (UOR)	685	800	795
OR (UOR)	330	350	365
FR (UOR)	105	125	120

VM - Volume da massa, VP - Volume do pão, OR - Variação total do volume da massa, FR - Variação parcial do volume da massa

extensão. Os valores do número de oxidação da massa com níveis de 45 e 90 ppm de ácido ascórbico, no tempo de descanso de 45 minutos, foram próximos, indicando desta forma não haver necessidade de se adicionar a massa, níveis superiores a 45 ppm de ácido ascórbico.

Comparando-se os valores de extensibilidade da massa preparada com 0,02% de caragena, 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e 45 ppm de ácido ascórbico com os da massa padrão (sem lecitina hidroxilada de soja, sem caragena e com 45 ppm de ácido ascórbico) verificou-se que a presença de lecitina hidroxilada de soja e caragena fortaleceu a massa em praticamente todos os tempos de descanso, o que foi mostrado pelos maiores valores da resistência máxima e extensão da massa com esses dois aditivos.

Com relação às propriedades de fermentação (Tabela 7), verificou-se que a adição de 45 e 90 ppm de ácido ascórbico aumentou o tempo final de fermentação em relação à massa sem a vitamina C, o que indicou o fortalecimento da rede de glúten, provavelmente devido à formação de pontes dissulfídicas. Nas moléculas de proteína o valor do nível da massa também aumentou com a adição de 45 ppm de ácido ascórbico em relação à massa sem oxidante, mantendo-se praticamente o mesmo valor com a adição de 90 ppm.

A mesma tendência acima descrita foi observada com relação às propriedades de cozimento da massa (Tabela 8). Houve um aumento do volume da massa e do pão de 125 e 115 UOR, respectivamente, com adição de 45 ppm de ácido ascórbico em relação à massa sem oxidante. O uso de 90 ppm de ácido ascórbico resultou praticamente no mesmo aumento. Com base nos resultados

obtidos com os testes reológicos ficou evidenciado o efeito melhorador com a adição de ácido ascórbico na massa no nível de 45 ppm, efeito similar ao obtido com adição de 90 ppm. Desse modo, foi estabelecida a adição de 45 ppm de ácido ascórbico nas massas, para os estudos posteriores relativos à vida de prateleira dos pães.

D. EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES TEORES DE CARAGENA NAS PROPRIEDADES DE EXTENSÃO, FERMENTAÇÃO E COZIMENTO DA MASSA

As propriedades de extensão, fermentação e cozimento das massas com 0; 0,01; 0,02 e 0,05% (conforme os tratamentos 1,2,3 e 4 da Tabela 1) de caragena podem ser visualizadas nas Tabelas 9, 10 e 11, respectivamente.

A adição de quantidades crescentes de caragena até 0,02% na presença de 45 ppm de ácido ascórbico propiciou um aumento nos valores das propriedades de extensão das massas (resistência à extensão, resistência máxima e número proporcional), quando comparados nos mesmos tempos de descanso (Tabela 9).

A Tabela 10 apresenta as propriedades de fermentação das massas preparadas com 0, 0,01, 0,02 e 0,05% de caragena. Observou-se que níveis de adição até 0,02% foram benéficas às massas, possibilitando um aumento nos tempos de fermentação e de estabilidade, elasticidade e nível da massa.

Os resultados das propriedades de cozimento encontram-se na Tabela 11. O volume do pão, variação total do volume da massa (*oven rise*) e variação parcial do volume da massa aumentaram com o uso da caragena em relação às massas sem adição da goma.

TABELA 9. Efeito do teor de caragena (0, 0,01, 0,02 e 0,05%) nas propriedades de extensibilidade das massas preparadas com 45 ppm de ácido ascórbico, nos tempos de descanso de 45, 90 e 135 minutos.

PARÂMETROS EXTENSOGRÁFICOS	NÍVEIS DE CARAGENA (%)											
	0			0,01			0,02			0,05		
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135
E (mm)	141	84	58	110	82	73	118	81	81	121	86	76
R (UE)	410	770	610	660	890	650	615	795	660	490	785	615
Rm (UE)	560	775	620	815	900	665	805	800	665	640	800	635
D	2,9	9,2	10,6	6,0	10,9	8,9	5,2	9,8	8,2	4,0	9,1	8,1
A (cm^2)	98	78	46	103	79	55	110	74	58	94	75	54
O	32,8	8,5	4,3	17,2	7,3	6,2	21,1	7,5	7,1	23,2	8,2	6,7

E - Extensibilidade, R - Resistência à extensão, Rm - Resistência máxima, D - Número proporcional, A - Energia, O - Número de oxidação

TABELA 10. Efeito do teor de caragena (0, 0,01, 0,02 e 0,05%) nas propriedades de fermentação da massa, com 45 ppm de ácido ascórbico.

PARÂMETROS MATUROGRÁFICOS	NÍVEIS DE CARAGENA (%)			
	0	0,01	0,02	0,05
TF (min)	87	98	100	95
EF (min)	8	9	10	8
EM (UM)	230	265	270	265
NM (UM)	770	990	965	975

TF - Tempo de fermentação, EF - Estabilidade da massa ou Tolerância à fermentação, EM - Elasticidade da massa, NM - Nível da massa

TABELA 11. Efeito do teor de caragena (0, 0,01, 0,02 e 0,05%) nas propriedades de cozimento da massa com 45 ppm de ácido ascórbico.

PARAMETROS DE COZIMENTO (*COVEN RISE*)	NÍVEIS DE CARAGENA (%)			
	0	0,01	0,02	0,05
VM (UOR)	430	450	430	410
VP (UOR)	625	745	675	785
OR (UOR)	195	345	245	375
FR (UOR)	-55	145	60	175

VM - Volume da massa, VP - Volume do pão, OR - Variação total do volume da massa, FR - Variação parcial do volume da massa

Os resultados obtidos relativos às propriedades de extensão, fermentação e cozimento da massa são indicativos de um fortalecimento da mesma devido, provavelmente, à interação dos grupos sulfato da caragena com grupos iônicos do glúten, o que também foi observado por HUEBNER & WALL (1979). Segundo HOSENEY (1984), o efeito benéfico da goma caragena na massa se deve à diminuição do coeficiente de difusividade da massa, o que consequentemente pode ter propiciado os aumentos do volume da massa e do pão observados nesse estudo.

Com base nos resultados obtidos foi estabelecido o teor de caragena de 0,02% para os estudos posteriores relativos à vida de prateleira dos pães.

E. EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES TEORES DE LECITINA NAS PROPRIEDADES DE EXTENSÃO, FERMENTAÇÃO E COZIMENTO DA MASSA

As propriedades de extensão, fermentação e cozimento das massas com 0,2, 0,5 e 1% de lecitina hidroxilada de soja podem ser visualizadas nas Tabelas 12, 13 e 14, respectivamente.

A adição de níveis crescentes de lecitina hidroxilada de soja nas massas contendo 45 ppm de ácido ascórbico possibilitou um aumento dos valores relativos à energia, resistência à extensão e resistência máxima, nos níveis de 0,2 e 0,5%, em relação às massas sem lecitina hidroxilada de soja, quando comparados nos mesmos tempos de descanso. Tal comportamento refletiu uma melhora nas características de elasticidade da massa, com a adição de 0,5% de lecitina hidroxilada de soja (Tabela 12). Entretanto, quando a adição de lecitina hidroxilada de soja foi de 1%, observou-se uma

queda nesses mesmos parâmetros. O efeito da adição de diferentes níveis de lecitina hidroxilada de soja sobre as propriedades de fermentação das massas (Tabela 13) mostrou um pequeno aumento no tempo final de fermentação da massa e no nível da massa, provocado pela adição de até 0,5%. Os valores obtidos para o nível da massa usando-se 0,2 e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja foram similares, porém cerca de 50% superior a esse valor na massa sem esse aditivo. De uma maneira geral, podemos concluir que a adição de 0,5% de lecitina hidroxilada de soja contribuiu favoravelmente nas características de fermentação da massa, o que se deve, provavelmente, às interações da lecitina hidroxilada de soja com o glúten através de pontes de hidrogênio durante o desenvolvimento da massa na mistura. Essas interações foram também sugeridas por MAC RITCHIE (1977) e LARSSON (1980).

Analisando-se o efeito da adição de lecitina hidroxilada de soja nas propriedades de cozimento da massa (Tabela 14) observou-se que esse aditivo influenciou positivamente o volume da massa até o teor de 0,5%, o que também foi relatado nos trabalhos de POMERANZ *et al.*(1968) e SHORT (1971). Na etapa de cozimento, observou-se que a lecitina hidroxilada de soja propiciou um aumento no volume do pão até o nível de 0,2% de adição, apresentando pequenas variações em níveis superiores. No entanto, com relação à variação parcial do volume da massa (PR) observou-se uma melhora considerável com uso de níveis crescentes de lecitina hidroxilada de soja até 1,0%; a mesma tendência foi observada com relação à variação total do volume e da massa (OR).

Esses resultados indicaram uma atuação diferenciada da lecitina hidroxilada de soja nas diferentes etapas do processo de

TABELA 12. Efeito da adição de lecitina hidroxilada de soja nos níveis de 0, 0,2, 0,5 e 1% nas propriedades de extensão das massas preparadas com 45 ppm de ácido ascórbico, nos tempos de descanso de 45, 90 e 135 minutos.

PARÂMETROS EXTENSOGRÁFICOS	NÍVEIS DE LECITINA (%)											
	0			0,2			0,5			1		
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135
E (mm)	141	84	58	122	90	80	122	80	83	110	79	74
R (UE)	410	770	610	570	810	640	590	850	720	550	710	570
Rm (UE)	560	780	620	750	830	640	810	880	720	680	720	620
D	2,9	9,2	10,6	4,7	9,0	7,9	4,8	10,6	8,7	5,1	9,0	7,9
A (cm)	96	78	46	107	82	55	115	77	65	88	68	52
O	32,8	8,5	4,3	22,9	9,1	6,9	23,8	7,2	7,5	17,6	7,6	6,7

E - Extensibilidade, R - Resistência à extensão, Rm - Resistência máxima, D - Número proporcional, A - Energia, O - Número de oxidação

TABELA 13. Efeito da adição de lecitina hidroxilada de soja nos níveis de 0, 0,2, 0,5 e 1%, nas propriedades de fermentação da massa preparadas com 45 ppm de ácido ascórbico.

PARÂMETROS	NÍVEIS DE LECITINA (%)			
MATUROGRÁFICOS	0	0,2	0,5	1
TF (min)	87	88	94	95
EF (min)	8	11	10	14
EM (UM)	230	275	240	280
NM (UM)	770	1005	1030	980

TF - Tempo de fermentação, EF - Estabilidade da massa ou Tolerância à fermentação, EM - Elasticidade da massa, NM - Nível da massa

TABELA 14. Efeito do teor de lecitina hidroxilada de soja nos níveis de 0, 0,2, 0,5 e 1%, nas propriedades de cozimento das massas preparadas com 45 ppm de ácido ascórbico.

PARÂMETROS DE COZIMENTO (*OVEN RISE*)	NÍVEIS DE CARAGENA (%)			
	0	0,2	0,5	1
VM (UOR)	430	440	450	440
VP (UOR)	630	810	790	840
OR (UOR)	200	370	340	410
FR (UOR)	-50	140	130	210

VM - Volume da massa, VP - Volume do Pão, OR - Variação total do volume da massa, FR - Variação parcial do volume da massa

panificação. Pode-se inferir que a sua atuação na etapa de mistura e fermentação foi diferente daquela durante o cozimento, como ocorre com outros emulsificantes (TAMSTORF, 1975).

Com base nesses resultados, estabeleceu-se o uso de lecitina hidroxilada de soja na massa no nível de 0,5%, com relação ao peso da farinha de trigo, para os estudos posteriores relativos à vida de prateleira dos pães.

F. ESTUDO COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES DE EXTENSÃO, FERMENTAÇÃO E COZIMENTO DAS MASSAS COM LECITINA E CARAGENA

Para se comparar o efeito da adição de lecitina hidroxilada de soja e caragena em massas na presença de 45ppm de ácido ascórbico foram feitos histogramas (Figuras 7, 8 e 9) relativos à Resistência Máxima (parâmetro extensográfico), ao Nível de Massa (parâmetro maturográfico) e Volume do pão (parâmetro do *Oven-Rise*). Os teores dos aditivos utilizados nos histogramas foram os seguintes:

(1) 45 ppm de ácido ascórbico,

(2) 45 ppm de ácido ascórbico + 0,5% de lecitina hidroxilada de soja,

(3) 45 ppm de ácido ascórbico + 0,02% de caragena,

(4) 45 ppm de ácido ascórbico + 0,5% de lecitina hidroxilada de soja + 0,02% de caragena.

Verificou-se que a adição conjunta de 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e 45 ppm de ácido ascórbico propiciou uma melhora em todos os parâmetros avaliados, em relação à massa com

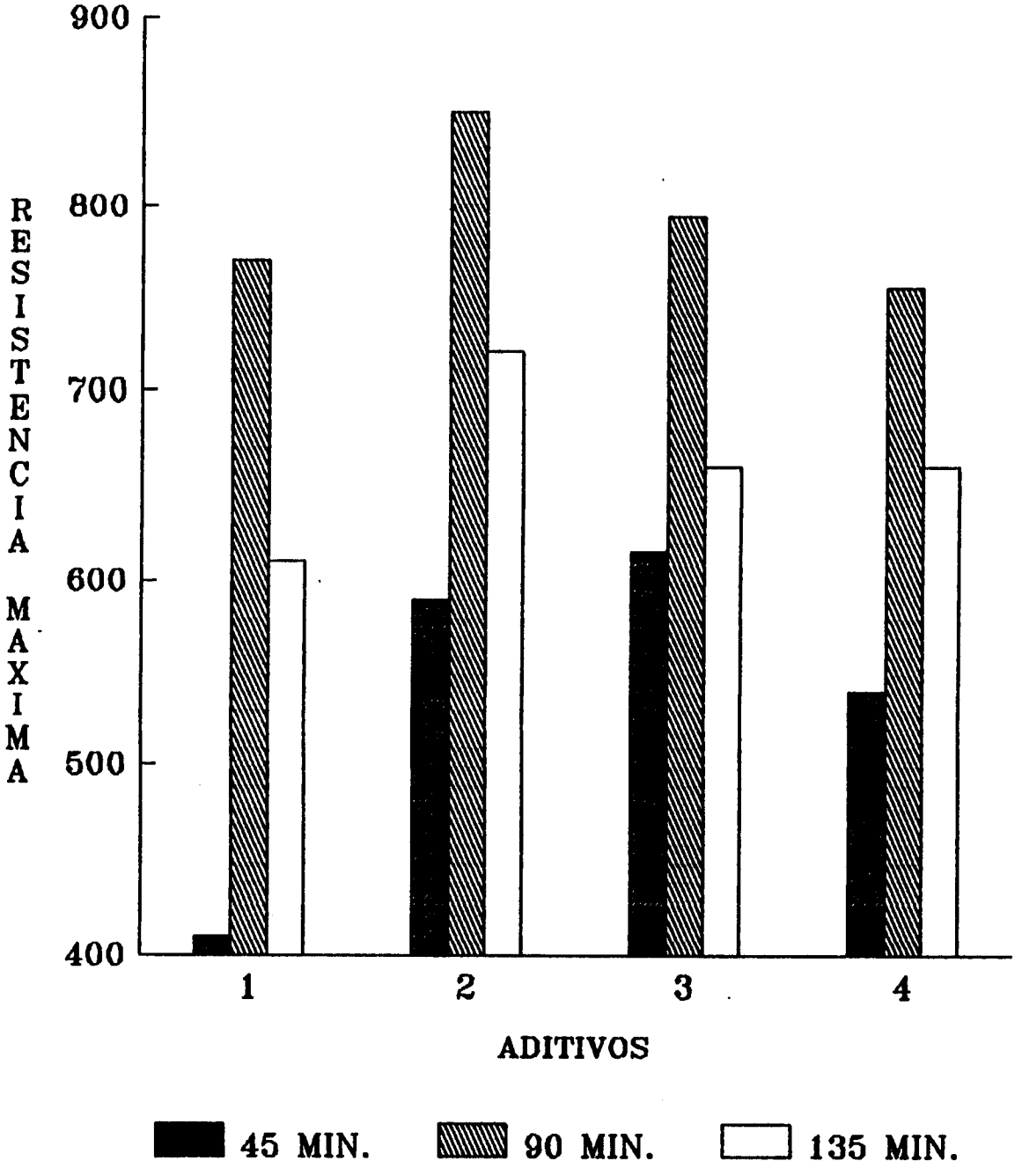


FIGURA 7. Resistência máxima das massas com 45 ppm de ácido ascórbico (1), 45 ppm de ácido ascórbico e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja (2), 0,02% de caragena e 45 ppm de ácido ascórbico (3) e 0,02% de caragena, 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e 45 ppm de ácido ascórbico (4).

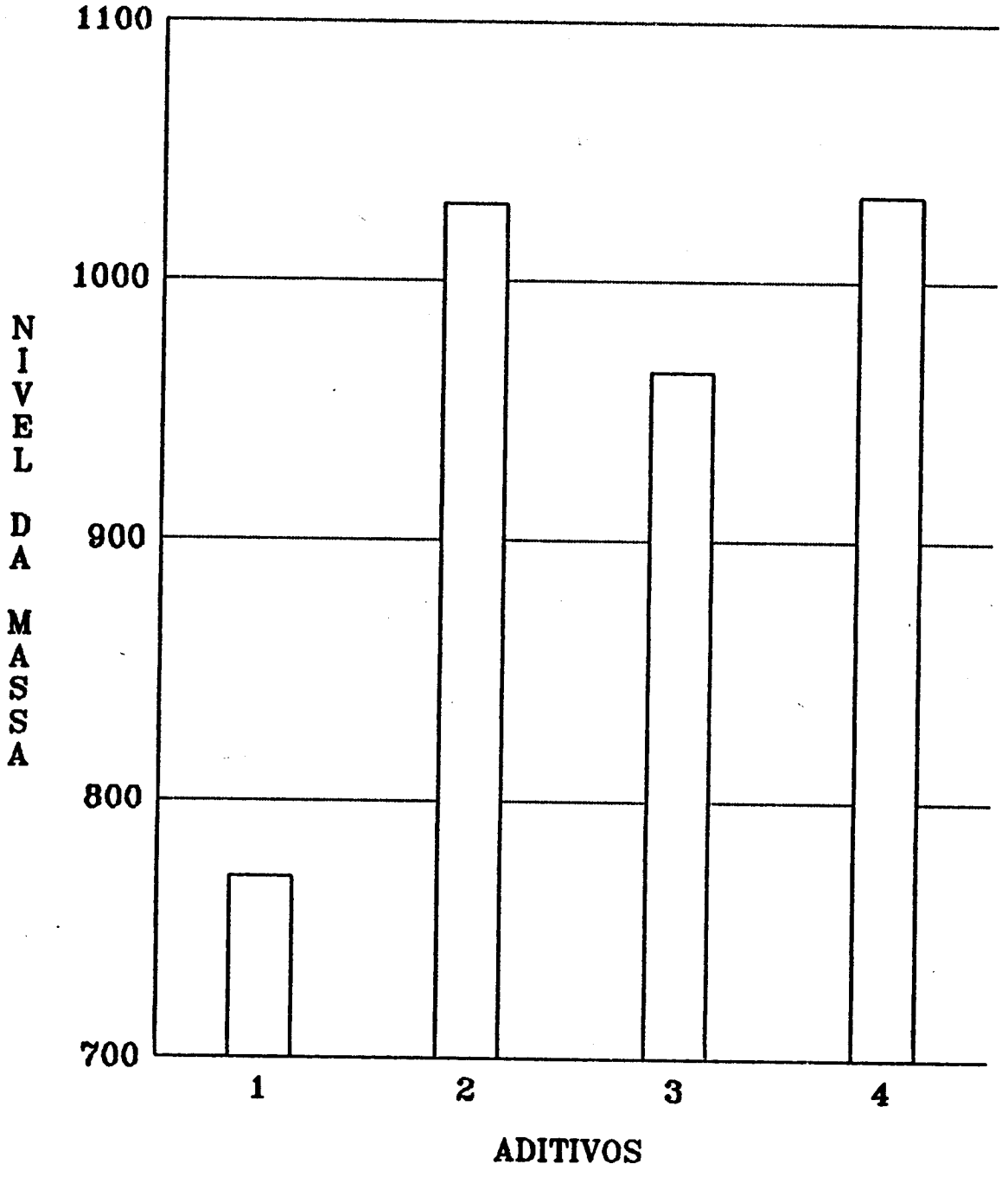


FIGURA 8. Nível das massas com 45 ppm de ácido ascórbico (1), 45 ppm de ácido ascórbico e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja (2), 0,02% de caragena e 45 ppm de ácido ascórbico (3) e 0,02% de caragena, 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e 45 ppm de ácido ascórbico (4).

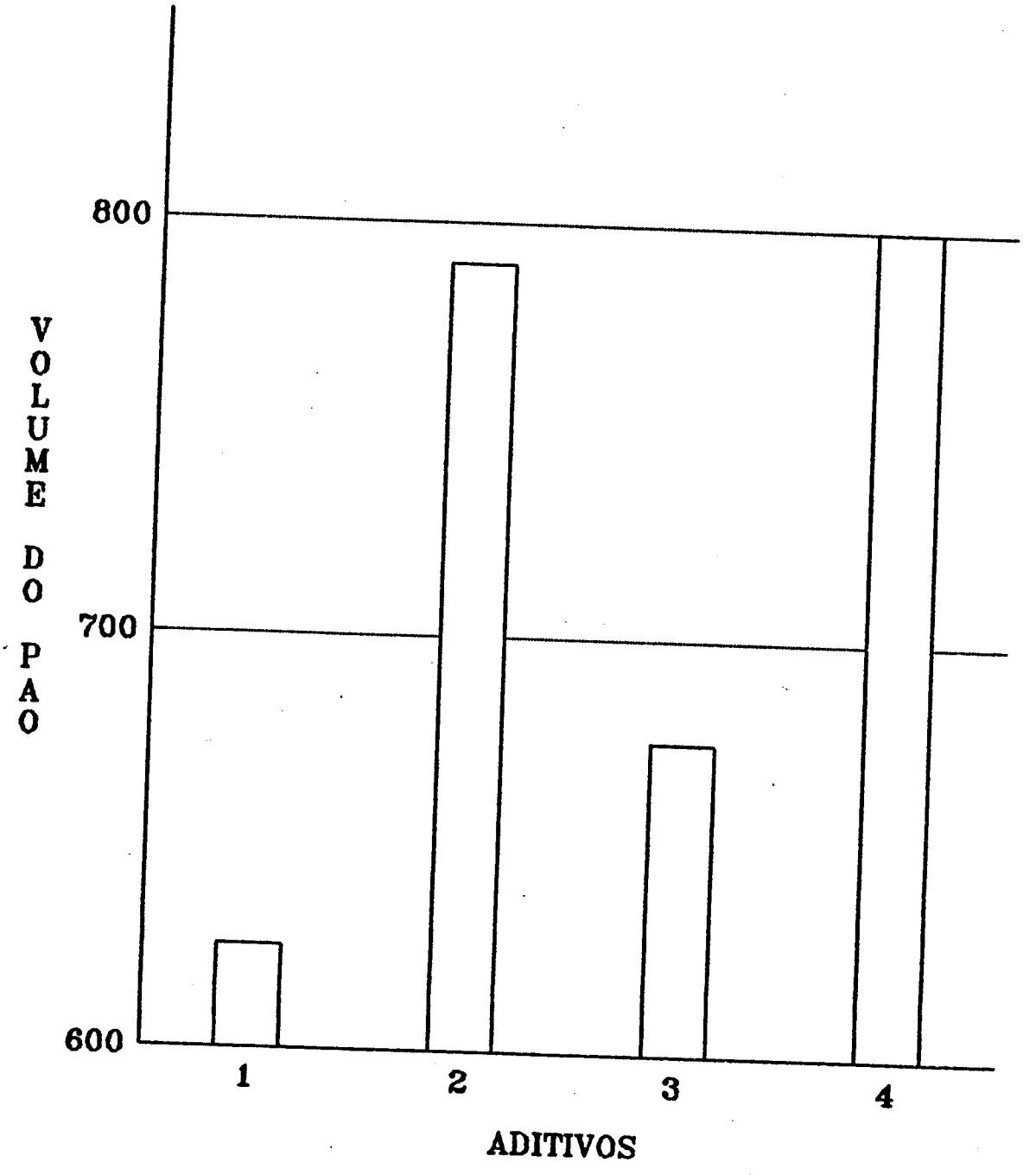


FIGURA 9. Volume dos pães das massas com 45 ppm de ácido ascórbico (1), 45 ppm de ácido ascórbico e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja (2), 0,02% de caragena e 45 ppm de ácido ascórbico (3) e 0,02% de caragena, 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e 45 ppm de ácido ascórbico (4).

apenas ácido ascórbico, quando comparados nos mesmos tempos de descanso. O uso de 0,02% de caragena nas massas proporcionou também efeitos benéficos na resistência à extensão, nível da massa e volume do pão, porém, em menor intensidade do que observado com a lecitina hidroxilada de soja. O efeito da adição conjunta de lecitina hidroxilada de soja e caragena mostrou comportamento similar ao da massa com apenas lecitina hidroxilada de soja.

Esses resultados mostraram que os efeitos melhoradores nas massas, obtidos pela adição de apenas caragena ou lecitina hidroxilada de soja, foram menores, quando comparados com aqueles obtidos na presença dos dois aditivos conjuntamente, o que indica um efeito sinergístico entre a goma caragena e a lecitina hidroxilada de soja. Segundo GLABE (1968), a caragena e lecitina adicionadas à massa têm efeito sinergístico no melhoramento da qualidade do pão.

G. EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES GOMAS, OXIDANTES E EMULSIFICANTES NA QUALIDADE GLOBAL DOS PÃES AVALIADOS PELO TESTE INSTRUMENTAL DE PANIFICAÇÃO

A avaliação da qualidade global dos pães pelo teste instrumental de panificação foi realizada usando-se as gomas (guar, xantana e caragena), os oxidantes (ácido ascórbico, bromato de potássio e azodicarbonamida) e os emulsificantes (lecitina hidroxilada de soja e SSL).

1. Efeito da Adição das Gomas Guar, Xantana e Caragena

As características de qualidade (externas, internas, aroma e gosto) dos pães com a adição de 0,15% de goma guar, xantana e caragena, bem como as do pão padrão (com 45 ppm de ácido ascórbico e sem goma ou lecitina hidroxilada de soja) encontram-se na Tabela 15.

A adição de 0,15% de goma guar na massa manteve praticamente o mesmo valor de volume do pão em relação ao padrão, porém, a qualidade global foi ligeiramente menor.

Comparando-se os resultados relativos aos parâmetros externos, internos, aroma e gosto foi observado que não houve diferenças marcantes na qualidade do pão na presença de goma guar ou xantana, em relação ao pão padrão. A adição de 0,15% de xantana na formulação padrão diminuiu o volume do pão (4,3%), o que é muito indesejável. Além disso, a simetria desse pão foi severamente prejudicada devido a problemas na maquinabilidade da massa. Desta forma observou-se que a introdução de xantana e guar na massa prejudicou a simetria, o aroma e o gosto do pão.

TABELA 15. Efeito da adição de 0,15% das gomas guar, xantana e caragena na qualidade global dos pães.

CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE	NOTA MÁXIMA	PADRÃO (1)	GUAR (2)	XANTANA (3)	CARAGENA (4)
C A R A C T E R I S T I C A S		E X T E R N A S			
VOLUME ESPECIFICO X 3,33	20	18,5	18,8	17,7	18,8
COR DA CROSTA	10	6,8	5,0	7,5	5,8
QUEBRA	5	2,0	2,3	2,8	3,0
SIMETRIA	5	3,5	3,3	3,0	4,0
C A R A C T E R I S T I C A S		I N T E R N A S			
CARACTERISTICAS DA CROSTA	5	3,0	3,8	3,3	4,0
COR DO MIOLO	10	5,8	6,0	5,8	6,5
CELULA DO MIOLO	10	6,0	6,0	6,0	7,0
TEXTURA DO MIOLO	10	6,0	8,0	7,0	9,0
A R O M A	E		G O S T O		
AROMA	10	7,0	6,0	6,0	6,0
GOSTO	15	13,0	11,0	12,5	13,0
CONTAGEM TOTAL	100	71,6	70,2	71,6	77,2

Média de duas determinações

O pão com caragena teve aumento de volume de 2,2% em relação ao padrão. De maneira geral a adição de caragena propiciou melhoras nas características externas (simetria) e internas, notadamente na textura e na estrutura da célula do miolo, assim como no aroma e no gosto do pão, o que levou à maior contagem total de pontos de qualidade entre as gomas estudadas.

A introdução de xantana e guar na massa prejudicou a simetria, o aroma e o gosto do pão.

Apesar do pão com 0,15% de goma caragena ter sido superior em relação ao padrão, a qualidade dos mesmos foi classificada como regular, totalizando 70 a 80 pontos. Ensaios reológicos realizados por HUEBNER & WALL (1979), com uma farinha fraca, na presença de goma caragena, indicaram que há uma melhora sensível no potencial de panificação da farinha, o que não foi observado nesse estudo, no qual o pão foi avaliado conforme estabelecido no teste instrumental de panificação realizado com farinha média-fraca.

2. Efeito da Adição de Ácido Ascórbico, Bromato de Potássio e Azodicarbonamida

Nesses ensaios comparou-se os efeitos de diferentes oxidantes em massas contendo 0,02% de caragena e 0,5% de lecitina hidroxilada de soja. Foram preparadas massas conforme os tratamentos 5,6,7 e 8 da Tabela 1 apresentada em Materiais e Métodos. Os resultados da avaliação global dos pães com 45 ppm de ácido ascórbico, 22,5 ppm de bromato de potássio e 22,5 ppm de azodicarbonamida e do pão padrão sem oxidante são apresentados na

Tabela 16. A incorporação de ácido ascórbico, bromato de potássio ou azodicarbonamida na massa melhoraram sensivelmente todas as características internas e externas do pão, em relação à formulação padrão. Entretanto, esses mesmos aditivos prejudicaram marcantemente o aroma e o gosto do pão.

Comparando-se com o pão sem oxidante, o melhor efeito sobre o volume foi observado com o bromato de potássio, seguido pelo ácido ascórbico e pela azodicarbonamida. O pão com ácido ascórbico somou o maior número de pontos (83,5) devido, principalmente às características de miolo mais claro, melhor célula e textura de miolo, em relação aos pães com bromato de potássio e azodicarbonamida.

3. Efeito da Adição de Lecitina e Estearoil 2-lactil Lactato de Sódio (SSL)

Nesses ensaios foram estudados os efeitos da adição de lecitina hidroxilada de soja (0,5%) e estearoil 2-lactil lactato de sódio (SSL) (0,5% e 0,25%), na qualidade dos pães contendo 0,02% de caragena e 45 ppm de ácido ascórbico conforme os tratanentos 6, 10 e 11 (Tabela 3).

Os resultados apresentados na Tabela 17 mostraram que os pães com SSL e ácido ascórbico apresentaram o valor máximo de volume (20), seguidos do pão com lecitina hidroxilada de soja (18,8). Entretanto o pão com SSL, sem adição de ácido ascórbico apresentou o menor valor de volume do pão (17,2).

TABELA 16. Efeito da adição de 0,02% de goma caragena e 0,5% de lecitina na qualidade global de pães: Padrão (sem oxidante), com 45 ppm de ácido ascórbico, com 22,5 ppm de bromato de potássio e com 22,5 ppm de azodicarbonamida.

CARACTERISTICAS DE QUALIDADE	NOTA MÁXIMA	PADRÃO SEM OXIDANTE (5)	AA 45 ppm (6)	BROMATO 22,5 ppm (7)	AZO 22,5 ppm (8)
C A R A C T E R I S T I C A S E X T E R N A S					
VOLUME ESPECIFICO X 3,33	20	16,6	18,5	19,5	17,4
COR DA CROSTA	10	6,0	7,5	8,0	6,5
QUEBRA	5	4,0	4,5	4,0	3,5
SIMETRIA	5	3,0	4,5	4,0	3,0
C A R A C T E R I S T I C A S I N T E R N A S					
CARACTERÍSTICAS DA CROSTA	5	3,0	4,5	3,0	5,0
COR DO MIOLO	10	6,0	10,0	8,0	7,0
CÉLULA DO MIOLO	10	7,0	9,0	6,0	8,0
TEXTURA DO MIOLO	10	5,0	10,0	8,0	7,0
A R O M A E G O S T O					
AROMA	10	8,0	5,0	5,0	5,0
GOSTO	15	14,0	10,0	14,0	6,0
CONTAGEM TOTAL	100	72,6	83,5	80,5	68,4

TABELA 17. Efeito da adição de 0,02% de goma caragena e emulsificantes em pães com 0,5% de SSL sem ácido ascórbico; 0,5% de SSL e 45 ppm de ácido ascórbico; 0,25% de SSL e 45 ppm de ácido e 0,5% de lecitina hidroxilada e 45 ppm de ácido ascórbico na qualidade global dos pães.

CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE	NOTA MÁXIMA	SSL 0,5% (9)	SSL 0,5% A.A. (10)	SSL 0,25% A.A. (11)	LHS 0,5% A.A. (12)
C A R A C T E R I S T I C A S			E X T E R N A S		
VOLUME ESPECIFICO X 3,33	20	17,2	20,0	20,0	18,8
COR DA CROSTA	10	7,0	4,5	4,5	9,0
QUEBRA	5	4,0	4,0	4,5	4,5
SIMETRIA	5	4,0	4,5	4,0	5,0
C A R A C T E R I S T I C A S			I N T E R N A S		
CARACTERISTICAS DA CROSTA	5	3,5	4,0	3,5	4,0
COR DO MIOLO	10	6,5	9,0	8,5	7,0
CELULA DO MIOLO	10	6,0	9,0	7,0	8,0
TEXTURA DO MIOLO	10	6,5	8,5	8,0	7,0
A R O M A	E		G O S T O		
AROMA	10	6,5	7,0	7,0	7,5
GOSTO	15	9,0	7,0	6,0	12,0
CONTAGEM TOTAL	100	70,2	77,5	73,0	82,8

Considerando-se o total das notas relativas às características externas e internas, observou-se que os pães com 0,5% de SSL e ácido ascórbico e com 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e ácido ascórbico apresentaram a mesma pontuação (59,5) embora com diferentes notas nos atributos avaliados. A contagem total de pontos do pão com lecitina hidroxilada de soja e ácido ascórbico foi a maior (82,8), sendo classificado como pão de boa qualidade, enquanto que os demais pães apresentaram qualidade regular, devido principalmente a perda de qualidade com relação ao sabor provocado pela adição do SSL, o que não foi perceptível nos pães com lecitina hidroxilada de soja.

Através dos testes de panificação pode-se observar também que pães contendo a combinação de caragena, lecitina hidroxilada de soja e ácido ascórbico nas concentrações de 0,02%, 0,5% e 45 ppm, respectivamente, apresentaram qualidade global superior, quando comparados com os outros pães estudados.

Portanto para o estudo do envelhecimento dos pães foi adotada a incorporação desses três aditivos nessas concentrações, na formulação do pão preparado pelo processo Choleywood.

H. AVALIAÇÃO SENSORIAL DO ENVELHECIMENTO DE PÃES PELO TESTE DE PERCEPÇÃO SENSORIAL (TPS) E PELA ANÁLISE DE PERFIL DE ALGUNS ATRIBUTOS DE TEXTURA (APT)

A análise sensorial por TPS e APT para determinação do envelhecimento dos pães com e sem aditivo foi feita após o treinamento e a seleção da equipe sensorial.

O pão com aditivo se refere à incorporação de 0,02% de

caragena, 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e 45 ppm de ácido ascórbico à massa, enquanto que ao pão padrão foi adicionado apenas o ácido ascórbico (45 ppm).

1. Treinamento e Seleção da Equipe Sensorial

Foram treinadas 21 pessoas das quais 14 foram selecionadas por apresentarem valor de F calculado maior do que o valor de F tabelado, a nível de 5% de significância. Desse modo, os indivíduos selecionados foram aqueles que demostraram maior habilidade em diferenciar as amostras com diferentes tempos de armazenamento e também com capacidade de perceber amostras iguais.

2. Determinação da Vida Útil dos Pães Através da Análise Sensorial por TPS e APT dos Pães

Da equipe escolhida para compor a equipe sensorial apenas 6 estiveram presentes em todas as sessões de avaliação sensorial, consequentemente os indivíduos inconstantes foram descartados, sendo estabelecida a equipe final com 6 provadores. As curvas do tempo de estocagem versus as médias das notas fornecidas pelos 6 provadores, para os atributos de frescor, maciez e coesividade, encontram-se nas Figuras 10, 11 e 12 respectivamente.

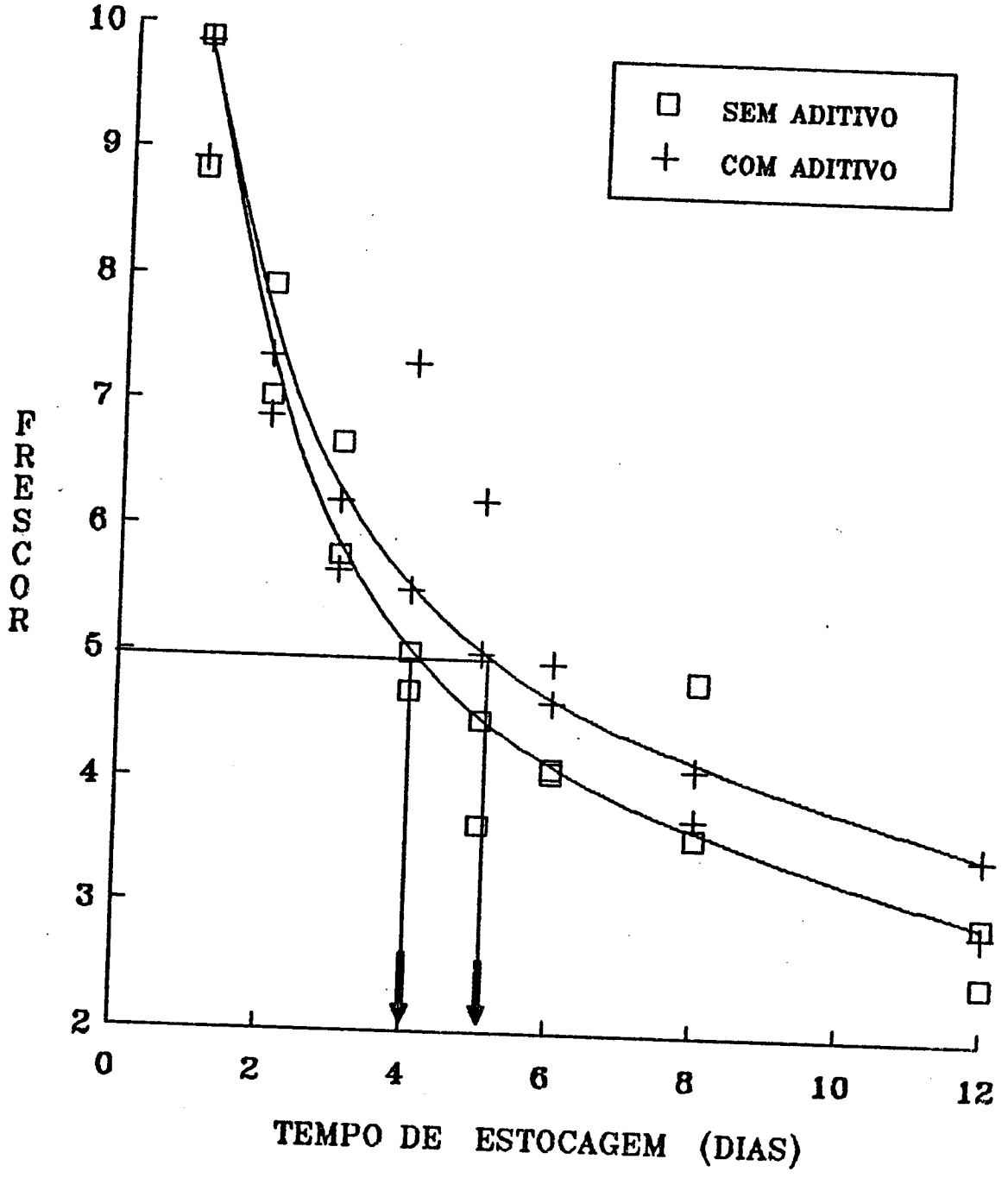


FIGURA 10. Gráfico do frescor versus tempo de estocagem em dias.

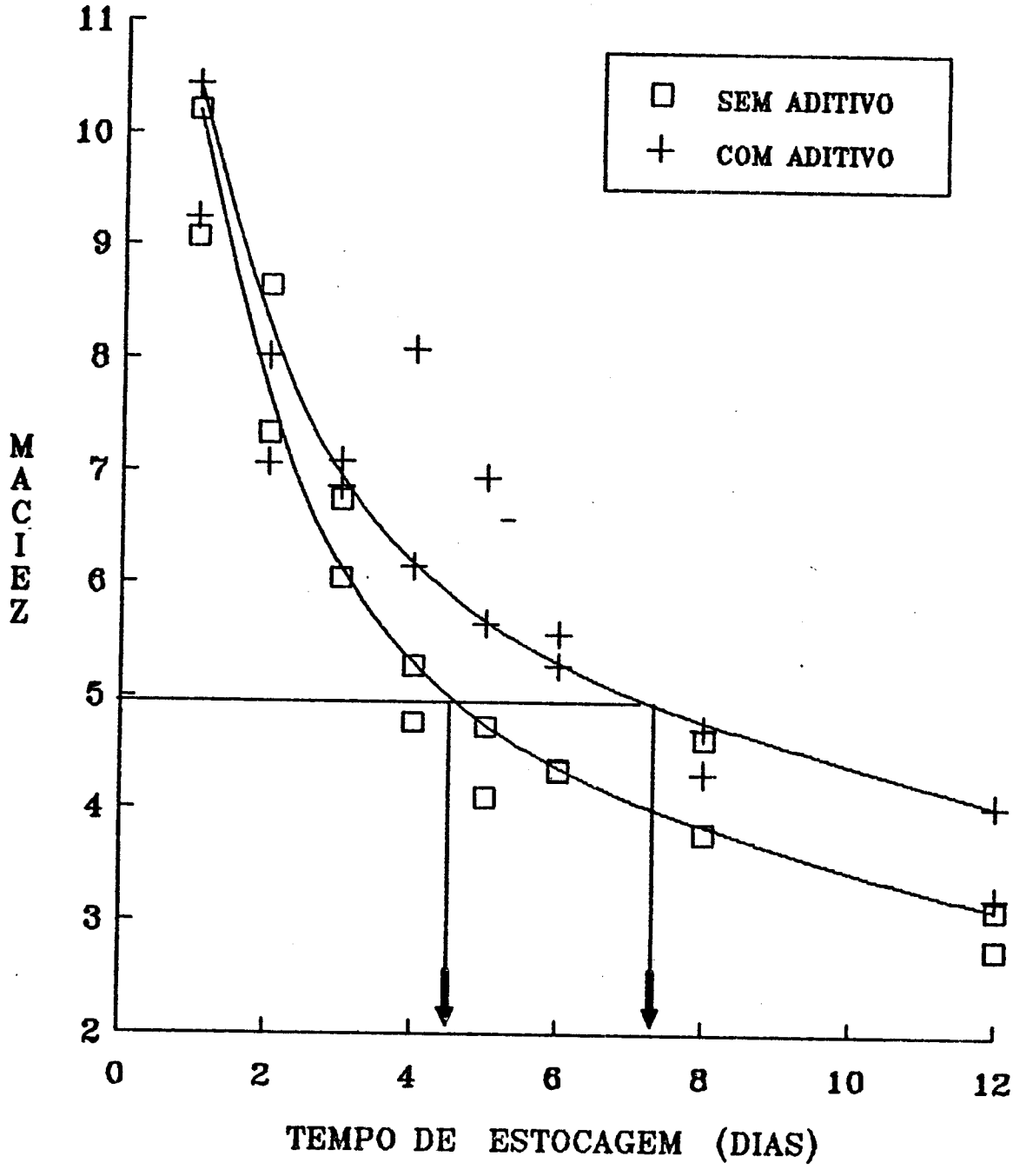


FIGURA 11. Gráfico da maciez sensorial dos pães versus o tempo de estocagem em dias.

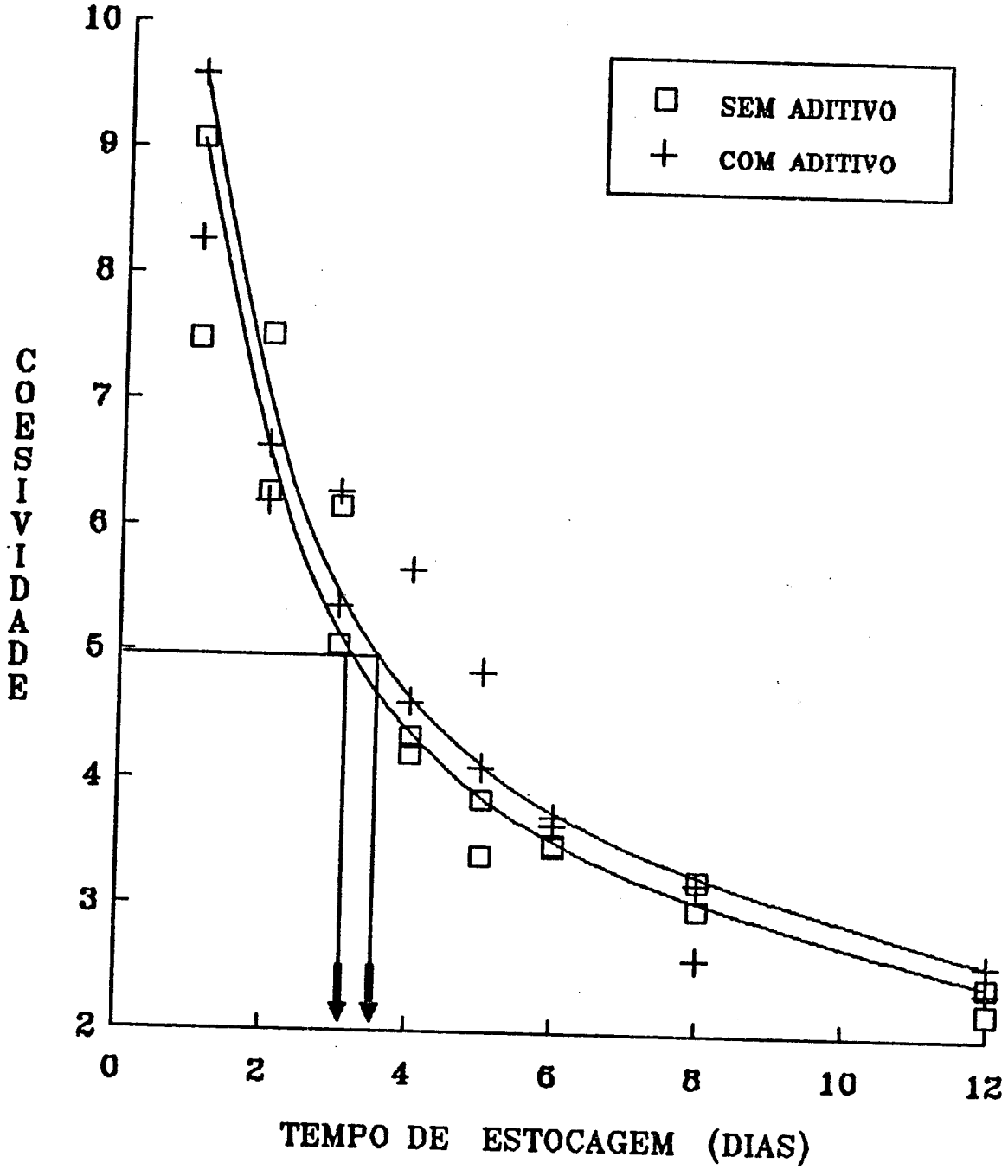


FIGURA 12. Gráfico da coesividade sensorial dos pães versus o tempo de estocagem em dias.

Para os parâmetros sensoriais avaliados - frescor, maciez e coesividade - foi adotada a metade da escala não estruturada (equivalente a 5 cm) como critério para estabelecer o limite de aceitabilidade sensorial dos pães.

Observou-se na Figura 10 que o frescor dos pães padrão foi pouco inferior a quatro dias de armazenamento, porém, no pão com aditivo esse limite de aceitabilidade foi aumentado para cinco dias de armazenamento.

Com relação à maciez, o efeito benéfico dos aditivos foi mais acentuado do que o observado para o frescor, possibilitando a retenção desse atributo por cerca de 2 dias a mais em relação ao pão sem aditivos.

Para o atributo de coesividade, os pães com e sem aditivos também diferiram, porém, em menor intensidade do que os observados com relação ao frescor e maciez.

Os resultados das análises de variância encontram-se na Tabela 18. Essa Tabela indica haver diferença significativa, a nível de 5%, entre os dias de estocagem para os quatro atributos sensoriais dos pães com e sem aditivo. Pode-se também visualizar que não há diferença a nível de 5% de significância, para os provadores no julgamento de todos os atributos sensoriais, exceto para a mastigabilidade com e sem aditivo e a coesividade sem aditivo. Os provadores mostraram igualdade a nível de 2% de significância, para o atributo de coesividade sem aditivo, o que foi considerado aceitável para o teste. Visto não haver igualdade estatisticamente significativa entre os provadores, os resultados de mastigabilidade não foram considerados para as medidas de envelhecimento.

Tabela 18. Análise de variância* dos resultados da análise sensorial dos pães com e sem aditivos.

ATRIBUTO SENSORIAL	Valor de F calculado		Nível de significância	
	Tratamentos	Provadores	Tratamentos (GL = 8)	Provadores (GL = 5)
Frescor sem aditivo	19,682	1,757	0,001	ns
Frescor com aditivo	13,203	2,345	0,001	ns
Maciez sem aditivo	17,593	0,609	0,001	ns
Maciez com aditivo	14,157	1,749	0,001	ns
Coesividade sem aditivo	16,912	3,185	0,001	0,02
Coesividade com aditivo	9,253	2,199	0,001	ns
Mastigabilidade sem aditivo	4,015	51,675	0,001	0,001
Mastigabilidade com aditivo	2,990	29,424	0,001	0,001

ns denota um nível de significância > 0,05

* Blocos aleatorizados completos

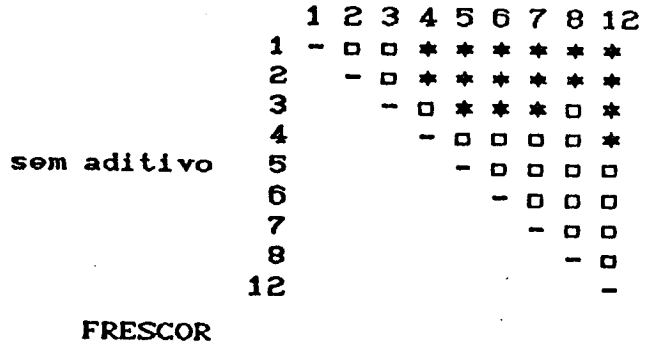
A análise da diferença entre os dias de armazenamento (tratamentos) para cada atributo em separado foi realizada pelo teste de Tukey. Os resultados dos testes de média pelo método de Tukey encontram-se na Tabela 19. Nessa tabela foram comparados entre si os pães com 1,2,3,4,5,6,7,8 e 12 dias de armazenamento para cada atributo sensorial para a formulação sem aditivo e também para aquela com aditivo. Desta forma foi possível verificar dentro de uma mesma formulação e entre elas as diferenças entre os dias de armazenamento, para os 4 atributos sensoriais. Foram assinaladas com asterístico as diferenças observadas, a nível de 5% de significância.

Comparando-se o frescor dos pães com e sem aditivos, verificou-se que as diferenças, com relação ao pão sem aditivo após 1 dia de armazenamento, começaram a aparecer a partir do quarto dia, enquanto que para as amostras com aditivo, essas diferenças foram detectadas a partir do quinto dia. Veriricou-se também verificar que não houve diferenças entre os pães aditivados com até seis dias de armazenamento, quando foram comparados com o pão após dois dias de estocagem. Esse comportamento não foi observado no pão sem aditivo. Concluiu-se que a adição da goma caragena e lecitina hidroxilada de soja na massa possibilitou a manutenção do frescor dos pães por maior tempo, em relação àqueles sem a referida aditivação.

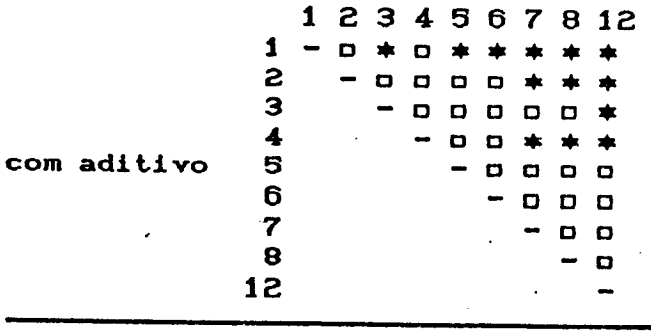
Em relação à maciez, pôde-se notar que não houve diferença, a nível de 5%, entre pães com aditivo armazenados por 1 e 6 dias. Entretanto foi observada diferença significativa, a nível de 5%, nos pães sem aditivo a partir do quarto dia de estocagem quando comparado aquele com 1 dia. Portanto a presença

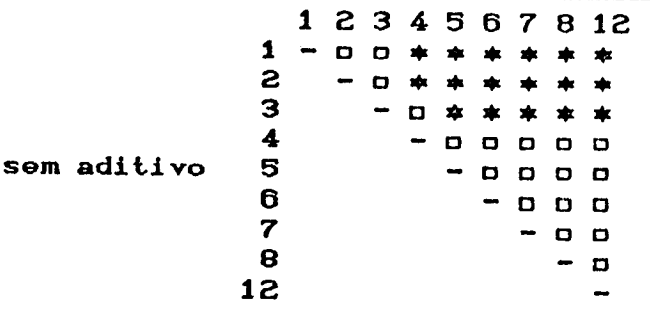
TABELA 19. Resultados dos testes de média aplicados aos dados de análise sensorial durante a estocagem, pelo método de Tukey.

ATRIBUTO SENSORIAL	DIAS DE ESTOCAGEM	ATRIBUTO SENSORIAL	DIAS DE ESTOCAGEM

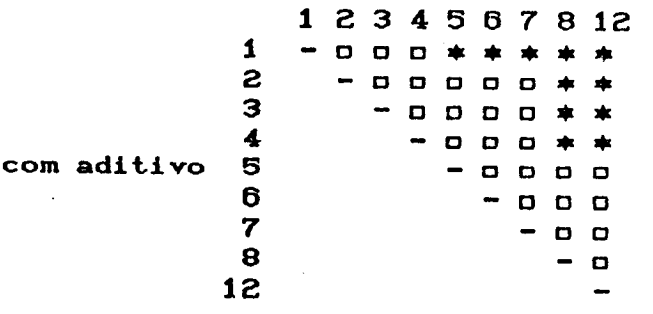


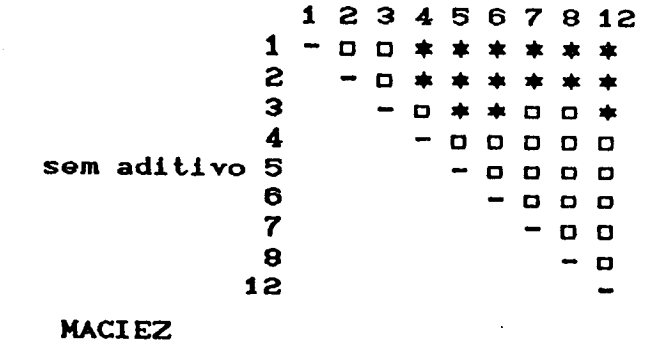
FRESCOR



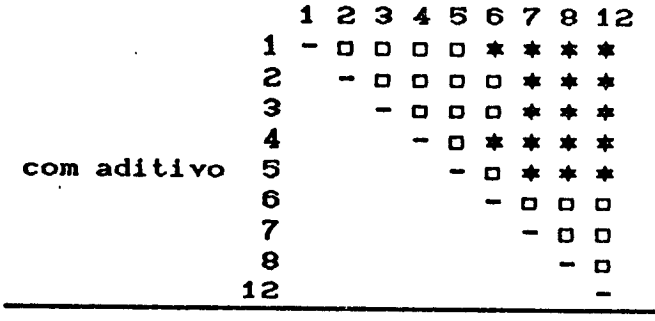


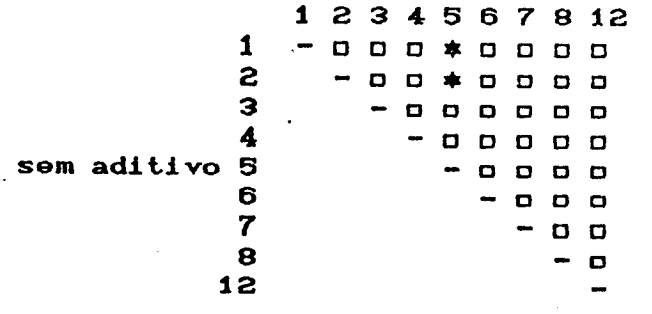
COESIVIDADE



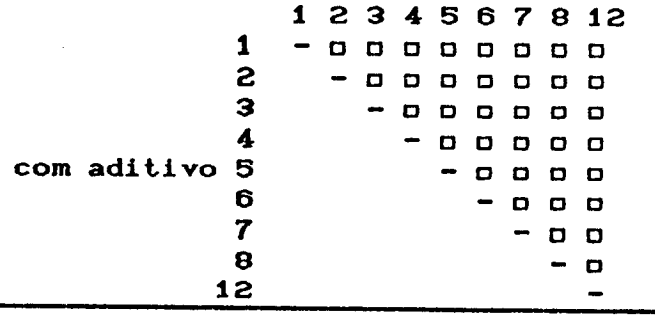


MACIEZ





MASTIGABILIDADE



* - há diferença entre os dias relativos à interseção a nível de 5% de significância

□ - não há diferença a nível de 5% de significância entre os dias da interseção

do aditivo propiciou uma melhor manutenção da maciez nos pães como também foi observado com relação ao frescor dos pães.

Considerando o atributo sensorial de coesividade foi observado que os pães sem aditivo apresentaram diferenças a partir do quarto dia de estocagem, enquanto que nos pães com goma caragena e lecitina hidroxilada de soja essas diferenças só foram detectadas a partir do quinto dia (comparados com o pão após um dia de armazenamento). Observou-se também que os pães com aditivo não apresentaram diferenças quanto à coesividade até o sétimo dia de armazenamento, quando comparados com pães de dois dias de estocagem.

No atributo mastigabilidade não se detectou diferenças significativas, a nível de 5%, entre pães com e sem aditivos nos dias de armazenamento estudados.

Na Tabela 20 são apresentados os resultados das análises de variância para os 4 atributos sensoriais dos pães, com e sem aditivos, comparados nos mesmos dias de armazenamento. Foi verificada incoerência entre os provadores para o atributo de mastigabilidade, o que levou a eliminação desse parâmetro sensorial para avaliação do envelhecimento do pão. Quanto ao frescor, maciez e coesividade, os provadores mostraram-se coerentes entre si no julgamento dos pães, no período inicial de armazenamento. Porém foi observada diferença entre os provadores, a nível de 5% de significância, para pães após oito dias de estocagem.

TABELA 20. Resultados da análise de variância dos dados de análise sensorial.

ATRIBUTO	DIAS DE ESTOCAGEM								
	1	2	3	4	5	6	7	8	12
Frescor	□	□	□	□	□	□	□	□	*
Maciez	*	□	□	□	□	□	□	□	*
Coesividade	□	□	□	□	□	□	□	*	*
Mastigabilidade	*	*	*	*	*	*	*	*	*

□ = não há diferença significativa entre os provadores

* = há diferença entre os provadores a nível de 5% de significância

GL dos provadores = 5

I. AVALIAÇÃO INSTRUMENTAL DO ENVELHECIMENTO DOS PÃES PELAS MEDIDAS DE COMPRESSIBILIDADE PELO *OTTAWA TEXTURE MEASURING MACHINE* (OTMS)

A avaliação instrumental da compressibilidade dos pães foi realizada com o *Ottawa Texture Measuring Machine.* É apresentada neste ítem a análise estatística dos resultados dos testes preliminares de compressibilidade que possibilitaram determinar a priori a confiabilidade do método e, em seguida, a vida útil dos pães com e sem caragena e lecitina hidroxilada de soja.

1. Ensaios Preliminares

Foram testados pães com e sem aditivos com 1, 12 e 13 dias de armazenamento e levantou-se as medidas de F_1, F_2, TgI e TgII, conforme descrito no ítem B.8.c.i.. Os resultados da análise estatística dos dados obtidos podem ser vistos na Tabela 21 e 22.

Pelos resultados estatísticos observou-se que houve diferença significativa na compressibilidade dos pães a nível de 1% de significância entre todas as amostras de pão fresco e envelhecido (12 e 13 dias de armazenamento), com ou sem aditivo e nos pães com e sem aditivo, comparados em cada dia de armazenamento estudado. Porém, não houve diferença significativa entre pães de mesma formulação, com 1 dia de diferença (12S e 13S). Os resultados foram considerados satisfatórios, visto que foi possível detectar diferenças de compressibilidade nos pães com e sem aditivo e entre pães armazenados com tempos (dias)

TABELA 21. Análise de variância dos dados de compressão obtidos no OTMS para diferentes tratamentos: 12S e 12C = pães sem aditivo e com aditivo no 12º dia de armazenamento; 1S = pães sem aditivo no 1º dia e 13S = pães sem aditivos no 13º dia de armazenamento.

TESTE	ORIGEM DA VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	VALOR DE F
Força a 50% de compressão	Tratamento	3	6531712,50	2177237,50	145,8**
	Repetição	5	55537,50	11107,50	0,74ns
	Resíduo	15	223912,50	14927,50	
	Total	23	6811162,50		
Força a 25% de compressão	Tratamento	3	5444512,50	1814837,50	94,0**
	Repetição	5	84337,50	16867,50	0,9ns
	Resíduo	15	289615,50	19307,77	
	Total	23	5818465,50		
Tangente I	Tratamento	3	2142933,62	714311,21	
	Repetição	5	29662,55	5932,51	24,4ns
	Resíduo	15	36139,82	2409,32	
	Total	23	2208735,99		
Tangente II	Tratamento	3	9337,50	3112,52	10,99**
	Repetição	5	2012,57	402,51	1,42ns
	Resíduo	15	4248,18	283,21	
	Total	23	15598,30		

ns - não há diferença significativa
** - há difereça significativa ao nível de 1%

TABELA 22. Teste de TUKEY para detecção da diferença entre as amostras

TESTES	AMOSTRAS ENTRE AS QUAIS NÃO HOUVE DIFERENÇA SIGNIFICATIVA	AMOSTRAS ENTRE AS QUAIS HOUVE DIFERENÇA SIGNIFICATIVA AO NÍVEL DE 5% e 1%	
Força a 50% de compressão F_2	12S e 13S	12C e 12S 12C e 1S 12C e 13S 1S e 13S	12C e 12S 12C e 1S 12C e 13S 1S e 13S
Força a 25% de compressão F1	12S e 13S	idem	idem
Tangente I	12S e 13S	idem	idem
Tangente II	12C e 12S 12S e 1S 1S e 13S	12S e 13S 12C e 1S 12C e 13S	12C e 1S 12C e 13S

diferentes. No entanto, esse comportamento não ocorreu com relação às medidas de Tangente II, onde não houve diferenças significativas, a nível de 1% de significância, entre amostras de pães com e sem aditivo (12S e 12C) e entre pão envelhecido com aditivo e fresco sem aditivo (12C e 1S), e também entre pão envelhecido e fresco sem aditivo (1S e 13S). Esses resultados provavelmente decorreram da dificuldade de determinação da Tangente II (vide Figura 6), o que não aconteceu com relação à medida de Tangente I, que se mostrou portanto mais adequada à avaliação instrumental da compressibilidade dos pães.

2. Efeito dos Aditivos na Compressibilidade dos Pães

Foi estudado o efeito dos aditivos na compressibilidade dos pães, após 1,2,3,4,5,6,8,9,10 e 12 dias de armazenamento, utilizando-se o *Ottawa Texture Measuring Machine*. A Tabela 23 apresenta as médias porcentuais do quociente do desvio padrão populacional pela média das determinações das medidas obtidas.

A partir dessas medidas de compressibilidade, fez-se o levantamento de curvas dos parâmetros que apresentaram um valor menor que 10% de variabilidade. Assim, foram levantados gráficos do parâmetro de compressibilidade versus as épocas de estocagem para as determinações de F_1, F_2, A_1, D_1, F_{60} e D_2, mostrados nas Figuras 13, 14, 15, 16, 17 e 18, respectivamente.

Observou-se na figura 13 que o valor de F_1 igual a 1,4 kgf corresponde ao tempo de estocagem cerca de seis dias, para o pão sem aditivo, enquanto que para o pão com aditivo esse tempo foi superior a sete dias. As demais curvas de compressibilidade

(Figuras 14, 15, 16 e 17), com excessão da curva da força máxima na segunda compressão (Figura 18), apresentaram a mesma tendência ou seja, ocorreu um aumento nos parâmetros de compressibilidade ao longo do tempo de estocagem. Observou-se também que os pães com e sem aditivos apresentaram características semelhantes de compressibilidade até o terceiro dia de armazenamento, ocorrendo uma defasagem entre as curvas, com o aumento do período de estocagem. Esses resultados estão de acordo com os relatados por vários pesquisadores (EDELMAN, *et al.*, 1950; HODGE *et al.*, 1978; JOENSON & TOERNES, 1987) que avaliaram a compressibilidade de pães com e sem aditivos através do estudo da variação da força a uma taxa constante de deformação. De uma maneira geral, os gráficos mostraram que a adição de lecitina hidroxilada de soja e de goma caragena na formulação propiciou menores valores nas medidas de compressibilidade dos pães, com o aumento tempo de estocagem, em comparação com pães sem o uso desses aditivos.

Os resultados instrumentais para avaliação do envelhecimento dos pães estão de acordo com aqueles obtidos nos testes sensoriais, onde também foi mostrado que a adição de caragena e lecitina hidroxilada na massa tem o efeito retardador no envelhecimento do pão.

TABELA 23. Média porcentual do quociente do desvio padrão pela média das determinações das medidas de compressibilidade.

	F_1	F_2	TgI	TgII	A_1	D_1	F_{co}	D_2	A_2
				PÃES SEM ADITIVO					
$\frac{\sum_1^{12}\left(\frac{s}{x}\right)}{11}$ %	9,2	9,0	11,6	17,4	8,2	7,5	7,4	9,3	32,5
				PÃES COM ADITIVO					
$\frac{\sum_1^{12}\left(\frac{s}{x}\right)}{11}$ %	10,0	7,6	13,1	14,2	9,9	8,6	9,4	8,8	29,1

x → média das determinações, s → desvio padrão populacional

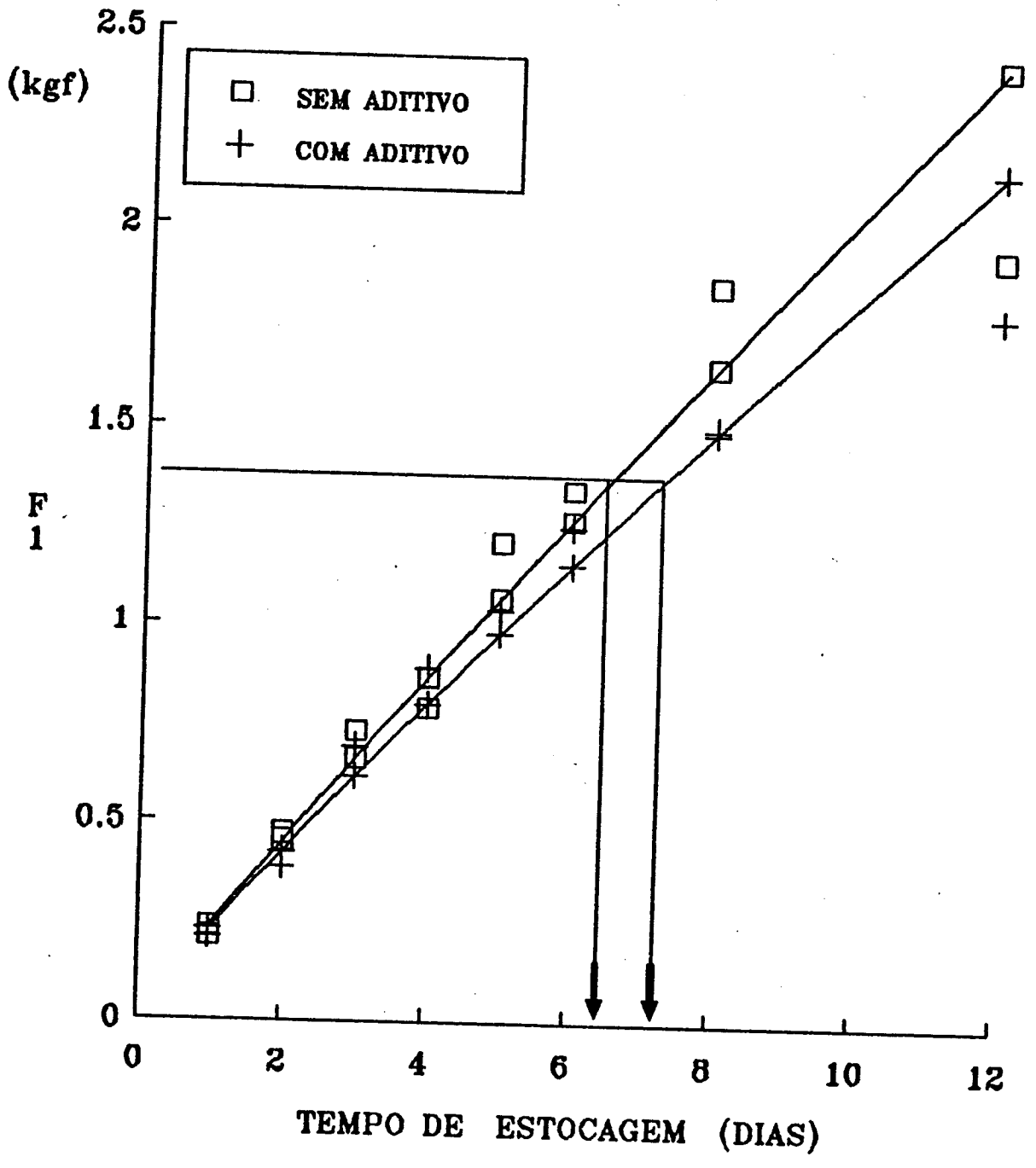


FIGURA 13. Gráfico do tempo de estocagem versus força para 25% de compressão (F_1).

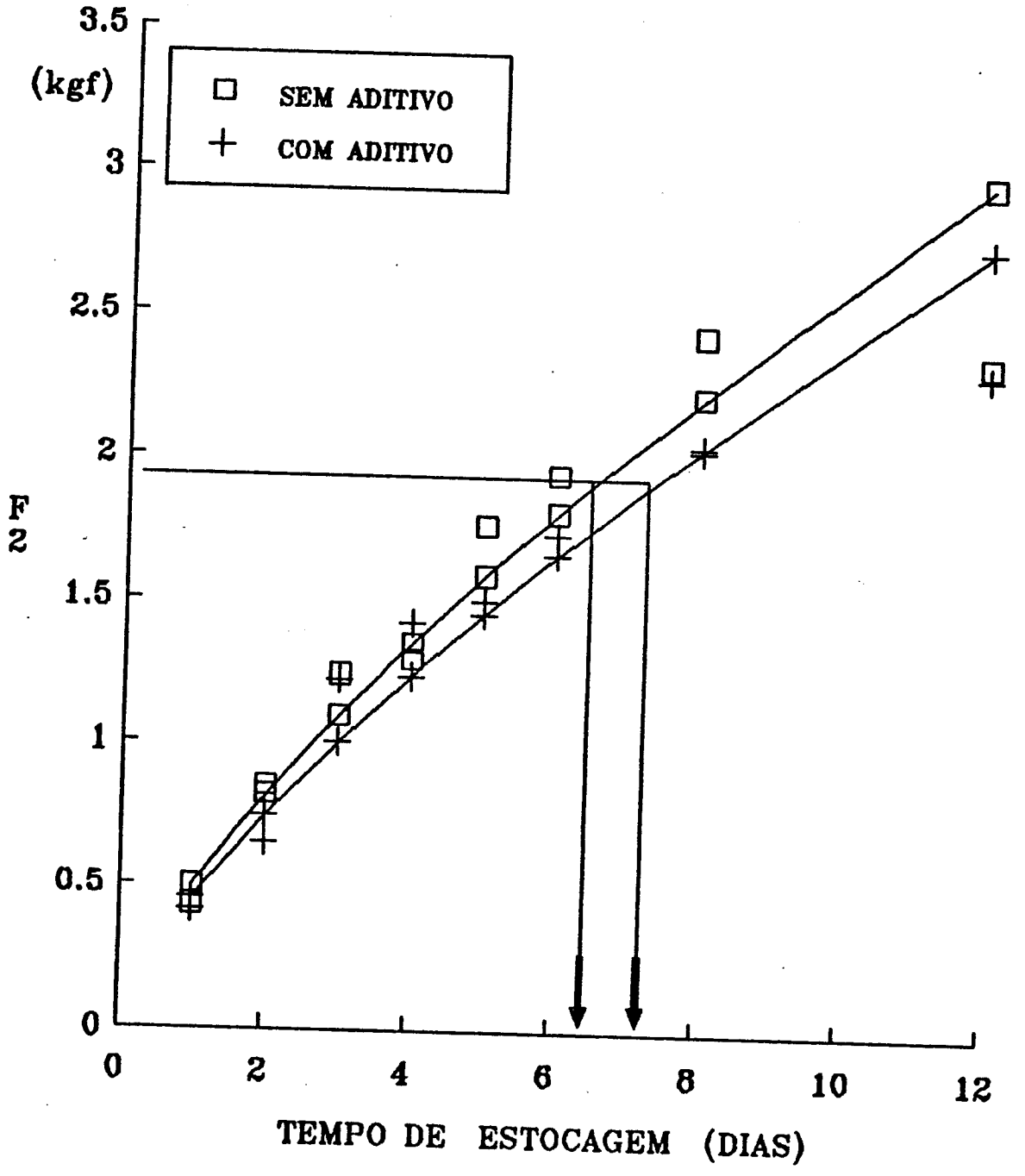


FIGURA 14. Gráfico do tempo de estocagem versus força para 50% de compressão (F_2).

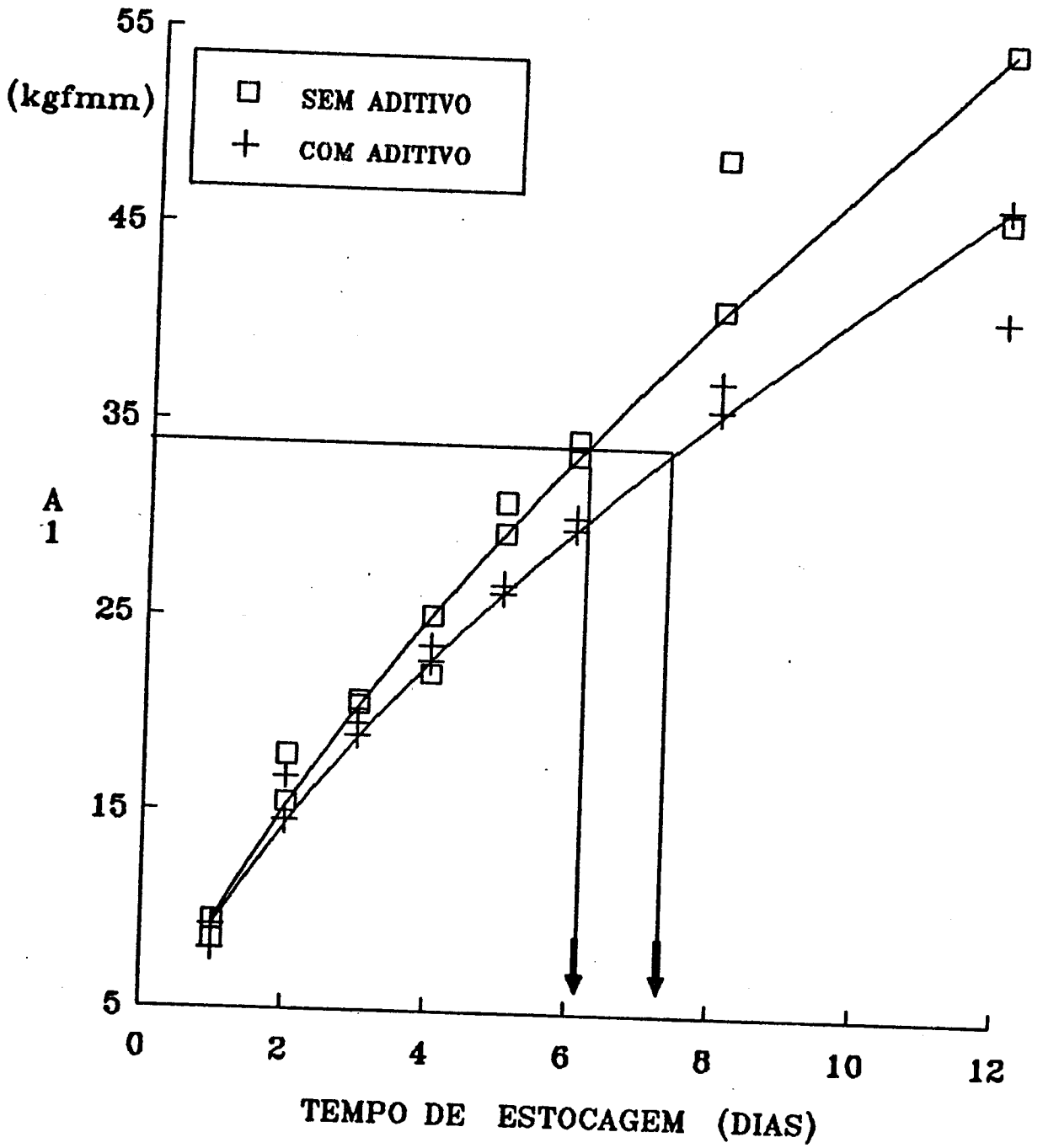


FIGURA 15. Gráfico do tempo de estocagem versus área sob a primeira curva de compressão até 80% de compressão (A_1).

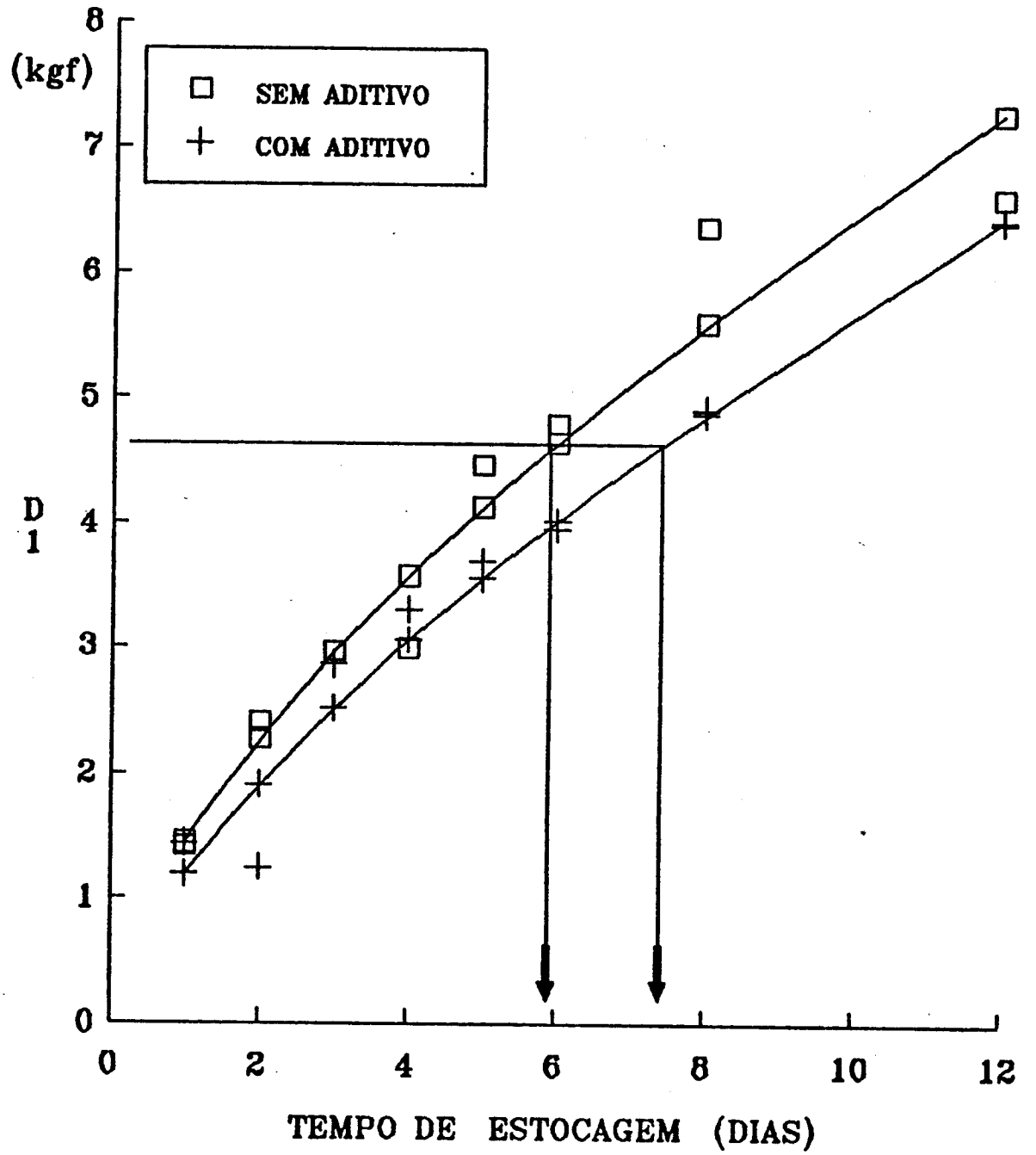


FIGURA 16. Gráfico do tempo de estocagem versus força para comprimir até 80% da altura inicial (Força máxima 1 - D1).

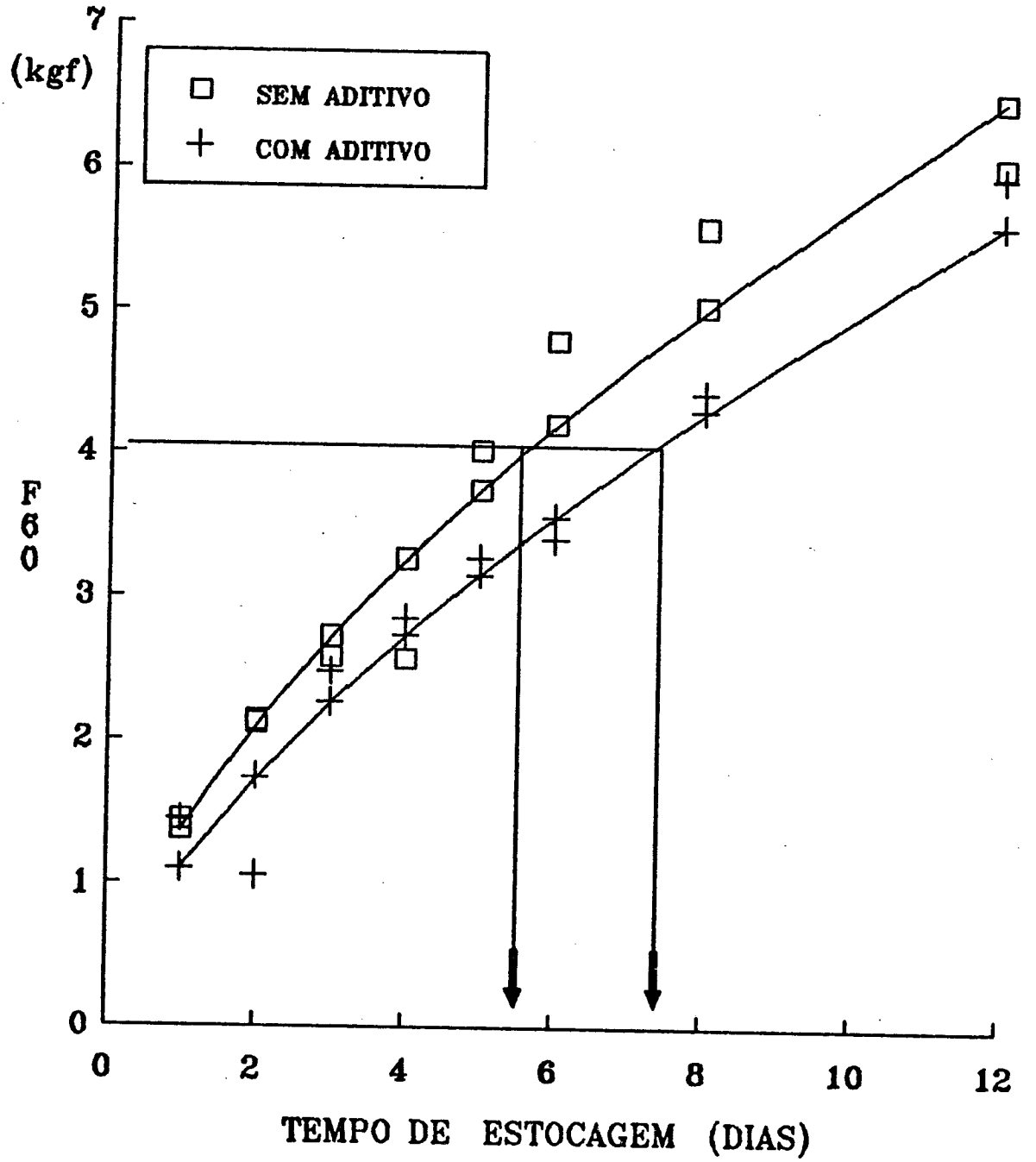


FIGURA 17. Gráfico do tempo de estocagem versus força após 60 segundos de relaxamento - F_{60}.

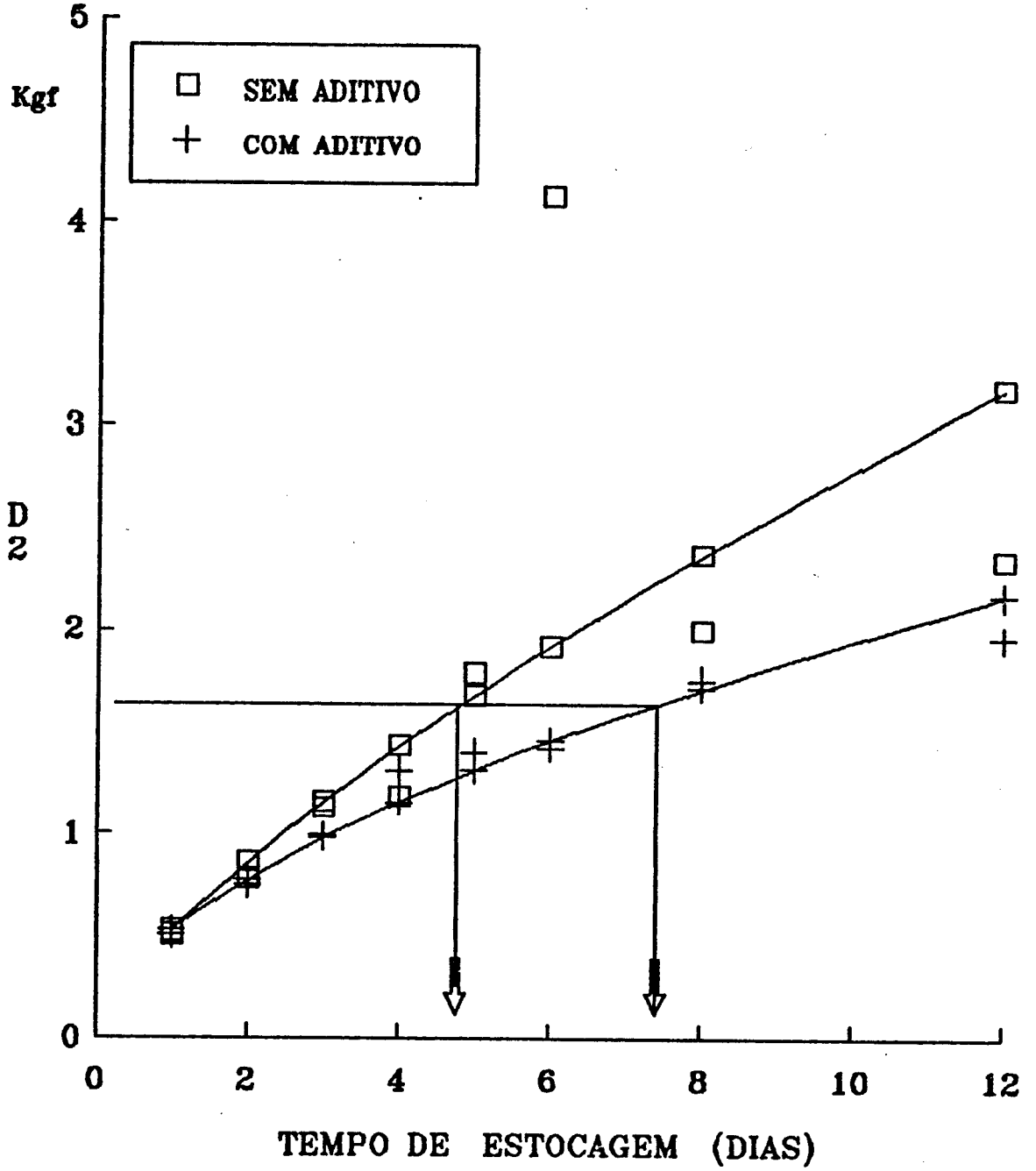


FIGURA 18. Gráfico do tempo de estocagem versus a força para comprimir pela segunda vez até 80% da altura inicial (D_2).

J. ASSOCIAÇÃO DOS PARÂMETROS SENSORIAIS E INSTRUMENTAIS

A partir das equações obtidas com o Programa Computacional para Ajuste de Equações em Dados Experimentais (ZULLO & ARRUDA, 1982) foram obtidas diversas curvas relacionando parâmetros sensoriais de frescor, coesividade e maciez com parâmetros instrumentais, F_1,F_2,D_1,D_2,TgI e TgII, cujo modelo matemático foi representado por funções do tipo alométrica linear (lei da potência: $S = AI^B$) e hiperbólica retangular ($S = 1/A + BI$) conforme a Tabela 24. A lei da potência foi utilizada por MOSKOWITZ (1981) para relacionar percepções sensoriais com testes instrumentais. BASHFORD & HARTUNG (1976) adotaram modelos quadráticos e exponenciais para relacionar frescor com carga máxima durante a primeira compressão de 25% de uma fatia de pão com 12 milímetros de espessura. No presente estudo foi adotado como critério para escolha dos modelos os menores valores para o quadrado médio do resíduo, para o grau de liberdade do modelo e para os valores de F calculado.

Observou-se que as relações F_2 X Frescor, D_1 X Frescor, D_2 X Frescor e F_2 X coesividade foram similares. Indicando que os parâmetros F_1, F_2 e D_1, que medem a deformação do pão de 25% (F_1), 50% (F_2) e até mesmo 80% da altura inicial (D_1) (onde ocorre o rompimento das paredes laterais das fatias do pão - Figura 5) , podem ser usados indistintamente para avaliar a compressibilidade. do pão.

As Figuras 19, 20 e 21 apresentam as curvas que relacionam os parâmetros instrumental-sensorial: F_1 X Frescor, F_1 X coesividade e F_1 X maciez de pães com e sem aditivos,

respectivamente. As curvas que relacionam F_1 com o frescor para pães com e sem aditivo mostraram que, para um mesmo valor da medida instrumental F_1, foram obtidos valores de frescor superiores para pães com aditivo. Essa diferença foi maior à medida que os valores de força aumentaram.

Comportamento semelhante, porém mais pronunciado, foi observado para as medidas de F_1 X maciez de pães com e sem aditivos. Contudo, as curvas de F_1 X coesividade foram praticamente coincidentes, o que mostrou que esse atributo sensorial não é adequado para se medir as diferenças entre o frescor de pães com e sem aditivos.

A curva que mostrou a maior diferença entre os tratamentos (pão com e sem aditivo) foi a que relaciona F_1 X maciez, o que levou a eleger a medida sensorial de maciez como aquela que melhor possibilitou a diferenciação entre pães com e sem aditivos durante o armazenamento.

A coesividade instrumental (A_2/A_1) foi associada com coesividade sensorial e pelos resultados obtidos na análise estatística dessa associação (QMR = 0,2542; F = 3,89 e r = 0,28) verificou-se que o modelo exponencial utilizado nesse trabalho não deve ser usado para expressar a relação entre as medidas. Esse resultado levou-nos a concluir que as duas medidas de coesividade não medem o mesmo parâmetro, ou seja, "foi usado o mesmo termo (coesividade) para medir propriedades diferentes" (PELEG, 1983).

TABELA 24. Modelos matemáticos que relacionam parâmetros sensoriais a instrumentais.

VARIÁVEIS	QMR	GLM	F	r	EXPRESSÃO	MODELO
F_1 X Frescor*	0,0238	1	51,69	-0,7270	$S = 4,5\ I^{-0,52}$	A.L.
	0,0121	1	35,42	0,6600	$S = 1/(0,08 + 0,16I)$	H.R.
F_1 X Frescor**	0,0213	1	39,56	-0,6800	$S = 4,8\ I^{-0,45}$	A.L.
	0,0059	1	47,37	0,7120	$S = 1/(0,06 + 0,15I)$	H.R.
F_1 X Coesiv.*	0,233	1	56,81	-0,7430	$S = 3,85\ I^{-0,54}$	A.L.
	0,0118	1	45,67	0,7060	$S = 1/(0,08 + 0,18I)$	H.R.
F_1 X Coesiv.**	0,0303	1	43,96	-0,6990	$S = 3,84\ I^{-0,57}$	A.L.
	0,0140	1	40,77	0,6850	$S = 1/(0,06 + 0,27I)$	H.R.
F_1 X Maciez*	0,0210	1	56,51	-0,7420	$S = 4,72\ I^{-0,51}$	A.L.
F_1 X Maciez**	0,0215	1	32,12	-0,6410	$S = 5,46\ I^{-0,41}$	A.L.

* → sem aditivo, ** → com aditivo, S → variável relativa ao parâmetro sensorial, I → variável relativa ao parâmetro instrumental, A.L. → alométrico linear, H.R. → hiperbólico retangular, QMR - quadrado médio do resíduo, GLM - grau de liberdade do modelo, F - valor de F calculado, r - raio de correlação.

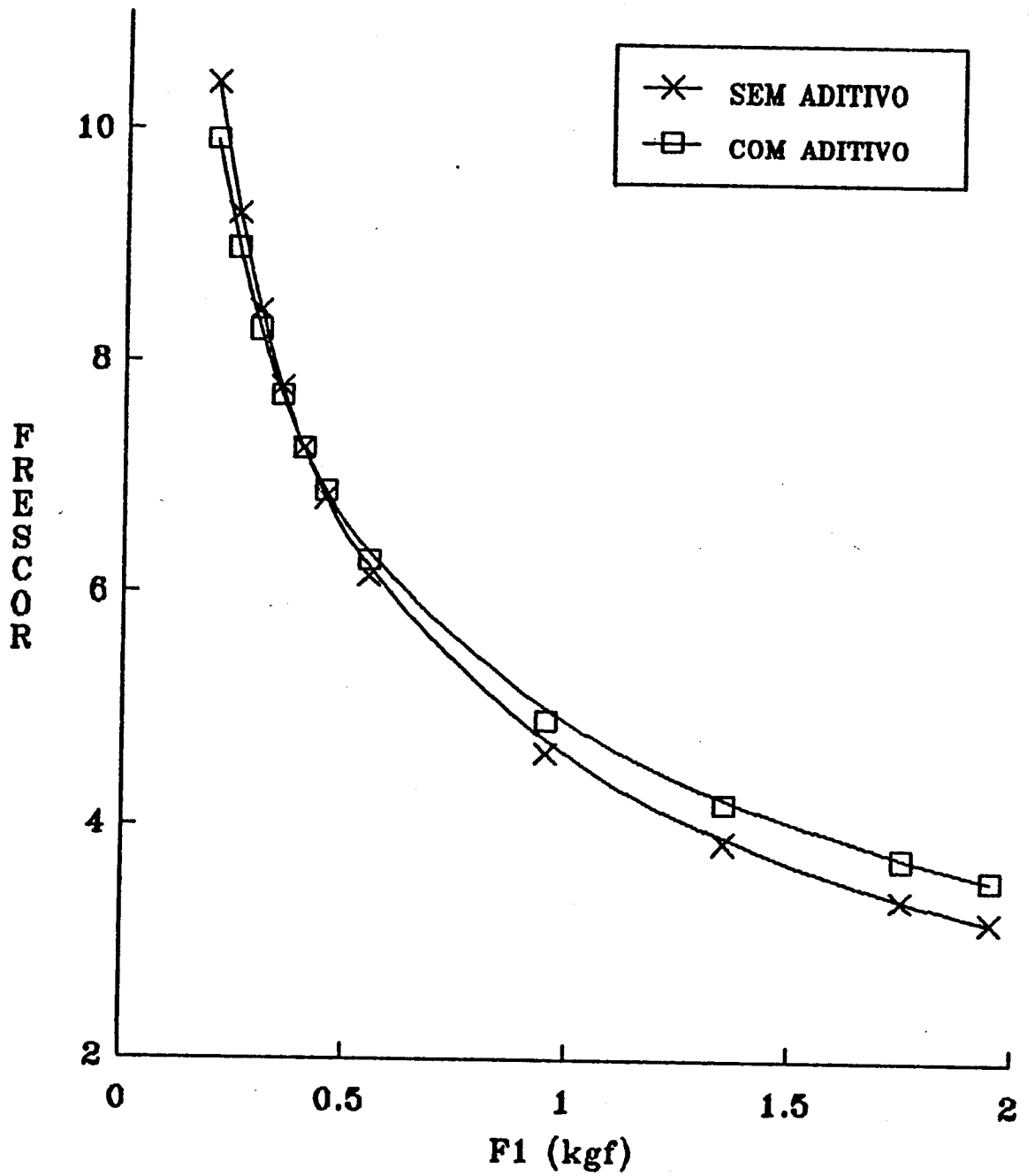


FIGURA 19. Curvas de F_1 versus frescor de pães sem aditivos ($S = 4,5\ I^{-0,52}$) com aditivos ($S = 4,8\ I^{-0,45}$).

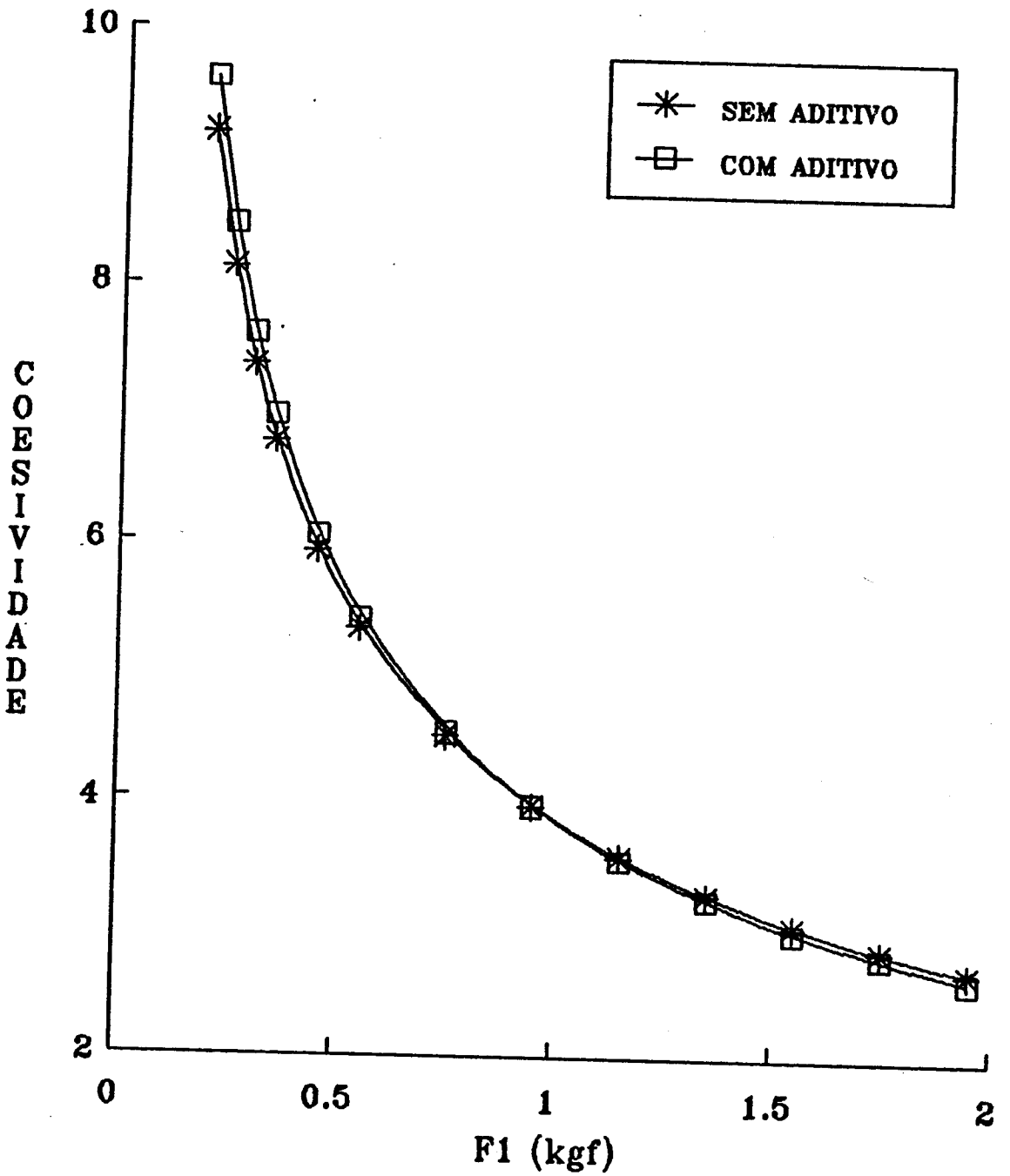


FIGURA 20. Curvas de F_1 versus Coesividade de pães sem aditivos ($S = 3,85\ I^{-0,54}$) e com aditivos ($S = 3,85\ I^{-0,57}$).

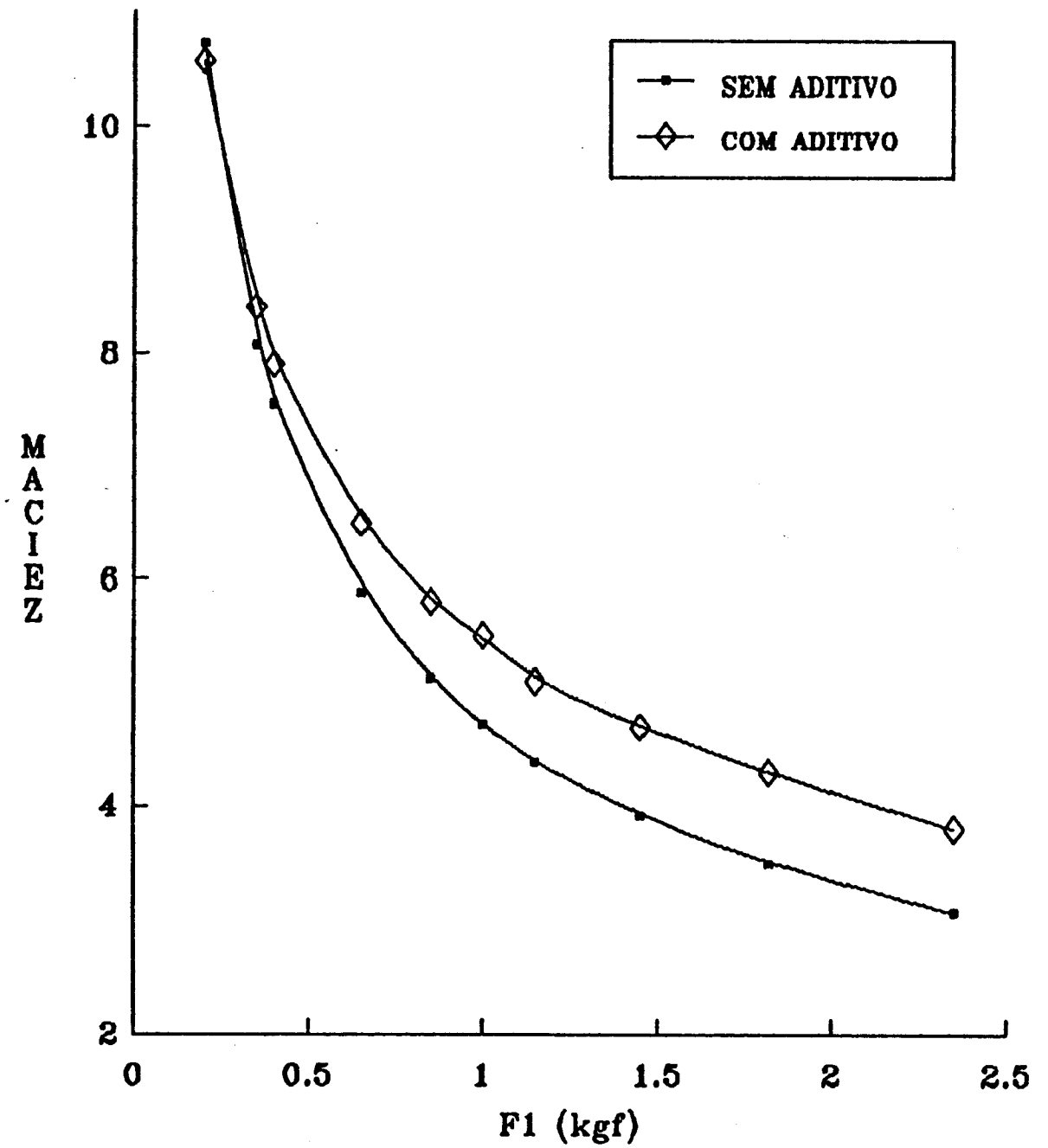


FIGURA 21. Curvas de F_1 versus maciez de pães sem aditivo ($S = 4,72\ I^{-0,51}$) com aditivos ($S = 5,46\ I^{-0,41}$).

Segundo STOLLMAN & LUNDGREN (1987) a relação entre as medidas de maciez sensorial versus a elasticidade instrumental não apresentaram ajuste satisfatório pela lei da potência, porém tiveram alta correlação linear.

K. MODO E CINÉTICA DE ENVELHECIMENTO DOS PÃES

O modo e a cinética de envelhecimento dos pães foram estudados aplicando-se a teoria de Avrami aos dados de F_1 e F_2. A Tabela 25 apresenta os resultados obtidos para o expoente de Avrami e para a constante de tempo. Os valores dos expoentes de Avrami (n) para os pães com e sem aditivo, utilizando os dados de F_1 e F_2 ficaram próximos da unidade, o que indica que a retrogradação do amido é de nucleação instantânea, seguida pelo crescimento dos cristais em forma de bastonetes. Resultado semelhante foi também encontrado por KIM & D'APPOLONIA (1977). Os valores de constante de velocidade (1/K) encontrados indicaram que os pães com aditivos possuem uma velocidade de envelhecimento menor do que com pães sem aditivos. Este resultado comprovou a ação retardadora do envelhecimento dos aditivos (caragena e lecitina hidroxilada de soja), visto ter ocorrido uma diminuição na velocidade de retrogradação das moléculas de amido.

TABELA 24. Valores do expoente de Avrami e da constante de velocidade para os pães com e sem aditivo, utilizando os dados de F_1 e F_2.

MEDIDA	n	r	GL	1/K	r	GL
F_1 [a]	1,08	0,974*	8	7,03	0,941*	8
F_1 [b]	1,08	0,982*	8	8,43	0,961*	8
F_2 [a]	1,02	0,981*	6	6,35	0,973*	6
F_2 [b]	1,05	0,962*	6	7,21	0,951*	7

a - pão sem aditivo

b - pão com aditivo

n - expoente de Avrami; r - raio decorrelação; GL - grau de liberdade

1/K - constantede tempo; GL - grau de liberdade; r - raio de correlação

* - significativo a 5%

V.CONCLUSÕES

1. A goma caragena melhorou as características de mistura das massas contendo níveis de até 0,15% sobre o peso da farinha de trigo;

2. A presença de goma caragena e lecitina hidroxilada de soja permite uma diminuição de 50% no teor de agente oxidante (ácido ascórbico) nas massas;

3. A presença de 0,02% de goma caragena em massas com ácido ascórbico e lecitina hidroxilada de soja melhorou as propriedades de mistura e de extensão e as características de fermentação e de cozimento da massa;

4. A adição conjunta de lecitina hidroxilada de soja e de goma caragena, a níveis de 0,5 e 0,02% respectivamente, aumentou o potencial de panificação da farinha de trigo média fraca;

5. A goma caragena apresentou o melhor desempenho no teste instrumental de panificação, quando comparada com as gomas xantana e guar, em níveis de a 0,15% do peso da farinha de trigo;

6. O uso de ácido ascórbico na massa propiciou melhor qualidade do pão, avaliado pelo teste instrumental de panificação, quando comparado com bromato de potássio e azodicarbonamida;

7. A lecitina hidroxilada de soja melhora a qualidade qualidade global dos pães, avaliada pelo teste instrumental de panificação, quando comparada com estearoil 2-lactil lactato de sódio;

8. Pães com caragena e lecitina hidroxilada de soja (0,02% e 0,5% respectivamente), produzidos em escala piloto, apresentaram vida útil cerca de 1 a 2 dias superior a dos pães sem esses aditivos;

9. A medida de maciez pelo tato foi, dentre os atributos sensoriais estudados (frescor, maciez, coesividade e mastigabilidade), aquela que melhor possibilitou a detecção de diferenças entre pães com e sem aditivação;

10. A compressibilidade do pão pode ser usada indistintamente tanto por testes que envolvem pequena deformação (25% da altura inicial) quanto em testes que causam a destruição da amostra (compressão de 80% da altura inicial);

11. As medidas de maciez sensorial e elasticidade instrumental possuem alta correlação;

12. As medidas de coesividade instrumental e coesividade sensorial não apresentam relação entre si;

13. O emprego de 0,5% de lecitina hidroxilada de soja e de 0,02% de caragena reduzem a velocidade de retrogradação das moléculas de amido em relação a do pão sem aditivação.

V. BIBLIOGRAFIA

ABERHAN, H. Neue nehlverbesserung auf emulgatorbais. In: SCHUSTER, G. & ADAMS, W.F. Emulsifiers as additives in bread and fine baked products. Advances in Cereal Science and Technology. St. Paul, AACC, 6:139-287, 1984.

AINSWORTH, P. A. and BLANSHARD, J. M. V. The effect of heat processing on the structure and rheological properties of carrageenan gels. Journal of Food Technology, 14 (2): 141-147, 1979.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC) - Approved Methods of the AACC, St. Paul, 7 ed, 1969.

ANDT, J. J. R. Food Additives to Extend Shelf Life. U S Patent 3271164; September 6, 1966. Assigned to STEIN, HALL & CO., Inc. In PINTAURO, N.. Food Technology Review. NDC, 14:171-174, 1974.

BAKER, A. E.; DOERRY, W. T., KEMP, K. Instron factors involving in measuring crumb firmness. Cereal Foods World, 31(2): 193-195, 1986.

BAKER, A. E.; DOERRY, W. T.; KEMP, K. Graphical presentation of instron factors on crumb firmness. Cereal Foods World, 31(3): 262-268, 1986.

BAKER, A. E.; PONTE, J. G. Jr. Measurement of bread firmness with the universal testing machine. Cereal Foods World, 32(7): 491-493, 1987.

BAKER, A.E.; DIBBEN,R.A.; PONTE, J.G.,JR. Comparison of bread firmness measurements by four instruments. Cereal Foods World. 32(7):486-489.1987.

BASHFORD, L. L. & HARTUNG, T. E. Rheological properties related to bread freshness. Journal of Food Science, 41:446-447, 1976.

BECHTEL, W. G.; MEINSNER, D. F.; BRADLEY, W. B. The effect of the crust on the staling of bread. Cereal Chemistry, St. Paul, 30(3): 160-168, 1953.

BECHTEL,W.G.; MEISNER,D.F. Staling studies of bread made with flour fractions II. Selection of the sensory test panel. Cereal Chemistry. St Paul, 31(5):171-175,1954.

BICE, C. W.; GEDDES, W. F. Studies on bread staling. IV. Evaluation of methods for the measurement of changes wich occur during bread staling. Cereal Chemistry, St. Paul, 26(11):440-465, 1949.

BLIGH, E. C.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid: extration and purification. Can. J. Biochem. Physiol., 37: 911-917, 1959.

BRABENDER OVEN RISE RECORDER. Instruction Manual. Brabender OHG, Duisburg.

BRADY, P. L. & MAYER, S. M. Correlations of sensorial and instrumental measures of bread texture. Cereal Chemistry, St. Paul, 62(1): 70-72, 1985.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. Food Technology, 7: 62-66, 1978.

BOURNE, M. C. Rupture tests Vs small-strain tests in predicting consumer response to texture. Food Technology, 10: 67-70, 1968.

BOUSSINGAULT, J.B. Experiments to determine the transformation of fresh bread into stale bread, Ann. Chem. Phys., 36: 490. 1952. in: KULP, K; PONTE, J.G. JR. Staling of white pan bread: fundamental causes. CRC. Critical Reviews in Food Science and Nutrition , Sept 1981.

CALVEL, R. Les possibilits de l'amlioration du pan au Brésil. Ind. des Cerales, (27): 24-27, 1984.

CAMARGO, C. R. O.; CAMARGO, C. E. O. Trigo: Avaliação tecnológica de novas linhagens (1). Bragantia, Campinas, 46(2): 169-181, 1987.

CAUL, J. F.; VADEN, A. G., Flavor of white pan bread as it ages. Baker's Digest, 46(1): 39, 1972.

CAWLEY, R.W.- The role of wheat flour pentosans in baking II. Effect of added flour pentosans and other gums on gluten-starch loaves. J.Sci.Food Agr.,(15):834, 1964.

CHERDKIATGUMCHAI,P. AND GRANT,D.R. Enzymes that contribute to contribute to the oxidation of L-ascorbic acid in flour/water system. Cereal Chemistry, St.Paul, 63(3):197-200. 1986.

CHIMIROV, J.I.; BRAUDO, E.E. & TOLSTOGUZOV, V.B. On the possibility of using non-macaroni flour for making macaroni articles. Die Nahrung,25 (8): 719-727, 1981.

CHUNG,O.K.,POMERANZ,Y.,GOFORTH,D.R.SHOGREN,M.D.;FINNEY,K.F. Improved sucrose esters in breadmaking. Cereal Chem.,St. Paul, 53:615-626. 1976. In: SCHUSTER,G.; ADAMS,W.F.- Emulsifiers as additives in bread and fine baked products. Advances in Cereal Science and Technology, St. Paul, 6:139-287, 1984.

CIACCO,C.F.; FERNANDES,J.L.A. Effect of various ions on the kinetics of retrogradation of concentrated wheat starch gels. Starke 31:2,51-53. 1979.

CORNFORD, S. J.; AXFORD, D. W. E.; ELTON, G. A. H. The elastic modulus of bread crumb in linear compression in relation to staling. Cereal Chemistry, St. Paul, 41(7): 216-229, 1964.

CROSSLAND,L.B. & FAVOR,H.H. A study of the effects of various techniques on the measurement of the firmness of bread by the baker compressimeter. Cereal Chemistry, St Paul, 27(6):15-25, 1950.

DAHLE,L.K.;MURTHY,P.R. Some effects of antioxidants in dough system. Cereal Chemistry, 47,296-303. 1970.

DUBOIS,D.K. Dough strengtheners and crumb softeners.I. Definition and classificatrion. Res. Dep. Tech.Bull. V.I, Issue 4. Am. Inst. Baking: Manhattan, KS. 1979. In: Advances in Cereal Science and Technology, St. Paul,6:139-287, 1984.

EDELMANN,E.C.; CATCHCART,W.H.; BERQUIST, C.B. The effect of various ingredients on the rate of firming of bread crumb in the presence of polyoxyethylene (mono) stearate and glyceryl monoestearate. Cereal Chemistry, St Paul, 27(1):1-14, 1950.

EDER, N. Untersuchungen uber den einsatz von emulgatoren in der mullerei. Deutsche Mueller Zeitung 74(15):261-263,1976. In Food Science and Technology Abstracts, FSTA 9(6M683):112,1977.

ELKASSABANY, M.; HOSENEY,R.C. Ascorbic acid as an oxidant in wheat flour II. Rheological Effects. Cereal Chemistry 57(2):88-91.1980.

EICHBERG, J.- Lecithin. In: Encyclopedia of Chemical Technology, New York & Sons Inc., 3rd ed., V. 14. p.250-262. 1981. John Wiley & Sons Inc. New York.

EL-DASH, A. A Análise e Desenvolvimento de um novo sistema de testagem da qualidade tecnológica da farinha. Tese de livre docente, Campinas, Universidade Estadual de Campinas, - fevereiro, 1978.

EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. Cereal Chemistry, St. Paul, 55(4): 436-447, 1978.

EL-SEBAIY, L. A.; EL-MAHDY, A. R.; MOUSTAFA, E. K.; MOHAMED, M. S. Evaluation of lecithins prepared from egypcian sources as additives in bread making. Alexandria Journal of Agricultural Research, 28(1):121-125. 1980. In: Food Science and Thecnology Abstracts. FSTA: C15(7):135. 1983.

ELTON, G. A. Mechanical dough development. Baker's Digest, 39:(4):38, 1965. In: POMERANZ, Y. Wheat, Chemistry and Technology. St Paul, 13:689-703, 1978.

ERLANDER, S. R.; ERLANDER, L. G. Explanation of ionic sequences in various phenomena. X. Protein-carbohydrate interation and the mechanism for the staling of bread. Staerke, 21, 305, 1969. in: MAGA, J. A. Bread staling: Crc. Critical Reviews in Food science and Nutrition, April, 1985.

GACULA, M. C. Jr.; SINGH, J. Statistical methods in food consumer research. chapter, New York, Academic Press, 4:87-88, 1984.

GERMANI, R., CIACCO, C.F., RODRIGUEZ AMAYA, D.B. Effect of sugars, lipids and other type of starch on the mode and kinetics of retrogradation of concentrated corn gels. Starke, 35:(11), 377-381, 1983.

GLABE, E.F. & JERTSON, E.C. Incorporation of nonfat milk solids with carrageenan and hydroxilated lecithin. Food Technology Review. Yeast Leavened. NDC, 20:30-35. 1968.

GRAHAN, D.H. Food Colloids. The Avi Publishing Company Inc, Wesport Company Inc. Wesport Connecticut:324-326; 522-525, 1977.

HART, M.R.; GRAHAN, R.P.; GEE, M. & MORGAN, A.I. Bread from sorghum and barley flours. Journal of Food Science, 35:661-665, 1970.

HESS, K. Protein, Kleber und Lipoide in weizenkorn und mehl. KOLLOID Z.1954, 136:84. 1954. In: CHUNG, O.K. Lipid-protein interaction in wheat flour, dough, gluten and protein fraction. Cereal Foods World, 31(3):242-256.1986.

HODGE. D.G., ROBB.J.;CHESTOR, A.J.. Progress in cake staling research. Bull. Flour milling and baking res. Ass. 6:215-224, 1978. In: Advances in Cereal Science and Technology, V. 6,263, 1978.

HOSENEY, R.C. Gas retention in bread doughs. Cereal Foods World, 29(5):305-308, 1984.

HOSENEY, R. C., HSU, K. H.; LING, R. S. Use of diacetyl-tartaric acid esters of monoglycerides in breadmaking. Baker's Digest 59(2): 28-30, 1976. In: SCHUSTER, G.; ADAMS, W. F. Emulsifiers as additives in bread and fine baked products. Advances in Cereal Science and Technology, St. Paul, 6: 139-287, 1984..

HUEBNER F. R. & WALL, J. S. Polysaccharide interaction with wheat protein and flour doughs. Cereal Chemistry, St. Paul, 56(2): 68-73, 1979.

JOENSSON, T.; TOERNAES, H. Effect of selected surfactants on bread crumb softness and its measurement. Cereal Foods World. 32(7): 482-485, 1987.

JOHNSTON, W. R.; MAUSETH, R. E. The interrelation of oxidants and reductants in dough development. The Bakers Digest. 42: (2), 20-22, 1972.

KAMEL, B. S.; WACHNUIK, S.; HOOVER, J. R. Comparison of the baker compressimeter and the instron in measuring firmness of bread containing various surfactants. Cereal Foods World, 29(2): 159-161, 1984.

KAMEL, B. & RASPER, V. F. Comparison of precision penetrometer and baker compressimeter in testing bread crumb firmness. Cereal Foods World, 31(3): 269-274, 1986.

KAMEL, B. S. Bread firmness measurement with emphasis on Baker Compressimeter. Cereal Foods World, 32(7): 472-476, 1987.

KAMER, J.H. & VAN GINKEL, L. Rapid Determination of crude fiber in cereals. Cereal Chemistry, 29(4): 239-251, 1952.

KENT JONES, D.W.; AMOS, A.J. Modern Cereal Chemistry. 6 ed. Food Trade Press, London. 1967.

KILBORN, R.H.; TIPPLES, K.H.; PRESTON, K.R. Grain research laboratory compression tester: its description and application to measurement of bread crumb properties, Cereal Chemistry, St Paul, 60(2): 134-138, 1983.

KIM, J.C. & RUITER, D. Bread from non-wheat flours. Food Technology, 22(7): 867-878, 1968.

KIM, S.K.; D'APPOLONIA, B.L.- Bread staling studies. I. Effect of protein content on staling rate and bread crumb pasting properties. Cereal Chemistry, St Paul, 54(2): 207-215. 1977.

KRAGEN, H. & BOURDAIS, A. Les carraghénanes. Industries Alimentaries et Agricoles, 90anée(9-10): 1217-1224, 1973.

KULP, K.; PONTE, J.G. Jr. Staling of white pan bread: Fundamental causes. Critical Review in Food Science and Nutrition. CRC. September, 1-48, 1981.

KULP, K.; HEPBURN, F.N.; LEHMANN, T.A. Preparation of bread without gluten. The Baker's Digest, 49(3):34-37,58,1974.

KUNTZE,R. Bedeutung des Eisatzes von emulgatoren bei der Brotchenherstellung. In:Proc. Int.Congr. Problems of Modern Grain Processing and Cereal Chemistry, 7:73-82 1977.

LARSSON,K.1980 Technical effects in cereal products of lipids, naturally present and additives. In: SCHUSTER,G.; ADAMS,W.F.- Emulsifiers as additives in bread and fine baked products. Advances in Cereal Science and Technology. ST. Paul, 6:139-287,1984.

LEHMANN, G. Contribution of the basic food ingredient industry to improvement of the baking quality of weak flours. Muhle + Mischfutterchrik,112(22):291-293.1975. In: Food Science and Technology Abstracts. FSTA,7(11).1975.

LORENZ,K.; DILSAVER,W. Bread compressibility as affected by slice thickness. Journal of Food Science. 47:689-691,1982.

MacRITCHIE,F. Flour lipids and their effects in baking. J.Sci Food Agric. 28:53-58. 1977. In: SCHUSTER,G.; ADAMS,W.F.- Emulsifiers as additives in bread and fine baked products. Advances in Cereal Science and Technology,6:139-287, 1984.

MAGA, J.A. Bread Staling.Crc. Critical Reviews in Food Technology. April, 443-486.1975.

MARINE COLLOIDS Carrageenan. Food Processing, 35:(1): 1-72, 1974.

MARNETT,L.F. Der einsatz von emulgatoren bei der brotherstellung im amerikanischen backgewerbe. in: Emulsifiers. Advances in Cereal Science and Technology, St. Paul,6:214-215,1984.

MOSKOWITZ,H.R. Relating subjective and instrumental measures A psychophysical overview. Journal of Food Quality,4:15-33.1981.

NIEUWENHUZEN, W.V. The industrial uses of special lecithins: A Review. JOACS,(10):886-888.1981.

NISHITA, K.D.; ROBERTS, R.L. & BEAN, M.M. Development of a yeast-leavened rice-bread formula. Cereal Chemistry,53(5):626-635, 1976.

OSMAN, M. E.; LEITH, S.J.; FLS, M. Complexes of amylose with surfactants. Cereal Chemistry. St Paul, 38(9):449-463,1961.

PARDONCHE, P.E.- Caragena; aplicações dos extratos de algas marinhas na indústria de alimentos.Ceca Produtos Químicos S.A.1-5, março.1985.

PEDERSEN, J.K. Carrageenan: Functional properties and application in food. Cereal Science Today,19(10):471-476,1974.

PELEG,M. The semantics of rheology and texture. Food Technology, november, 54-61, 1983.

PRATT JR.,D.B. Criteria of flour quality. In: POMERANZ,Y.- Wheat Chemistry and Technology. St. Paul AACC, 1978. p.201-225.

POMERANZ, T.; SHORGREN, M.; FINNEY, K.F. Natural and modified phospholipids. Effects on bread quality. Food Technology,22(7): 85-88,1968.

POMERANZ,Y. Molecular approach to breadmaking: an update and new perspectives. Baker's Digest, Manhattan,ks,54(1):20-27 e 54(2):12-20,1980.

POMERANZ,Y. Functional properties of food components. Academic press, Inc. New York, 10:397-426, 1985.

PUTSCHIKOWA,L.J.; NETSCHJEN,H.P. Die Rolle der lipide beider herstellung von brot aus weizenmhl. In. Proc. Int. Congr.(6) Problems of Modern Grain Processing and Cereal Chemistry, 6:123-128, 1975.

PYLER,E.J. Baking Science & Technology, Siebel Publishing Company, Chicago, Ill. 1973.V.1.

RAO, V.S. & VAKIL, V.K. Improvement of baking quality of oilseed-enriched wheat flour by addition of gluten and soy lecithin. Journal of Food Science and Technology, 17(6) 259-262,1980.

RAO, V.G.; INDRANI, D. ; SHURPAKEKAR, S.R. Guar gum as an additive for improving the bread making quality of wheat flours. Journal of Food Science and Technology, 22(2):101-104. 1985.

REDLINGER, P.A.; SETSER, C.S.; DAYTON, A.D. Measurements of bread firmness using the Instron Universal Testing Instrument: Differences resulting from test conditions. Cereal Chemistry. St Paul, 62(3):223-226. 1985.

REES, D. A.- Chemy. Ind. In: Water Relations of Foods. London, Academic Press, 1975. p.27-29.

ROHR, R. Óleos e gorduras vegetais. Seus subprodutos protéicos. Fundação Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de Alimentos, 3 ed. Boletin do Ital. Campinas, 17(3):235-251, julho/setembro. 1980.

ROHRLICH, M.; BRUCKNER, G. Cereal Grains and their processing. 2nd ed. Verlag Paul Parrey: Berlin, 1966. In: Emulsifiers as additives in bread and fine baked products. Advances in Cereal Science and Technology, AACC, St. Paul, 6:139-287, 1984.

SCHOCH, T.J.; FRENCH, D. Studies on bread staling I. The role of starch. Cereal Chemistry, St. Paul, 24:231, 1947. In: KULP, K; PONTE, J.G. JR. Staling of white pan bread: fundamental causes. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, sept, 1981.

SCHUSTER,G.;ADAMS,W.F.. Emulsifiers as additives in bread and fine baked products. In: Advances in Cereal Science and Technology AACC, St Paul,6:139-287, 1984.

SHAFER,W. Princípios da utilização de lecitinas na panificação. Brot & Backwaren, abril, 1985. Em: Boletim Informativo SANBRA/SAMRIG LECITINAS; 2:1-10,.abril, 1986.

SHAFER,W. Technologische wirkung von emulgatoren. Getreid.Mehl.Brot.,35:248-249,1981. In: Emulsifiers as additives in bread and fine baked products. Cereal Science and Technology,St. Paul,6:139-287, 1984.

SCHOLFIELD, C. R. Composition of Soybean Lecithin. JOACS,(8):889-891.1981.

SEIBEL, W.; CROMMENTUYN,A.- Experiences with the maturograph and oven-rise recorder. Reprint from "Brot und Geback", 7/1963.

SEIBEL,W. Die verwendung von emulgatoren fur die herstellung von brot und feingeback. Gordian,72:355-364. In: Advances in Cereal Science and Technology,AACC, St.Paul,6:139-287,1984.

SHORT, A.L. The evaluation of additives for breadmaking II. Lipid-type additives. Food Technology in Australia, (4):172-175. 1971.

STANLEY, N.F. Properties of carrageenan as related to structure. Paper presented at the Marine Section of Am. Chem Soc. Meeting on Oct. 20. In: Grahan, H. Food Colloids. Westport, Connecticut, The AVI Publishing Company, 1977. V. 1, p.322-323.

STAUFER,C.E. Dough Conditioners. Cereal Foods World. 28(12):729-730. 1983.

STOLLMAN,U.; LUNDGREN,B. Texture changes in white bread: Effects of processing and storage. Cereal Chemistry, St Paul, 64(4): 230-236. 1987.

STUTZ,R.L., DEL VECCHIO,R.I.;TENNEY,R.J. 1973. The role of emulsifiers and dough conditioners in food. Food Prod. Dev. 7(8):52-56. in: SCHUSTER,G.; ADAMS,W.F. Emulsifiers as additives in bread and fine baked products. Advances in Cereal Science and Technology. 6:139-287, 1984,.

SULLIVAN,B. Wheat protein research. Fifty years of progress. Cereal Science Today, Minneapolis, 10(6):338-344,1965.

SWITKA, J. Effect of addition of emulsifiers on qualitative changes in frozen bread during storage. Chlodnitwo,18(4):23-25.1983. In: Food Science and Technology Abstracts. 17:(143).1985.

TAMSTORF,S.P. The working mechanism of emulsifiers in wheat doughs. 19Th Nordic Cereal Chemists Congress. Ebeltoft,Denmark, june, 1975.

TIMBERS, G.E., KLOCK, M.; VOISEY, P.W.- The Ottawa Texture Measuring System (OTMS). Operating Manual. Engeneering and Statistical Research Institute Report. Canada, January, 1985.

TSEN,C.C The improving mechanism of ascorbic acid. Cereal Chemistry. 42:86-97,1965.

TSEN,C.C.;HOOVER,W.J. The shortening-sparing effect of sodium stearoyl-2-lactylate in bread baking. Baker's Digest. 43(3):38-42.1971. In: SCHUSTER,G.; ADAMS,W.F. Emulsifiers as additives in bread and fine baked products. Advances in Cereal Science and Technology,St.Paul,.6:139-287,1984.

ZULLO, J.J.; ARRUDA,B.F. Programa computacional para ajuste de equações em dados experimentais. Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura -CEPAGRI. 1982.

WALKER, C.E.; WEST, D.I.; BRUCE, MM.; BUCK, J.S. Cake firmness measuremts by the Universal Testing Machine. Cereal Foods World,32(7):477-480,1987.

WILLHOFT, E.M.A.; Bread Staling I. Experimental study II. Theoretical study . J. Sci. Food Agric.,22,176,1971. in: KULP,K; PONTE,J.G.JR.- Staling of white pan bread: fundamental causes Critical Reviews in Food Science and Nutrition, St. Paul, sept, 1981.

WORKING, E. B. Lipoids a factor influencing gluten quality. Cereal Chemistry. 1: 153-158. 1924.

WORKING, E. B. The action of phosphatides in bread dough. Cereal Chemistry 5: 223-234. 1928.