



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**EFEITO DA ADIÇÃO DA POLPA DE
LARANJA NAS CARACTERÍSTICAS
REOLÓGICAS DA MASSA E NA QUALIDADE
TECNOLÓGICA DO PÃO.**

CRISTINA DE PAULA RIBEIRO DOS SANTOS MAGNO
Engenheira de Alimentos

PARECER

Profa. Dra. Celina Raquel de Oliveira Camargo
Orientadora

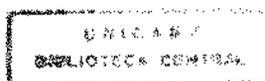
Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por CRISTINA DE PAULA RIBEIRO DOS SANTOS MAGNO, e aprovada pela Comissão Julgadora em 05.03.96
Campinas, 05 de março de 1996.

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Celina Raquel de Oliveira Camargo
Profa. Dra. Celina R. de O. Camargo
Presidente da Banca

Campinas

1996



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

M275e
Ribeiro

Magno, Cristina de Paula Ribeiro dos Santos

Efeito da adição da polpa de laranja nas características reológicas da massa e na qualidade tecnológica do pão / Cristina de Paula dos Santos Magno. -- Campinas, SP: [s.n], 1996.

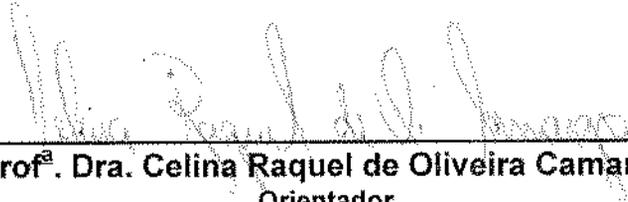
Orientador: Celina Raquel de Oliveira Camargo.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Farinha de trigo. 2. *Fibra alimentar. 3. Laranja. 4. Pão.
5.*Polpa de fruta. I. Camargo, Celina Raquel de Oliveira. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de
Alimentos. III. Título.

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA	UNICAMP
	M275e
V.	E
N.º 30 BC	27249
PREÇO	667,96
C	<input type="checkbox"/>
	D
	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	09/04/96
N.º CPD	

CM-00086207-8

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dra. Celina Raquel de Oliveira Camargo
Orientador



Prof. Dr. César Francisco Ciacco
Membro



Prof. Dr. Félix Guilherme Reyes-Reyes
Membro



Prof.ª Dra. Célia Maria Landi Franco
Membro

**Ao meu marido
Marcelo**

**Aos meus pais e irmãos
Darcí e Ulisses
Luciana e Guilherme**

**Agradeço tanto amor e,
dedico este trabalho.**

AGRADECIMENTOS

Com muito respeito e admiração agradeço à Prof^a. Dra. Celina Raquel de Oliveira Camargo pela atenção, disposição, incentivo e orientação na realização do presente trabalho.

À Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos - F.E.A., Departamento de Tecnologia de Alimentos por tornarem possível a realização do meu curso de Mestrado.

Ao CNPq, pelo suporte financeiro da pesquisa.

Aos colegas de pós-graduação, professores e funcionários da F.E.A., em especial o Departamento de Tecnologia, pela ajuda constante e suporte oferecidos ao longo dos meus estudos.

Ao Ricardo Davi, Marcos Luís Alves dos Santos, João Pontes Júnior e Sandra Cristina Esteves Bertí pela colaboração, paciência e principalmente dedicação na execução final do trabalho.

Aos meus colegas do Centro de Pesquisa e Tecnologia de Cereais do ITAL, principalmente o Antenor Pizzinatto, Antônio Wanderley de Castro, Artur Lemes da Silva, Maria Cecília Johanson Fracollí, Marco Antônio Vilela e Sílvia Helena Savóia Biondi pela amizade e apoio.

Ao pesquisador Policarpo Vitti e à Prof^a. Hilary Castle de Menezes pela amizade e ajuda na correção do resumo em língua inglesa.

À CITROSUCO PAULISTA S.A., Matão - SP, pelo fornecimento da polpa de laranja.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMO	v
SUMMARY.....	vi
I - INTRODUÇÃO.....	1
II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
A. O POTENCIAL DE PANIFICAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO.....	3
B. FIBRA NA ALIMENTAÇÃO HUMANA	4
1. Fibra alimentar: definição e composição.....	4
2. Ação fisiológica.....	6
3. Métodos de determinação	8
a) Decomposição química	9
b) Decomposição em resíduos	9
4. Fontes	12
C. POLPA DE LARANJA	14
1. Características gerais.....	14
2. Método de obtenção	16
3. Incorporação em alimentos.....	17
D. ASPECTOS TECNOLÓGICOS DO USO DE MATERIAIS FIBROSOS EM PANIFICAÇÃO	19
1. Tipos de materiais fibrosos incorporados em produtos de panificação	19

2. Efeito da incorporação de materiais fibrosos na qualidade do pão	21
a) <i>Farelo de trigo</i>	22
b) <i>Fibra de aveia</i>	25
c) <i>Polpa de maçã</i>	26
3. Uso do aditivo vital-glúten na qualidade do pão.....	27
III - MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
A. MATERIAIS	29
1. Matéria-prima	29
a) <i>Farinha de trigo</i>	29
b) <i>Polpa de laranja</i>	29
c) <i>Farelo de trigo</i>	29
2. Reagentes e ingredientes.....	31
a) <i>Reagentes</i>	31
b) <i>Ingredientes</i>	31
3. Aparelhos e equipamentos	31
B. MÉTODOS EXPERIMENTAIS	33
1. Análises físicas e químicas da farinha de trigo e da polpa de laranja.....	33
1.1. <i>Farinha de trigo e polpa de laranja</i>	33
a) <i>Umidade</i>	33
b) <i>Cinzas</i>	33
c) <i>Proteínas</i>	33

d) Gordura.....	33
e) Fibras	34
1.2. Farinha de trigo	34
a) pH da farinha de trigo	34
b) Teor de glúten úmido	34
c) Teste de sedimentação.....	34
d) Determinação do número de queda	34
1.3 Polpa de laranja.....	35
a) Granulometria	35
b) Densidade aparente.....	35
c) Capacidade de hidratação.....	35
2. Ensaio I: Efeito da polpa de laranja nas características reológicas da massa e na qualidade do pão produzido em escala laboratorial.....	35
2.1. Efeito dos teores (2,5; 5,0; 7,5 e 10%) da polpa de laranja.....	37
2.1.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas.....	37
a) Absorção de água	37
b) Tempo de chegada	38
c) Tempo de desenvolvimento da massa	38
d) Estabilidade.....	38
e) Tempo de saída.....	38
2.1.2. Determinação das propriedades de extensão das massas.....	38

a) Extensibilidade.....	39
b) Resistência à extensão	39
c) Resistência máxima.....	39
d) Área.....	39
2.1.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas.....	39
a) Estabilidade.....	40
b) Poder de retenção de gás	40
2.1.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação	40
a) Produção dos pães.....	40
b) Avaliação da qualidade dos pães.....	42
2.2. Efeito da granulometria (fina, média e grossa) da polpa de laranja.....	42
2.2.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas.....	45
2.2.2. Determinação das propriedades de extensão das massas	45
2.2.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas.....	45
2.2.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação	45
a) Produção dos pães.....	45
b) Avaliação da qualidade dos pães.....	45
2.3. Efeito da pré-hidratação da polpa de laranja.....	46
2.3.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas.....	46

2.3.2. Determinação das propriedades de extensão das massas	46
2.3.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas	46
2.3.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação	47
a) Produção dos pães	47
b) Avaliação da qualidade dos pães	47
2.4. Efeito da adição da polpa de laranja na presença de vital-glúten	47
2.4.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas	47
2.4.2. Determinação das propriedades de extensão das massas	48
2.4.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas	48
2.4.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação	48
a) Produção dos pães	48
b) Avaliação da qualidade dos pães	48
3. Ensaio II : Efeito dos teores (2,5; 5,0 e 7,5%) da polpa de laranja na qualidade do pão tipo forma produzido em escala piloto	48
a) Produção dos pães	49
b) Avaliação da qualidade dos pães	52
IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
A. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DA FARINHA DE TRIGO	53

B. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DA POLPA DE LARANJA	55
C. ENSAIO I: EFEITO DA POLPA DE LARANJA NAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DA MASSA E NA QUALIDADE DE PÃO PRODUZIDO EM ESCALA LABORATORIAL.....	57
1. Efeito dos teores (2,5; 5,0; 7,5 e 10%) da polpa de laranja.....	57
1.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas.....	57
1.2. Determinação das propriedades de extensão das massas.....	59
1.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas.....	61
1.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação	63
2. Efeito da granulometria (fina, média e grossa) da polpa de laranja.....	69
2.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas.....	70
2.2. Determinação das propriedades de extensão das massas.....	73
2.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas.....	75
2.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação	75
3. Efeito da pré-hidratação da polpa de laranja.....	81
3.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas.....	81

3.2. Determinação das propriedades de extensão das massas.....	83
3.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas.....	85
3.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação	85
4. Efeito da adição da polpa de laranja na presença de vital-glúten.....	91
4.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas.....	91
4.2. Determinação das propriedades de extensão das massas.....	93
4.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas.....	93
4.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação	96
D. ENSAIO II : EFEITO DOS TEORES (2,5; 5,0 E 7,5%) DA POLPA DE LARANJA NA QUALIDADE DO PÃO TIPO FORMA PRODUZIDO EM ESCALA PILOTO	101
V. CONCLUSÃO.....	109
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Condições estabelecidas nos 9 tratamentos laboratoriais usados nas determinações das propriedades de mistura, extensão, fermentação das massa e na qualidade do pão.....	36
TABELA 2. Formulação básica utilizada no teste experimental de panificação	41
TABELA 3. Avaliação da qualidade dos pães através das características externas e internas, aroma e gosto	43
TABELA 4. Classificação de qualidade do pão	44
TABELA 5. Formulações usadas nos 7 tratamentos para produção de pães tipo forma em planta piloto.....	51
TABELA 6. Características químicas e físicas da farinha de trigo	54
TABELA 7. Características químicas e físicas da polpa de laranja.....	56
TABELA 8. Parâmetros farinográficos da farinha de trigo com polpa de laranja	58
TABELA 9. Parâmetros extensográficos da farinha de trigo com polpa de laranja.....	60
TABELA 10. Características expansográficas da farinha de trigo com polpa de laranja	62
TABELA 11. Efeito dos teores da polpa de laranja na absorção de água e no tempo de mistura das massas usadas no teste de panificação	64
TABELA 12. Efeito dos diferentes teores da polpa de laranja na qualidade dos pães	65
TABELA 13. Granulometria da polpa de laranja.....	71
TABELA 14. Parâmetros farinográficos da farinha de trigo com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa	72

TABELA 15. Parâmetros extensográficos da farinha de trigo com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa	74
TABELA 16. Parâmetros expansográficos da farinha de trigo com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa.....	76
TABELA 17. Efeito da granulometria da polpa de laranja na absorção de água e no tempo de mistura das massas usadas no teste de panificação	78
TABELA 18. Efeito da granulometria da polpa de laranja na qualidade dos pães	79
TABELA 19. Parâmetros farinográficos da farinha de trigo com polpa de laranja pré ou não hidratada	82
TABELA 20. Parâmetros extensográficos da farinha de trigo com polpa de laranja pré ou não hidratada	84
TABELA 21. Parâmetros expansográficos da farinha de trigo com polpa de laranja pré ou não hidratada	86
TABELA 22. Efeito da pré-hidratação da polpa de laranja na absorção de água e no tempo de mistura das massas usadas no teste de panificação	88
TABELA 23. Efeito da pré-hidratação da polpa de laranja na qualidade dos pães	89
TABELA 24. Parâmetros farinográficos da farinha de trigo com polpa de laranja na presença de vital-glúten	92
TABELA 25. Parâmetros extensográficos da farinha de trigo com polpa de laranja na presença de vital-glúten	94
TABELA 26. Parâmetros expansográficos da farinha de trigo com polpa de laranja na presença de vital-glúten	95
TABELA 27. Efeito da polpa de laranja na presença de glúten na absorção de água e no tempo de mistura das massas usadas no teste de panificação	97
TABELA 28. Efeito da polpa de laranja na presença de glúten na qualidade dos pães.....	98

480 pag
4,80

de da 1-30
109-126.

Tese de polpa
de laranja
FEA/BC

da polpa de laranja e do farelo
na e no tempo de mistura das
panificação produzido em escala
..... 102

da polpa de laranja e do farelo de
produzido em escala piloto 104

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Secção transversal de uma laranja.....	30
FIGURA 2. Fluxograma do processamento de pão tipo forma pelo método direto semi-rápido	50
FIGURA 3. Perfil das características externas dos pães com 2,5; 5,0; 7,5 e 10% de polpa de laranja	66
FIGURA 4. Perfil das características internas dos pães com 2,5; 5,0; 7,5 e 10% de polpa de laranja	68
FIGURA 5. Perfil das características externas dos pães com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa	80
FIGURA 6. Perfil das características internas dos pães com polpa de laranja pré ou não hidratada	90
FIGURA 7. Perfil das características externas dos pães com polpa de laranja na presença de vital-glúten	99
FIGURA 8. Efeito da adição da polpa de laranja e do farelo de trigo com vital-glúten nos parâmetros de qualidade do pão	105
FIGURA 9. Perfil das características externas dos pães com 7,5% de polpa de laranja e de farelo de trigo	106
FIGURA 10. Perfil das características internas dos pães com 7,5% de polpa de laranja e de farelo de trigo	107

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito da adição da polpa de laranja nas características reológicas da massa e na qualidade tecnológica do pão. Neste estudo os flocos de polpa de laranja seca foram obtidos industrialmente pelas partes comestíveis da fruta tais como: membranas, vesículas de suco e frações de albedo. Esta polpa é um material altamente rico em fibras insolúveis (55,6%) e solúveis (20,4%), as quais têm sido recomendadas pelas suas influências benéficas na prevenção e no tratamento de doenças gastrintestinais e coronárias. Foram estudados os efeitos, na massa e na qualidade do pão, dos teores (2,5; 5,0; 7,5 e 10%), da granulometria (fina, média e grossa) e da pré-hidratação da polpa de laranja, através dos testes reológicos de massa (Farinografia, Extensografia e Expansografia) e do teste experimental de panificação, em escala laboratorial. Foi também avaliado o efeito da adição da polpa de laranja na presença de vital-glúten. Foi posteriormente estudado o efeito da incorporação de 2,5; 5,0; e 7,5% de polpa de laranja na qualidade do pão tipo forma produzido em escala piloto. Para efeito comparativo foi usado farelo de trigo nas mesmas proporções de fibra alimentar. Os resultados mostraram que a adição da polpa de laranja causou prejuízos nas características reológicas das massas e na qualidade dos pães, os quais foram mais acentuados nos teores de 5,0; 7,5 e 10% em relação aos padrões, respectivamente. A presença da polpa de laranja de granulometria média melhorou a estabilidade e o poder de retenção de gás da massa e também a qualidade do pão, em relação às de granulometria fina e grossa. A não pré-hidratação da polpa de laranja apresentou efeitos melhoradores nas propriedades de fermentação da massa e na qualidade do pão, quando comparado com a polpa de laranja pré-hidratada. A presença de vital-glúten na massa com 2,5% de polpa de laranja foi benéfica, devido principalmente, ao aumento de volume específico do pão, produzido em escala laboratorial, que foi praticamente o mesmo do pão sem polpa (padrão). Foi possível obter pães, em escala piloto, com boa qualidade usando até 5% de polpa de laranja ou 7,5% de farelo de trigo, em substituição à farinha de trigo, na presença de vital-glúten.

SUMMARY

The purpose of the present research was to study the effect of the addition of orange pulp on the rheological characteristics of dough and technological quality of bread. In this study the flakes of orange pulp were obtained from edible parts of fruit, such as segment membranes, juice vesicles walls and small fractions of albedo using an industrial process. This pulp is highly rich in both insoluble (55.6%) and soluble (20.4%) dietary fibers, which were recommended to their beneficial effect in the prevention and treatment of both coronary and gastrointestinal diseases. The effect of granulometry (fine, medium, coarse), pre-hydration and concentration of orange pulp (2.5; 5.0; 7.5 and 10%) on the dough and bread quality were studied by rheological tests (Farinograph, Extensograph and Expansograph) and baking experiments, respectively. The effect of orange pulp in the presence of added vital-gluten was also studied. The effect of the addition of orange pulp at the levels of 2.5; 5.0 and 7.5% on the quality of pan bread produced on a pilot-scale was also evaluated. For comparative purposes wheat bran was used in the same proportions of the dietary fiber. The results indicated that the incorporation of orange pulp was especially detrimental to the rheological characteristics of the dough and to bread quality at the levels of 5.0; 7.5 and 10% when compared to the control (without orange pulp). The presence of medium-sized orange pulp enhanced both the stability and gas retention of the dough, as well as improving bread quality. Not hydrating the orange pulp was shown to be beneficial to the fermentation properties and bread quality. The presence of vital-gluten in the dough together with orange pulp was positive, due mainly to the increase in specific volume of the bread, which was produced on a laboratory scale and was practically the same as the non-orange pulp bread. Good quality bread was produced on a pilot scale when up to 5% of the wheat flour was substituted by orange pulp as 7.5% by wheat bran, in the presence of added vital-gluten.

I - INTRODUÇÃO

O conhecimento dos efeitos nutricionais causados pelas fibras alimentares tem sido consideravelmente dificultado pela falta de uma definição apropriada destes compostos e por problemas de adaptações nos métodos de determinação analítica (THEANDER et al., 1994). Apesar das várias definições sobre fibras alimentares a mais indicada inclui, segundo (GORDON 1989), todos os polímeros presentes em alimentos que não são degradados por enzimas digestivas do intestino delgado.

No início deste século houve interesse pelas fibras de cereais, contudo com o aparecimento dos alimentos refinados ou polidos, como por exemplo a farinha de trigo branca, as fibras foram esquecidas pelos pesquisadores das áreas de alimentos e médica, por acreditarem que estas não teriam caráter nutritivo (VAN SOEST, 1978). Entretanto, com o aumento da importância de "não nutrientes" na dieta humana, muitos produtores de alimentos industrializados começaram a incluir ingredientes ricos em fibras em suas formulações (KESTERSON & BRADDOCK, 1973).

Apenas nos últimos vinte anos tem ocorrido uma aceleração no reconhecimento do papel das fibras na dieta humana (SEIBERT, 1987), sendo estas importantes na prevenção de certas doenças gastrintestinais (CHRISTENSEN, 1989), cardiovasculares, câncer (SPILLER et al., 1978), obesidade e ainda útil na redução de glucose e de colesterol sérico (LO, 1989). A importância do papel da fibra na dieta humana tem aumentado progressivamente (AL-HASANI et al., 1993) e estes importantes benefícios forçaram a procura de novas aplicações da fibra alimentar como ingrediente nas indústrias de alimentos, incluindo os produtos de panificação (SOMOGYL, 1987).

É possível incorporar em produtos de panificação fibras provenientes de frutas e vegetais, além das tradicionais fibras de cereais (POMERANZ, 1985; TOMA & CURTIS, 1986).

O aumento do consumo de frutas, principalmente aquelas ricas em fibras solúveis acarreta uma influência benéfica na digestão humana (POMERANZ, 1985), devido principalmente ao seu elevado teor de pectina (SOMOGYL, 1987).

As indústrias processadoras de laranja têm demonstrado interesse no aproveitamento das cascas e de outros componentes residuais provenientes da extração do suco de laranja, normalmente destinadas à ração animal (KESTERSON & BRADDOCK, 1973). Estes subprodutos possuem cor, sabor e aroma suaves, sendo fontes ricas de fibras solúveis, as quais segundo FOX (1980) podem ser úteis na prevenção de níveis elevados de colesterol e de triglicerídeos sérico.

Na possibilidade de aproveitamento de um dos sub-produtos da laranja, ou seja, a polpa de laranja seca o presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da adição deste material fibroso nas características físico químicas e reológicas da massa e na qualidade do pão.

II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. O POTENCIAL DE PANIFICAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO

Para a produção de pão com bom apelo visual, ou seja, com boas características de volume, uniformidade e cor é recomendado o uso de farinha de trigo com elevado potencial de panificação, o que foi definido por PRATT (1978) como a "qualidade de panificação" da farinha. Os fatores de qualidade da farinha de trigo podem ser divididos em dois grupos básicos: aqueles inerentes ao trigo e que resultam da composição genética e das condições de crescimento da planta e aqueles que dependem do processo de armazenamento e de moagem do trigo em farinha (POMERANZ, 1980).

O teor e a qualidade das proteínas formadoras de glúten da farinha de trigo são os principais fatores responsáveis pelo seu potencial de panificação não obstante o amido, lipídeos e componentes aquosolúveis da farinha sejam também necessários para a produção de pão com volume, textura e frescor adequados, (SULLIVAN, 1965).

Durante o processo de mistura as proteínas insolúveis da farinha de trigo hidratam-se formando o glúten que após o tempo ótimo de mistura é capaz de reter os gases produzidos pelas leveduras, resultando dessa forma em um produto fermentado de baixa densidade (pão ou outros produtos fermentados). As gliadinas são as principais responsáveis pelo controle do volume do pão, enquanto que as gluteninas respondem pelos tempos de mistura e de desenvolvimento da massa, sendo essa fração a mais elástica e coesa das duas (POMERANZ, 1985).

Além do glúten, que pode-se comparar ao "esqueleto" da massa, o amido desempenha papel importante na manutenção da estrutura do pão no cozimento ajudando a retenção dos gases produzidos durante a fermentação. Os lipídeos

também participam das interações entre o amido e proteínas e ainda das proteínas entre si, gliadinas e gluteninas (POMERANZ, 1985).

A farinha de trigo é obtida através do processo de moagem do trigo que visa separar o endosperma do farelo e do germe e transformá-lo em partículas de tamanho reduzido. A medida que a quantidade da farinha extraída do grão de trigo aumenta, as propriedades tecnológicas e o seu valor nutricional são alterados. O aumento do grau de extração da farinha eleva os conteúdos de proteínas, lipídeos, fibras e de sais minerais (EL-DASH, 1982).

B. FIBRA NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

1. Fibra alimentar: definição e composição

Os primeiros a identificar a fração fibra dos alimentos foram McCance e Lawrence, em 1929, a qual foi chamada de "Carboidratos não disponíveis". Este conceito foi usado até 1953, quando foi sugerido por Hipsley o termo "Fibra Alimentar" para designar as hemiceluloses, celulosas e ligninas presentes nas paredes celulares das plantas. No entanto Trowell em 1972, conceituou a "Fibra Alimentar" como o material não digerível das paredes celulares das plantas, o qual em 1976 passou a incluir todos os polissacarídeos e ligninas não digeríveis pela secreção de enzimas endógenas do trato digestivo humano (SOUTHGATE, 1981).

Atualmente esta definição é considerada inadequada porque exclui importantes polímeros como os produtos da reação de Maillard, amidos resistentes (ex. amido retrogradado) e polidextroses. O termo considerado mais adequado é Fibra Alimentar Total (FAT), que inclui todos os polímeros não digeríveis presentes nos alimentos e não degradáveis por enzimas digestivas do intestino delgado (GORDON, 1989). Os principais componentes da FAT são as celulosas, β -glucana, pectina, hemicelulose, lignina, gomas e mucilagens (SCHNEEMAN, 1989). O ácido

fítico faz parte da parede celular das plantas e não é digerível no trato alimentares dos animais e humanos, sendo considerado por alguns autores parte da FAT (GORDON, 1989).

Como os termos "fibra bruta" ou "fibra crua", usados no passado designavam os resíduos não digeríveis do alimento, incluindo apenas uma porção da celulose e da lignina, o termo Fibra Alimentar Total definido anteriormente foi considerado o verdadeiro significado da fibra (VETTER, 1984).

A FAT é composta basicamente por uma fração insolúvel em água denominada Fibra Alimentar Insolúvel (FAI) representada pela celulose, lignina e algumas hemiceluloses insolúveis e por uma fração solúvel em água denominada Fibra Alimentar Solúvel (FAS) formada pelas pectinas, polissacarídeos algáceos e algumas hemiceluloses solúveis (ROEHRIG, 1988).

A FAT é obtida a partir das paredes celulares de vegetais, cereais e frutas, podendo ocorrer também em sementes de girassol e linho (CADDEN et al., 1983) ou ainda em madeira. A composição da parede celular depende da maturidade e das condições de conservação da planta (RAMASWAMY, 1988).

Os componentes da FAT são encontrados normalmente associados à parede celular das plantas, ou ainda podem ser produzidos pelas plantas em respostas às injúrias (SCHNEEMAN, 1989).

Existe uma ampla variedade de fontes disponíveis de fibras nos alimentos e que podem ser classificadas como naturais, que incluem o farelo da maioria dos grãos e como fibras manufaturadas, cujas fontes não são comumente encontradas nos alimentos e que geralmente sofrem algum tipo de tratamento físico ou químico, como por exemplo a α -celulose produzida a partir da madeira (VOLPE & LEHMANN, 1977).

2. Ação fisiológica

O consumo de FAI tem sido associado principalmente à redução de diverticulose, apendicite, constipação intestinal e câncer de cólon do intestino (CHRISTENSEN, 1989), enquanto que a FAS tem sido indicada para a redução de níveis elevados de colesterol, triglicérides e glicose sérica (CHRISTENSEN, 1989; RANHOTRA & GELROTH, 1988 e GORDON, 1989).

Os efeitos fisiológicos da FAT têm sido avaliados no trato alimentar, ou seja: na boca, estômago, intestino delgado e grosso, assim como no metabolismo hepático. As FAT iniciam sua atuação na boca fornecendo textura aos alimentos e diminuindo a velocidade de ingestão. Pesquisadores afirmaram que indivíduos alcançam saciação breve e longa satisfação após ingerir alimentos contendo FAT, sendo portanto também recomendada para redução de peso e tratamento de obesidade (GORDON, 1989).

No estômago a FAT atua como agente espessante aumentando o volume dos alimentos ingeridos e o tempo de esvaziamento gástrico (GORDON, 1989).

Foi demonstrado que a FAS, entre elas a pectina, aumentou a viscosidade do conteúdo gástrico, atrasando o seu esvaziamento e diminuindo a proporção de absorção de carboidratos no intestino delgado, podendo ser útil no tratamento de redução do nível de glicose sérica (SCHNEEMAN, 1986). No entanto, segundo GORDON (1989), os efeitos da FAT na função estomacal requerem ainda estudos adicionais.

Com relação ao papel das fibras no intestino delgado sabe-se que existem células endoteliais que revestem o intestino produzindo muco, um complexo de proteínas e carboidratos, que atua como barreira intermediária de proteção das células de absorção e como lubrificantes para passagem do alimento através do lúmen intestinal, sendo as propriedades físico-químicas do muco consideradas semelhantes

às características da FAS. Isto constitui uma possível explicação de como a FAS diminui as concentrações do teor de glucose e de colesterol sérico (ANDERSON et al., 1984).

No cólon, ou seja, no intestino grosso, ocorrem a maioria das alterações na FAT, sendo importante o seu efeito fisiológico decorrente da sua habilidade de aumentar o peso fecal e da sua capacidade de ligação com a água, estando ambas diretamente relacionadas. O principal produto fermentável no cólon são os ácidos graxos de cadeias curtas (GORDON, 1989).

Estudos adicionais sobre a produção e o metabolismo de ácidos graxos de cadeias curtas produzidos a partir da fermentação das fibras oferecerão importantes informações sobre suas funções fisiológicas e a partir destas aumentarão o entendimento das propriedades físicas e químicas da FAT, contribuindo possivelmente para nutrição e saúde humana (GORDON, 1989).

Pesquisas revelaram que a FAI foi a principal responsável pelo aumento de peso fecal, embora a importância da contribuição da FAS não possa ser eliminada, pois quando fermentada no cólon aumentou significativamente o teor de água nas fezes. Uma outra função da FAI é ter um papel importante na diminuição do tempo de trânsito do alimento no organismo (GORDON, 1989).

Sabe-se que o farelo de trigo, rico em FAI não é facilmente degradado no cólon como os materiais com alto teor de FAS. Pesquisas revelaram que o farelo de trigo finamente moído exibe uma ação redutora no volume fecal, provavelmente por ser facilmente degradado pelas bactérias intestinais, este fato não foi observado em farelo de trigo com partículas grossas (SCHNEEMAN, 1986).

Existe uma preocupação crescente com o efeito da fibra na biodisponibilidade de minerais, uma vez que a absorção destes é prejudicada pelo alto consumo de fibras (KELSAY, 1978). Esta ação está diretamente relacionada com a

concentração de ácido fítico presente na fibra consumida ocasionada pela sua capacidade de complexar minerais como ferro, zinco, magnésio e cálcio (FROLICH, 1985 & WASLIEN, 1988), sendo o fitato um constituinte comum na maioria dos cereais (LARSSON & SANDBERG, 1991).

Em geral, o ácido fítico é relativamente termo resistente, ou seja, um tempo curto de cocção não afeta significativamente o teor de fitato presente nos legumes e cereais. Seu limite máximo de ingestão diária é de 2 a 8 gramas (DE BOLAND et al., 1975).

Segundo CHERYAN (1980); e FRETZDORFF & BRUMMER (1992) e LASZTITY & LASZTITY (1995) uma das maneiras de reduzir o conteúdo de fitato em alimentos a base de cereais é a fermentação e o cozimento, etapas básicas em processamento de pães.

3. Métodos de determinação

As indústrias alimentícias estão interessadas principalmente no valor de FAT apropriadas para o controle de qualidade nutricional. Médicos e nutricionistas necessitam das informações dos teores das fibras nos alimentos para estimar a ingestão diária das fibras para indivíduos e populações, existindo então uma necessidade de caracterização do tipo de fibra em gêneros alimentícios bem como o seu teor (MARLETT & NAVIS, 1988).

Devido a ampla aceitação de definições diferentes de fibras alimentares tem sido difícil encontrar métodos adequados para se quantificar o teor destas fibras e de seus componentes (SLAVIN, 1987). Vários métodos de análises têm sido propostos para determinação de fibra os quais são baseados na decomposição química, na decomposição em resíduos após extração com detergente ou após digestão enzimática e ainda na decomposição em resíduos após extração enzimico-gravimétrica.

a) Decomposição química

O método de determinação das fibras, conhecida como fibra bruta ou crua, é baseado na decomposição química, definido analiticamente como o resíduo remanescente após a extração com solvente, digestão com ácido e álcalis diluídos e a subtração de sais minerais (cinzas). Este resíduo remanescente contém cerca de 65-75% da celulose e de lignina originais. Os valores da fibra bruta são cerca de 5 a 20% do valor da FAT, dependendo do teor de celulose e lignina presentes nos alimentos ou na planta (HALL, 1989). Atualmente é considerado um método obsoleto por não quantificar a FAT e causar a solubilização da fibra originalmente insolúvel. Assim, a fibra bruta não mostra a real porcentagem de fibra disponível no alimento (ENGLYST & CUMMINGS, 1988; REISER, 1987); tendo pouca importância fisiológica na nutrição humana (SLAVIN, 1987).

Apesar da fibra bruta ter sido altamente criticada por não representar verdadeiramente as frações não digeríveis dos alimentos, esta determinação é altamente interessante em produtos pobres em fibras alimentares totais principalmente as fibras solúveis, que é o caso da farinha de trigo (WILLIAMS & STARKEY, 1982).

b) Decomposição em resíduos

Entre os métodos de determinação de fibras baseados na decomposição em resíduos após extração com detergentes podem-se destacar os de fibra detergente ácida, fibra detergente neutro e ainda fibra detergente enzimático.

Van Soest em 1960, propôs um melhoramento na recuperação exata dos componentes da fibra partindo de uma hidrólise menos rigorosa conhecida como fibra detergente ácida, utilizando o brometo de cetil trimetil amônio como detergente. O resíduo remanescente consiste de 90% do teor de celulose e de lignina original da amostra (VAN SOEST, 1963).

Posteriormente, VAN SOEST & WINE em 1967 desenvolveram o método denominado fibra detergente neutra, o qual consiste em aquecer a amostra até a ebulição em uma solução de lauril sulfato de sódio (detergente) para remover carboidratos solúveis, proteínas e lipídeos. O resíduo obtido após filtração é dosado como fibra neutra e contém celulose, lignina e também a maioria das hemiceluloses presentes na amostra, também não quantificando o real valor das fibras alimentares.

McQUEENN & NICHOLSON (1979) desenvolveram o método de fibra detergente enzimático para alimentos com elevado teor de amido, com objetivo de promover uma rápida filtração e ainda facilitar a remoção deste através do uso de α -amilase bacteriana à 40°C durante 12 a 18 horas de incubação. Em seguida a fibra foi determinada pelo método da fibra detergente neutra (McDERMOTT, 1988).

Os métodos detergentes embora sejam rápidos e simples dosam somente a FAI faltando a recuperação da FAS, o que constitui uma desvantagem na dosagem da FAT em alimentos destinados à nutrição humana (ASP et al., 1983).

Outro grande grupo de determinação de fibra por decomposição em resíduos é o método enzimático gravimétrico, onde o método de PROSKY et al.(1988) é considerado o mais conhecido e utilizado para determinação de fibras alimentares solúveis e insolúveis devido a melhor adaptação à classificação de alimentos e ao controle de qualidade dos mesmos. Embora seja mais lento que os métodos de fibra bruta e de fibra detergente neutra, este método apresenta valores mais significativos de FAT presentes em alimentos (SCHWEIZER, 1989).

Segundo HALL (1989), o método de PROSKY et al.(1988) listado como método 32.05 da AOAC, tem algumas limitações, entre outras ele não recupera alguns dos polissacarídeos indigeríveis solúveis que frequentemente estão presentes nos alimentos. O uso de acetona como um precipitante no lugar do álcool tem sido investigado para recuperação destes componentes.

Existem vários outros métodos para determinação de FAT, tais como os de SOUTHGATE (1969); THEANDER & WESTERLUND (1983); método de HELLENDORRN et al. (1975), e outros.

LI & ANDREWS (1988) desenvolveram um método simplificado denominado "Método enzimático-gravimétrico" para determinação de FAT baseado nos mesmos princípios do método da AOAC, de 1986, tendo como vantagem a utilização de um tampão e uma única enzima (amiloglucosidase) ao invés de três (α -amilase, protease e amiloglucosidase) reduzindo assim os custos, o tempo de análise e fornecendo resultados altamente confiáveis.

De acordo com LI & CARDOSO (1992) a maioria dos métodos gravimétricos para determinação de FAT requerem a completa remoção de amido e a eliminação parcial de proteínas através de combinações de enzimas, de tampões, com diferentes valores de pH, e de temperaturas acima da ambiente. A fase de hidrólise é crucial nas análises de fibras, principalmente para os cereais e legumes que contém quantidades apreciáveis de amido. No entanto, muitos vegetais e a maioria das frutas contém muito pouco ou não contém amido sendo então, desnecessário o uso altas temperaturas, tampões e enzimas nestes tipos de amostras.

O método não enzimático gravimétrico para determinação de FAT em frutas ou vegetais, segundo LI & CARDOSO (1992), consiste em suspender estas amostras em água deionizada por 90 min. à 37°C e em seguida adicionar etanol 95% , produzindo valores de FAT similares ao método de PROSKY et al. (1988) e de LI & ANDREWS (1988). Este método é altamente interessante por ser uma determinação gravimétrica (não enzimática) mais simplificada das demais, apresentando custo reduzido, rapidez de execução e resultados bastante confiáveis e reprodutíveis em frutas e vegetais.

4. Fontes

Sabe-se que quantidades significativas de fibras provenientes de cereais, frutas e vegetais podem ser incorporadas em alimentos processados . No entanto aqueles à base de cereais com diferentes graus de extração de moagem possuem grande alteração no teor de fibra, devido principalmente à variação heterogênea da distribuição de fibra no interior dos grãos (ELCHAZLY, 1976).

A fibra está presente principalmente nos tecidos externos dos cereais (farelo) contendo cerca de 70% de fibras alimentares, enquanto a parte interna (endosperma amiláceo) contém relativamente pequenas quantidades (WISKER et al., 1985; POMERANZ, 1985).

O teor de fibra dos cereais depende do tipo do grão, variedade, condições de crescimento, práticas culturais, tamanho do grão, condições de moagem, entre outros fatores (WISKER et al., 1985). Farinha branca, ou seja, aquela com baixa extração, contém pouca quantidade de fibras quando comparada com farinhas integrais (DASTUR & PRAKASH, 1988).

Existem várias fontes de fibras provenientes de cereais que estão sendo utilizadas em indústrias de alimentos tais como o farelo de trigo, de aveia, centeio, cevada, milho, arroz e outros, sendo os farelos de trigo e de aveia os mais comumente utilizados em panificação (TOMA et al., 1979).

Entre os cereais, o farelo de trigo é considerado a fonte mais concentrada de fibra alimentar, sendo um sub-produto do processo de moagem de trigo e normalmente destinado à produção de ração animal (VETTER, 1984).

A grande maioria das pesquisas realizadas têm demonstrado que o farelo de trigo possui uma ação preventiva principalmente contra os riscos de doenças

gastrintestinais, diverticulares e câncer de coloretal, já que este material é rico em FAI, (CHRISTENSEN, 1989).

O grão de aveia é considerado uma outra grande fonte de fibra devido à sua morfologia (GOULD et al. 1985), e tem sido considerado de grande interesse nos últimos anos por conter quantidades significativas de fibra alimentar solúvel (SCHNEEMAN, 1987). A qual é particularmente efetiva na redução de glucose e de colesterol sérico, (VETTER, 1984).

O principal componente do farelo de aveia é a β -glucana, uma hemicelulose solúvel em água e álcali diluído (SEIBERT, 1987; CHEN et al., 1988a).

As fibras de aveia comerciais são apresentadas de um modo geral, na forma de farinha fina de cor amarelada ou branca, passíveis de utilização em vários produtos alimentícios uma vez que não alteram a cor natural dos mesmos (WILLIAMSON, 1989).

O farelo de aveia constitui cerca de 30% do peso do grão e é utilizado normalmente para ração animal sendo o teor de fibras alimentares aproximadamente de 75% (DOUGHERTY, et al., 1988).

Geralmente as frutas são consumidas principalmente pelo seu sabor e aroma agradáveis. No entanto, elas são também reconhecidas pelo seu valor nutricional, contendo certos nutrientes, particularmente as vitaminas C e A e alguns minerais essenciais como o magnésio, o potássio e o ferro.

O fracionamento de fibra alimentar total de frutas e vegetais mostrou que a composição destes materiais difere da dos cereais, sendo em geral o nível de fibras solúveis das frutas e vegetais superior ao dos cereais (POMERANZ, 1985).

As fibras de frutas, legumes e vegetais têm sido associadas à redução do nível de colesterol sérico. A tentativa de correlacionar estas fibras com o câncer colorretal tem também sido amplamente discutida. Um dos mecanismos primários proposto para este efeito é a ligação direta do colesterol com o ácido biliar no intestino grosso (LUND, 1984).

Os teores de FAT, FAS e FAI em frutas, assim como em legumes e vegetais, foram determinados por vários pesquisadores, entre eles KOCHAR & SHARMA (1992); OSMAN (1990); PLAAMI et al. (1992); HOLLOWAY & GREIG (1984); VIDAL-VALVERDE et al. (1982); LUND (1984); RAHMAN & MOSIHUZZAMAN (1991); ANURADHA & PRAKASK (1989) e GOÑI et al (1989).

A polpa de maçã é um dos principais sub-produtos da indústria de suco de fruta, a qual é rica em resíduos de paredes celulares e interessante como fonte de fibras (RENARD & THIBAUT, 1991). Esta polpa é seca em "spray-dryer" e é então submetida a uma peneiragem obtendo-se um produto fibroso de coloração marrom avermelhado e sabor suave (CHEN et al., 1988a).

Normalmente a polpa de maçã seca tem sido aplicada como ração animal, podendo ser útil como fertilizante de solos danificados, além de ser usada para extração de pectina (WANG & TOMAS, 1989) e de outros hidrocolóides (WALTER et al., 1977; WALTER et al., 1986).

C. POLPA DE LARANJA

1. Características gerais

Sabe-se que o Brasil é o maior exportador de suco de laranja concentrado e congelado, sendo responsável por cerca de 90% do mercado mundial (AGUIRRE & TRAVAGLINI, 1987). Na laranja são encontradas seis fontes de fibras que incluem as

vesículas de sucos, o núcleo, o albedo, a membrana, o flavedo e as sementes. Estas fontes podem ou não ser combinadas entre si alterando a composição das fibras alimentares provenientes da laranja, o que é dependente da necessidade e da aplicação desejada (McCORMICK, 1981).

Em 1950 produziu-se a primeira polpa de laranja seca comercial destinada às indústrias farmacêuticas e às de alimentos, porém com o mercado limitado a sua produção foi interrompida nos meados de 1960, retornando à comercialização somente nove anos mais tarde (KESTERSON & BRADDOCK, 1973).

A polpa de laranja quando seca apresenta sabor agradável e suave e um aroma que se assemelha ao das frutas "in natura" (KESTERSON & BRADDOCK, 1973; BRADDOCK, 1983), sendo também rica em FAT, de baixa caloria e pobre em carboidratos (FOX, 1980).

A cor da polpa de "grapefruits" é branca e aquela obtida a partir de laranja têm a cor característica da própria fruta, sendo altamente instável e descolorindo rapidamente quando exposta a luz, embora não represente um fator prejudicial para a aplicação deste produto. Uma grande vantagem da utilização da polpa de laranja em relação às fibras de cereais é a presença de cor, sabor e aroma mais suaves e agradáveis (KERTENSON & BRADDOCK, 1973).

A polpa de laranja seca desenvolve rancidez durante a sua estocagem. Este problema é devido a separação e a auto-oxidação de ácidos graxos e fosfolipídeos no tecido celular, sendo que a decomposição de pigmentos presentes também pode contribuir para a mudança do sabor e aroma. Foi verificado que antioxidantes podem ser adicionados neste material fibroso, antes da secagem com a finalidade de prolongar a vida de prateleira por mais de um ano. Tratamento com o bissulfito destrói a cor original da polpa de laranja seca não apresentando efeitos benéficos com relação à sua aparência. No entanto o dióxido de enxofre foi indicado

por trazer melhorias na qualidade do produto em questão (KESTERSON & BRADDOCK, 1973).

2. Método de obtenção

No processo industrial de extração de suco de laranja concentrado e congelado, o suco original apresenta alto teor de polpa ,aproximadamente de 30%, sendo essa removida inicialmente nos "finishers" e posteriormente em centrífugas, onde é feita a clarificação do suco, com a finalidade de reduzir o teor de polpa para 1 a 6%, levando-se em consideração a especificação do comprador. A polpa de laranja resultante contém suco residual, que pode ser recuperado pelo conhecido processo de lavagem "pulp washing", feita em roscas helicoidais misturadoras, utilizando água ou suco originário de outros estágios, seguido de prensagem em "finisher" (GASPARINO FILHO, 1982).

A maior parte de polpa lavada é regularmente destinada à fabricação de ração animal. A possibilidade de aproveitamento deste sub-produto como ingrediente rico em fibras na elaboração de produtos alimentícios após a sua secagem, pode representar substancial melhoria na rentabilidade das indústrias cítricas contribuindo também para a diminuição dos problemas relacionados à poluição ambiental, já que se trata de um material altamente perecível (AGUIRRE & TRAVAGLINI, 1987), além de poder provavelmente atuar na prevenção de colesterol sérico e triglicérides, na neutralização de efeitos tóxicos causados por drogas e finalmente na prevenção de certas doenças (DOVELL & HARRIS , 1982).

A polpa cítrica pode ser comercialmente seca em secadores de rolo (HENDRICK & KESTERSON, 1965). Durante a secagem é aplicado vapor aquecido na polpa lavada sendo a velocidade do rolo e a temperatura reguladas para obtenção de um filme fibroso fino e com teor de umidade desejado (KESTERSON & BRADDOCK, 1973).

O tamanho de partículas da polpa de laranja seca é normalmente obtido de acordo com as especificações do consumidor, sendo que as formas mais comuns de obtenção são os grits, flocos e farinhas. Os flocos têm a aparência de farelo de aveia e são normalmente preparados a partir de secadores de rolos. Os grits e farinhas são produzidos através da moagem dos flocos secos em um moinho de martelo. Grits tem uma consistência de "cornmeal" com tamanhos de partículas entre 0,5 à 1,0 mm; enquanto a farinha passa pela peneira de 0,150 mm (KESTERSON & BRADDOCK, 1973).

3. Incorporação em alimentos

Pela importância das fibras alimentares na dieta humana muitos produtores de alimentos industrializados estão incluindo ingredientes ricos em fibras na sua formulação, tais como o farelo de trigo e celulose purificada. No entanto, o uso da celulose torna o produto "não natural" e a incorporação de farelo de trigo apresenta alguns problemas, principalmente pela presença de fitato (KESTERSON & BRADDOCK, 1973).

A fibra proveniente de frutas cítricas têm propriedades distintas que podem ser de grande interesse tecnológico, como a de agente umectante (BELSHAW, 1978), agente espessante e ligante de água (KESTERSON & BRADDOCK, 1973), atuando também como portador de flavorizantes, emulsificantes, surfactantes, nutrientes concentrados ou corantes (McCORMICK, 1981).

Pode ser aplicada em produtos cárneos, molhos, recheios de tortas (BRADDOCK & GRAUMLICH, 1981), sucos, bebidas, conservas, pudins, rações para animais (KESTERSON & BRADDOCK, 1973), caldas (BRADDOCK & GRAUMLICH, 1981), iogurtes (BRADDOCK, 1973) e ainda em produtos de panificação tais como bolos de frutas e "cookies" (FOX, 1980; KERTENSON & BRADDOCK, 1981).

Como a polpa de laranja lavada representa cerca de 20% a 30% do total de refugo da fruta, esta pode ser considerada uma opção para se produzir industrialmente polpa de laranja seca, na forma moída, apresentando alta absorção de água e elevado teor em fibras (BRADDOCK, 1983), sendo ainda considerada um ingrediente inerte e natural que pode ser aplicado em vários produtos alimentícios (KESTERSON & BRADDOCK, 1973).

A polpa de laranja pode provavelmente substituir na maioria dos produtos alimentícios a celulose, os derivados de algas, as gomas vegetais, os estabilizantes e os espessantes (KESTERSON & BRADDOCK, 1973; BRADDOCK, 1983).

Já a farinha cítrica produzida a partir do flavedo, sementes e da polpa de laranja tem sido sugerida para aumentar o teor de fibras em pães e a vida de prateleira em bolos. Esta farinha cítrica é recomendada ao nível de 2,5% em pães brancos devido a alta capacidade de ligação de água deste material fibroso, mantendo o ciclo completo de cozimento e atuando na redução do envelhecimento do pão (BELSHAW, 1978).

Segundo BELSHAW (1978), a farinha cítrica pode ser utilizada em pães especiais ao nível de até 5% sem perda de volume ou mudança na estrutura do miolo. Em níveis acima de 2%, foi notada coloração um pouco mais intensa no interior do pão, sendo que a níveis ainda mais altos o sabor e aroma cítrico foi detectado.

Pesquisadores verificaram que farinha cítrica pode ser incorporada em bolos sem qualquer tratamento, resultando em aumento de umidade no interior do produto, por vários dias (BRADDOCK, 1983).

D. ASPECTOS TECNOLÓGICOS DO USO DE MATERIAIS FIBROSOS EM PANIFICAÇÃO

1. Tipos de materiais fibrosos incorporados em produtos de panificação

Com o aumento da importância da fibra alimentar na saúde humana tem-se observado o crescente interesse pela incorporação de fibras em produtos alimentícios (ARTZ et al., 1990).

O "Instituto Nacional do Câncer" dos E.U.A. tem recomendado o consumo de fibras de 25 a 35 gramas diárias, existindo no entanto outras recomendações que indicam até 50 gramas diárias de fibras (HASEBORG & HIMMELSTEIN, 1988).

O pão branco por exemplo, comumente consumido nos países ocidentais, apresenta apenas cerca de 3% de fibra alimentar total (RANHOTRA et al., 1987) porém, este teor pode ser aumentado através da adição de materiais ricos em fibras como cereais, legumes, frutas e outras fontes (WISKER et al., 1985). Contudo é importante lembrar que apesar da aceitação dos novos conceitos sobre o papel benéfico da fibra na saúde humana, o consumo do pão com fibras enfrenta dificuldades com relação a mudança de hábitos alimentares da população e a tendência do consumidor exigir semelhança com o pão branco convencional (TITCOMB & JUERS, 1986).

Uma das maneiras mais comuns de se aumentar o teor de fibras em produtos de panificação é utilizar a farinha de trigo integral ou somente incorporar farelo de trigo à massa (VETTER, 1984). O farelo de trigo pode ser processado a partir do trigo vermelho, branco, durum, duro ou mole. O tipo de farelo de trigo escolhido vai depender do sabor, aroma, cor e aparência desejados e o teor de fibra alimentar total varia de acordo com o trigo usado e o processo de moagem, sendo que o teor de

umidade deverá ser inferior à 13% a fim de se evitar contaminação microbiana (VETTER, 1984).

Além do farelo de trigo ser utilizado na confecção de pães em diferentes porcentagens, ele é também incorporado em biscoitos (RANHOTRA & GELROTH, 1988), cereais matinais (TOMA & CURTIS, 1989), "muffins", tortas, "cookies" e pastas (CARDOZO & EITENMILLER, 1988). O farelo de trigo pode ser ainda usado na produção de "snacks" com boa aceitação, além de aumentar a vida de prateleira do produto (DASTUR & PRAKASH, 1988).

Os alimentos ricos em fibras de aveia normalmente são de baixa caloria e efetivos para o controle de obesidade (VETTER, 1984). Devido seu valor nutricional e sabor suave, as fibras de aveia podem ser utilizadas em vários produtos, como por exemplo ingredientes em alimentos cozidos ou de preparo instantâneo, como veículo e dispersante em misturas, em pães, bolos, macarrão e biscoitos (SEIBERT, 1987; DOUGHERTY et al., 1988) e ainda em "snacks", pizzas e tortas (WILLIANSO, 1989).

A contribuição do farelo de aveia ao aumento da viscosidade em alimentos processados é grande, principalmente devido a hidratação das fibras solúveis presentes (SEIBERT, 1987). Alimentos à base de aveia têm a tendência, quando cozidos, de formarem pastas altamente viscosas com grumos, o que prejudica a palatabilidade do produto final (GOULD et al., 1985).

Fibras provenientes de arroz (BABCOCK, 1987); milho (VETTER, 1984); cevada (WEBER & CHAUDHARY, 1987) e de outros cereais também têm sido aplicadas em produtos de panificação com o objetivo de aumentar o teor de fibra na dieta humana.

O farelo de arroz tem sido usado em pães, "doughnuts" e em panquecas. Este farelo é hipoalérgico, facilmente digerível e tem propriedades funcionais versáteis apresentando alto teor de FAT que varia de 33 a 40% (BABCOCK, 1987).

O farelo de milho, contendo alto teor de FAT (88-92%) (VETTER, 1984) tem sido utilizado em pães e outros produtos de panificação, tais como "crackers", produtos extrudados, "muffins" e "rolls" (MALTED, 1986).

O farelo de cevada tem sido incorporado em pães "cookies", "muffins" e cereais matinais (WEBER & CHAUDHARY, 1987).

Segundo CHEN et al. (1988b) e RENARD & THIBAUT (1991) polpa de maçã seca tem sido incorporada em pães, "muffins", "cookies" e pastas resultando em produtos mais atraentes do que aqueles confeccionados com farelo de cereais.

2. Efeito da incorporação de materiais fibrosos na qualidade do pão

O principal problema na produção de pães ricos em fibras é a obtenção de uma massa com qualidade fraca e com problemas na crosta, como bolhas, enrugamentos e buracos (POMERANZ, 1977). Um outro fator prejudicial evidenciado por CAPREZ et al. (1987), se refere a textura grosseira do pão, resultando em perda de qualidade do produto.

A baixa qualidade tecnológica de certos produtos de panificação ricos em fibras tem sido atribuída a vários fatores. Segundo POMERANZ et al. (1977), com a incorporação de até 5% de fibras ocorre a redução do volume da massa do pão devido a diluição das proteínas funcionais do glúten, já em níveis acima de 7% o decréscimo do volume do pão não poderia ser explicado somente pela diluição do glúten. Estes autores têm demonstrado, através de microscopia eletrônica, que o material fibroso nesta porcentagem inibe a formação da rede de glúten a qual está presente em pão sem fibras (CHEN et al., 1988b). Segundo NAVICKS & NELSEN (1992), a adição de fibras a nível de 7% ou mais, produz grandes mudanças na tecnologia de processamento e na qualidade do pão, requerendo adição de aditivos como por exemplo vital-glúten.

Durante a mistura da massa o glúten é hidratado formando uma rede, ou seja, uma estrutura tridimensional através de pontes inter e intra moleculares dentro das subunidades protéicas. Uma hidratação incompleta do glúten tem efeito prejudicial no desenvolvimento da massa (HOSENEY, 1986). Foi observado que a incorporação de fibras alimentares na formulação do pão aumentou o tempo de mistura e reduziu a altura do pico das curvas farinográficas, indicando que a fibras alimentares diminuiu as velocidades de hidratação e de desenvolvimento do glúten, mudanças que podem ser explicadas em parte pela diluição do glúten (CHEN et al., 1988b).

A incorporação de fibras alimentares em pães além de provocar o aumento na absorção de água e no tempo de mistura, pode também aumentar o peso do pão e reduzir o seu volume. O aumento de absorção de água em pães pode ser causado pela habilidade da fibra ligar-se facilmente com a água; o longo tempo de mistura é devido a diluição do glúten, e a dificuldade de misturar homogeneamente a fibra com a farinha de trigo; o aumento do peso do pão é devido a maior capacidade de retenção de água e finalmente o decréscimo de volume do pão pode ser explicado pela diluição do glúten (POMERANZ et al., 1977) e também a partir da interação química entre o glúten e o material fibroso (CHEN et al., 1988a,b).

a) Farelo de Trigo

Dependendo da concentração e da origem da fibra adicionada à massa do pão é possível verificar redução de qualidade do produto final resultando em volume, textura, miolo, cor e sabor inaceitáveis. A substituição de até 15% de farelo de trigo causa efeitos prejudiciais à qualidade do pão que podem ser contrabalanceados com a adição de vital-glúten ou também de surfactantes (NAVCKIS & NELSEN, 1992).

Além do farelo de trigo apresentar problemas em relação ao ácido fítico, a redução do tamanho de partículas pode ser prejudicial no tratamento de pacientes com elevados níveis de colesterol sérico. Foi verificado que o farelo de trigo com granulometria grossa (>800 μ m) diminuiu significativamente a biodisponibilidade do

ácido fítico, sendo portanto mais eficiente que o de granulometria fina ($<350\mu\text{m}$), (KAHLON et al., 1986).

Segundo POMERANZ et al. (1977) , farelo de trigo com granulometria grossa e fina tem efeitos diferentes na produção de pães.

GALLIARD & GALLAGHER (1988), alegaram que o farelo de trigo finamente moído ($<250\mu\text{m}$) acarretou redução do volume do pão e acréscimo de "off-flavor", quando comparado com o farelo de trigo moído grosseiramente. Por outro lado WOOTTON & SHAMS-UD-DIN (1986) e MODER et al. (1984) mostraram que o farelo finamente moído ($<250\mu\text{m}$) apresentou maior volume maior do pão. De acordo com POSNER (1991), o farelo de trigo grosso ($>800\mu\text{m}$) pode provocar uma tensão maior no glúten da farinha de trigo do que o farelo fino, resultando em uma massa fraca e com menor capacidade de retenção de gás.

Segundo WOOTON & SHAMS-UD-DIN (1986), a adição de 5% de farelo de trigo provocou aumento do tempo de desenvolvimento e diminuição da estabilidade, da resistência máxima da massa e do volume do pão quando comparado com a farinha de trigo padrão. A diminuição das partículas do farelo causou redução do tempo de chegada, de desenvolvimento, da estabilidade e da resistência máxima da massa enquanto que o volume do pão aumentou ficando próximo ao padrão.

Segundo SHOGREN et al. (1981) e SOSULKI & WU (1988) foram testados incorporação de 5, 10 ou 15% de farelo de trigo na formulação básica do pão. Foi verificado que com o aumento do teor de farelo à massa houve diminuição do volume do pão e das células do miolo, aumento do tempo de mistura e da absorção de água, finalmente foi observado uma coloração mais escura do miolo. SOGREN et al. (1981), afirmaram que os efeitos prejudiciais à qualidade do pão são menores com adição de farelo de trigo em comparação a adição de outros tipos de fibras como por exemplo o farelo de milho, soja e resíduo de côco. A qualidade final do pão feito com farelo de trigo pode ser melhorada com a adição de vital-glúten, gorduras ou/e

emulsificantes, havendo melhora na granulometria do miolo, aumento do volume e da vida de prateleira.

Segundo (CADDEN et al., 1983) o teor máximo de farelo de trigo a ser utilizado na formulação de pão através do método esponja-massa, não pode ultrapassar a 7,5% para manter a qualidade do produto. Esta afirmação está de acordo com SATIN et al. (1978) e SATIN (1980) que utilizaram 7,5% de farelo de trigo na produção de pão pelo método esponja-massa. O nível de 7,5% foi escolhido pois é similar ao nível de farelo no pão de trigo integral. Foram observados aumentos na absorção de água, no tempo de mistura e uma satisfatória tolerância à mistura. O miolo e a crosta apresentaram coloração mais escura.

Segundo SEIBEL & BRETSCHNEIDER (1980), a adição superior a 10% pode ser viável ao processamento de pão, contudo a cor e o sabor tornaram-se mais acentuados.

Resultados satisfatórios foram obtidos por RÖITER et al. (1982) quando utilizaram farelo de trigo (1-20 μm) em níveis de 10-15% com o objetivo de melhorar o valor nutricional do pão e obter qualidade tecnológica satisfatória.

Estudos foram realizados com o objetivo de produzir pães de fácil digestão, agradáveis ao paladar e com propriedades nutricionais adequadas ao controle das disfunções intestinais. Na formulação proposta utilizou-se 20-30% de farelo de trigo com dimensões entre 500-1000 μm . Um dos fatores que contribuíram para a boa qualidade do produto final foi a utilização da farinha de trigo classificada como muito forte e com cerca de 14% de proteínas (JOULIN, 1981).

Farelo de trigo ao nível de 20% foi incorporado à massa em substituição à farinha de trigo para produção de pão de forma, verificando que a absorção e o tempo

de mistura aumentaram com a adição do farelo e a estrutura do miolo foi satisfatória quando comparada ao padrão, pão sem adição de farelo de trigo (POSNER, 1991).

Trabalhos científicos recentes mostraram estudos de modificação química ou enzimática do farelo de trigo, com o objetivo de melhorar as propriedades funcionais deste material (RASCO et al., 1991).

b) Fibra de aveia

Farinha de trigo foi substituída por 10 e 15% de farelo de aveia com granulometria grossa ($> 594 \mu\text{m}$), média ($> 420 \mu\text{m}$) e fina ($<420 \mu\text{m}$) com a finalidade de observar os efeitos nas características da massa e na qualidade do pão. No farinógrafo, foi verificado que a absorção de água aumentou a medida em que se incorporou maior quantidade e menor granulometria de farelo de aveia. A mistura de partículas grossas e médias ao nível de 10% de farelo de aveia resultou uma massa de boa estabilidade. Com relação ao tempo de desenvolvimento, foi verificado uma diminuição quando foi utilizado tamanhos de partículas menores. Nos testes sensoriais os pães com maior preferência foram aqueles com 15% de farelo de aveia (granulometria grossa) e com 10% de farelo de aveia (granulometria média) (KRISHNAN et al., 1987).

RAMASWAMY (1988), utilizou o método esponja-massa para produção de pão, em que casca de aveia foi incorporada a um nível de 35% em substituição à farinha de trigo na fase massa. O produto final apresentou excelente aparência em termos de quebra, volume e textura, não salientando aroma desagradável e nem sabor amargo. Neste estudo foi concluído que o uso de até 50% de casca de aveia não prejudicou o aroma e o sabor, embora tenha alterado bruscamente os demais parâmetros de qualidade do pão obtido.

Formulação para a produção de pão de baixa caloria foi desenvolvida utilizando 40% de casca de aveia branqueada e menores quantidades de fibras de beterraba e de côco. O método tradicional de esponja-massa para produção de pão foi adaptado para a incorporação das fibras. Os problemas encontrados sensorialmente por outros pesquisadores com relação à casca de aveia em produtos de panificação não foram verificados nos pães produzidos, possivelmente devido ao processo de branqueamento que melhorou a cor e também o sabor e aroma do produto final (DOUGHERTY et al., 1988).

WILLIAMSON (1989), também verificou que a farinha de aveia "branca", ou seja, aquela tratada com branqueadores, pode produzir pães ricos em fibras, de baixa caloria e com alta qualidade tecnológica.

Níveis iguais de incorporação de farelo de aveia e de trigo foram testados separadamente em pães, observando menor volume no pão com o farelo de aveia embora, através de testes sensoriais foi verificada a preferência para este último. Finalmente foi concluído que pães contendo 10 ou 20% de farelo de aveia foram mais aceitáveis que aqueles contendo o mesmo nível de farelo de trigo (D'APPOLONIA & YOUNGS, 1978).

c) Polpa de Maçã

Polpa de maçã seca e moída apresenta teor de FAT, superior aos farelos de trigo e de aveia, sendo altamente higroscópica. Este produto pode ser usado como fonte de fibra bem como umectante em alimentos, tendo uma boa performance tecnológica em panificação. No processamento de pão a hidratação da polpa de maçã antes da incorporação da farinha de trigo pode suavizar parcialmente os efeitos prejudiciais que a fibra normalmente provoca na qualidade do produto final, resultados contrários foram observados em farelos de trigo e de aveia (CHEN et al., 1988b).

3. Uso do aditivo vital-glúten na qualidade do pão

Pesquisas indicam que a otimização de fermento biológico, uso de nutrientes de fermento, de agentes surfactantes ativos, monoglicerídios e também a aplicação de vital-glúten podem melhorar a qualidade do pão rico em fibras suavizando então, os possíveis defeitos tecnológicos (POMERANZ, 1977).

Apesar de existir uma ampla literatura disponível para explicar a estrutura e as propriedades do glúten presente na farinha de trigo, muito pouco tem-se escrito sobre o glúten comercial, ou seja, o vital-glúten mesmo sendo considerado um importante suplemento protéico comercial processado industrialmente (ORTALO-MAGNÉ & GOODWIN, 1991).

O vital-glúten é obtido através de um processamento especial de farinhas selecionadas de trigo, sendo comercializado na forma de pó fino com coloração levemente acinzentada e com teor mínimo de proteína de 75% e de umidade de 4%. Sua vantagem nas indústrias de panificação é apresentar propriedade única de aumentar o teor protéico sem substituir ou desordenar os outros ingredientes, possuindo sabor e aroma suaves (PYLER, 1973).

Através de estudos reológicos foi concluído que incorporação de vital-glúten à massa provocou aumento na área, na extensibilidade e na resistência à extensão, sendo que os demais parâmetros extensográficos não foram alterados significativamente (NAVICKS & NELSEN, 1992). O comportamento farinográfico do vital-glúten causou melhorias na tolerância da massa à mistura, aumento na estabilidade e na absorção de água de 1,25 a 1,75% para cada 1% de vital-glúten adicionado (DUBOIS, 1978 e NAVICKS & NELSEN, 1992).

As propriedades funcionais do vital-glúten resultam na melhoria da qualidade dos produtos de panificação, geralmente ricos em fibras, tais como: aumento de volume, melhoria na estrutura, textura e maciez do miolo, aumentando também o

"shelf-life" (PYLER, 1973). Um importante aspecto do uso de vital-glúten na produção de pães é a interação físico-química do vital-glúten (exógeno) adicionado com o glúten (endógeno) pertencente à farinha de trigo (STENVERT et al., 1981a). Esta interação segundo STENVERT et al. (1981b) pode ser localizada por microscopia eletrônica.

Sabe-se que a formulação de produtos de panificação, velocidade de mistura e outras variáveis de processo também representam papéis importantes no comportamento do glúten na massa (CZUCHAJOWSKA & POMERANZ, 1993).

Geralmente os efeitos prejudiciais de até 15% de farelo de trigo em substituição à farinha de trigo podem ser contrabalanceados com a adição de vital-glúten (NAVICKIS & NELSEN, 1992).

Segundo DUBOIS (1978) e POSNER (1991), se 20% ou mais de fibras alimentares são incorporadas à formulação do pão, aproximadamente 10% de vital-glúten de trigo (base no peso da farinha) deverá ser adicionado para manter satisfatória a estrutura das células do miolo e outras características do pão.

O vital-glúten é bem estável nas condições normais de armazenamento. Amostras que foram estocadas durante 18 meses à temperatura ambiente não apresentaram nenhuma mudança química ou física. Sabe-se que a composição e a performance funcional do vital-glúten varia com o tipo de trigo e farinha da qual ele é derivado (ORTALO-MAGNÉ & GOODWIN, 1991).

A influência do preço é limitada, pois embora o vital-glúten seja relativamente caro é tipicamente utilizado em poucas quantidades, conseqüentemente a sua contribuição no custo no produto final é muito pequena (ORTALO-MAGNÉ & GOODWIN, 1991).

III - MATERIAIS E MÉTODOS

A. MATERIAIS

1. Matéria-prima

a) Farinha de trigo

Foram utilizadas farinhas de trigo comerciais, especial e comum, provenientes da moagem de trigo argentino, processadas pelo Pastificio Selmi S.A.- Campinas, SP.

A mistura das farinhas comum e especial foi feita na proporção 1:1, armazenada em sacos de polipropileno e estocada em câmara fria a 14°C.

b) Polpa de laranja

A polpa de laranja utilizada como fonte de fibra, neste estudo, foi obtida a partir do subproduto de suco de laranja e fornecida pela CITROSUCO PAULISTA - S/A., Matão, São Paulo.

Esse material foi separado em "finisher" após a extração do suco sendo constituído pelas vesículas que armazenam o suco, a membrana que separa a polpa em gomos, e frações de albedo (Figura 1). Posteriormente, a polpa de laranja foi lavada, submetida à secagem em secador de rolo e na forma de flocos foi embalada em sacos de polietileno e armazenada à temperatura ambiente.

c) Farelo de trigo

O farelo de trigo obtido pela moagem comercial do trigo argentino foi cedido pelo Pastificio Selmi S.A. - Campinas, SP.

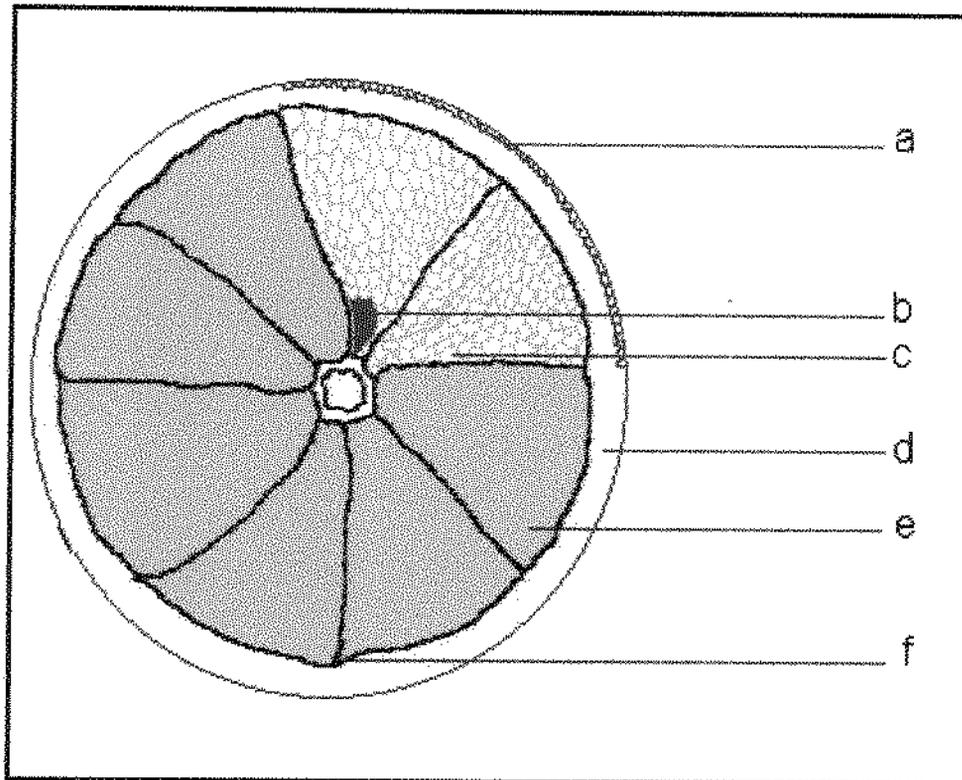


FIGURA 1. Secção transversal de uma laranja.

a) glândula de óleo essencial; b) semente; c) vesícula de suco; d) albedo; e) polpa; f) membrana (AREAS, 1994).

2. Reagentes e ingredientes

a) Reagentes

Os reagentes empregados nas análises químicas foram todos de grau analítico e de diversas procedências (MERCK, NOVO, SYNTH, ECIBRA e outros).

b) Ingredientes

Foram utilizados para a produção de pães, em escala laboratorial, ingredientes comerciais como: sal, sacarose, gordura vegetal hidrogenada (Cargill Agrícola S.A.), fermento biológico fresco (Fleischmann & Royal Ltda), vitamina C (Roche S.A.) e vital-glúten (Rhodia S.A.).

Nos processamentos de pães em escala piloto, foram também usados amido de milho (Refinações de Milho Brasil Ltda), estearoil 2-lactil lactato de sódio (Sínteses), polisorbato-80 (Oxiteno S.A.) e α -amilase fúngica (Prozin Ind. e Com. Ltda).

3. Aparelhos e equipamentos

No presente trabalho, além da vidraria e utensílios comumente encontrados em laboratórios, foram utilizados:

- ◆ Cadinho de vidro - porosidade número 2, marca Pyrex;
- ◆ Dessecador;
- ◆ Balança analítica, marca Bosh, modelo S-2000;
- ◆ Balança semi analítica digital, marca Mettler, modelo P-1200 e P-1100;
- ◆ Balança comercial Filizola;
- ◆ Mufla;
- ◆ Estufa com circulação de ar, marca Fanen, modelo 315-51;

- ◆ Extrator de gordura Soxhlet e aquecedor;
- ◆ Digestor e Destilador de proteína micro-Kjeldahl, marca Tecnal, modelo TE-036-E;
- ◆ Moinho de disco para grãos, marca Tecnal, modelo TE-020;
- ◆ Moinho de martelo, marca TREU & CIA Ltda;
- ◆ Agitador Brabender, modelo 297576;
- ◆ Farinógrafo, marca Brabender, com misturador de capacidade de 300 gramas de farinha;
- ◆ Extensógrafo marca Brabender;
- ◆ "Falling Number", ou n° de queda, marca Perten Instruments AB, modelo FN 1800;
- ◆ Expansógrafo, marca Bühler, modelo MLU-800;
- ◆ Forno elétrico Multi-Suprema, modelo MSI-10A;
- ◆ Forno elétrico doméstico, marca Layr, modelo S.A no 18659;
- ◆ Misturadeira rápida Tweedy, marca Siam-Util;
- ◆ Misturadeira rápida vertical, marca SUPREMA, modelo SR-15;
- ◆ Câmaras de Descanso com controles de temperatura e de umidade relativa, marca Fermentomatic e National MFG. CO.
- ◆ Formas de alumínio para os testes de panificação em escala laboratorial, 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 de panificação em escala piloto, com as seguintes dimensões:
 - Parte superior 21 x 8,5 cm
 - Parte inferior 20 x 7,5 cm
 - Altura 6 cm;
- ◆ Modeladora reversível, marca SUPREMA, modelo MR2;
- ◆ Fatiadeira elétrica, marca SUPREMA modelo FTC 5;
- ◆ Faca elétrica, marca ARNO;
- ◆ Planímetro, marca Zero Setting;
- ◆ Cronômetro, marca Technos-Cronus.

B. MÉTODOS EXPERIMENTAIS

1. Análises físicas e químicas da farinha de trigo e da polpa de laranja

1.1. Farinha de trigo e polpa de laranja

a) Umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método oficial 44-15 A da AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC) (1990).

b) Cinzas

A quantidade de cinzas foi determinada pelo método 08-01 descrito pela AACC (1983).

c) Proteínas

O teor de proteínas foi avaliado através do método de micro-Kjeldahl procedimento 46-13 da AACC (1983). O conteúdo total de proteína foi obtido utilizando o fator $N \times 6,25$ para a polpa de laranja e 5,7 para a farinha de trigo.

d) Gordura

Foi determinado em extrator contínuo do tipo Soxhlet, segundo o método 30-25 da AACC (1983).

e) Fibras

O teor de Fibra Alimentar Total (FAT) da polpa de laranja foi determinado pelo método não-enzimático-gravimétrico aplicado para frutas e vegetais, segundo LI & CARDOSO (1992) e as determinações dos teores de fibra alimentar solúvel e insolúvel foram realizadas conforme o método de PROSKY et al. (1988). O teor de fibra bruta da farinha de trigo foi determinado pelo método de KAMER & VAN GIHKEL (1952).

1.2. Farinha de trigo

a) pH da farinha de trigo

O pH foi determinado conforme o método 02-52 da AACC (1983).

b) Teor de glúten úmido

O teor de glúten úmido foi determinado conforme o método 38-10 da AACC (1983).

c) Teste de sedimentação

O teste de sedimentação foi determinado de acordo com PENÃ & AMAYA (1985).

d) Determinação do número de queda

O número de queda foi determinado no equipamento "Falling Number", segundo o método 56-81B da AACC (1990).

1.3. Polpa de laranja

a) Granulometria

A distribuição dos tamanhos de partículas foi determinada no aparelho denominado "Granutest", usando peneiras vibratórias de 1680; 1190; 850; 500; 420; 250; 170; 149 e 88 μm .

b) Densidade aparente

A densidade aparente foi realizada segundo PARROT & THRALL (1978).

c) Capacidade de hidratação

A capacidade de hidratação foi determinada de acordo com CHEN et al. (1988).

2. Ensaio I: Efeito da polpa de laranja nas características reológicas da massa e na qualidade do pão produzido em escala laboratorial

Foram estudados os efeitos dos teores, da granulometria e da pré-hidratação da polpa de laranja, na reologia de massa (Farinógrafo, Extensógrafo e Expansógrafo) e nas características tecnológicas dos pães (Teste experimental de panificação). Também foi estudado o efeito da incorporação da polpa de laranja, na farinha de trigo adicionada de glúten.

As condições estabelecidas nos 9 tratamentos laboratoriais usados nas determinações das propriedades de mistura, extensão e fermentação das massas e na qualidade do pão, estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1. Condições estabelecidas nos 9 tratamentos laboratoriais usados nas determinações das propriedades de mistura, extensão, fermentação das massas e na qualidade do pão.

Efeitos da Polpa de Laranja	Tratamentos								
	1 (padrão)	2	3	4	5	6	7	8	9
Teores (%)	-	2,5	5,0	7,5	10	2,5	2,5	2,5	2,5
Granulometria	-	média	média	média	média	fina	grossa	média	média
Pré Hidratação (g polpa/g água)	-	n	n	n	n	n	n	h	n
Adição de glúten (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	1,25

n = polpa de laranja não pré-hidratada

h = polpa de laranja pré hidratada

2.1. Efeito dos teores (2,5; 5,0; 7,5 e 10%) da polpa de laranja

Foi utilizada polpa de laranja com granulometria média (250 a 850 μm), não pré-hidratada e sem adição de vital-glúten, nos teores de **2,5; 5,0; 7,5 e 10%**.

A porcentagem de absorção de água (corrigida para 14% de umidade) e as propriedades de mistura, extensão e fermentação das massas, assim como a qualidade do pão foram determinadas nos ensaios 1, 2, 3, 4 e 5 (Tabela 1).

2.1.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas

A porcentagem da absorção de água e as propriedades de mistura das massas foram determinadas no Farinógrafo Brabender, segundo o método 54-21 da AACC (1983) utilizando 20 minutos de mistura.

A polpa de laranja foi adicionada na caixa de mistura, de 300 gramas, do Farinógrafo juntamente com a farinha de trigo para melhor homogeneização da mistura. Ambos os materiais tiveram suas umidades corrigidas para 14%.

Os parâmetros determinados no farinograma foram os seguintes:

a) Absorção de água

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

b) Tempo de chegada

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

c) Tempo de desenvolvimento da massa

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 U.F. 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 U.F.

2.1.2. Determinação das propriedades de extensão das massas

As propriedades de extensão das massas foram avaliadas no Extensógrafo Brabender segundo o método 54-10 da AACCC (1983).

Os parâmetros utilizados para análise do extensograma foram:

a) Extensibilidade

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

b) Resistência à extensão

Medida na curva a 50 mm após o início do teste, expressa em Unidades Extensográficas (U.E.).

c) Resistência máxima

Medida da altura máxima do extensograma, em Unidades Extensográficas.

d) Área

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

2.1.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas

As propriedades de fermentação das massas foram determinadas no Expansógrafo Bühler, conforme SHUEY (1975).

Os parâmetros utilizados para avaliação do expansograma foram os seguintes:

a) Estabilidade

Distância (mm) entre os dois pontos em que a curva corta a linha de pressão de 20 mm de coluna de água (c.a.).

b) Poder de retenção de gás

Altura (mm) do ponto máximo da curva a partir da linha de pressão de 5 mm c.a.

2.1.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação

a) Produção dos pães

Os pães foram produzidos através do teste experimental de panificação descrito por EL-DASH (1978) com modificações na formulação básica (2% de sal), na quantidade de massa (175 gramas) e no tempo de fermentação (95 minutos).

Este teste utiliza o controle do tempo de mistura, de fermentação e de cozimento, além de fixar as temperaturas das massas, a consistência das mesmas e os ingredientes da formulação do pão. A formulação básica é apresentada na Tabela 2.

TABELA 2. Formulação básica utilizada no teste experimental de panificação.

Ingredientes	(%)
Farinha de trigo	100
açúcar	5
fermento biológico	3
gordura vegetal hidrogenada	3
sal	2
vitamina C	0,009

b) Avaliação da qualidade dos pães

A qualidade dos pães após resfriamento foi avaliada pelas características externas e internas, aroma e gosto (Tabela 3), através da distribuição dos pontos de acordo com EL-DASH (1978).

O volume dos pães foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço, em um recipiente de volume previamente conhecido. O volume específico foi multiplicado pelo fator de correção de 3,33.

De acordo com CAMARGO & CAMARGO (1987) foi adotada a classificação de qualidade do pão em função do total de pontos, segundo a Tabela 4.

2.2. Efeito da granulometria (fina, média e grossa) da polpa de laranja

Com base nos testes preliminares foi definido o uso dos moinhos de martelo e disco para moagem da polpa de laranja. O material foi classificado por tamanho, através de peneiras vibratórias, obtendo-se polpa de laranja com granulometria denominada fina (177 a 420 μm), média (250 a 850 μm) e grossa (500 a 1680 μm).

Foi utilizada polpa de laranja no teor de 2,5% em substituição à farinha de trigo, não pré-hidratada e sem adição de vital-glúten, **nos tamanhos de partículas fina, média e grossa.**

A porcentagem de absorção de água (corrigida para 14% de umidade) e as propriedades de mistura, extensão e fermentação das massas, assim como a qualidade dos pães foram determinadas nos ensaios 1, 2, 6 e 7 (Tabela 1).

TABELA 3. Avaliação da qualidade dos pães através das características externas e internas, aroma e gosto.

Características externas	Valor máximo
Volume	
(volume específico x 3,33)	20
Cor da Crosta	
(Fatores indesejáveis: não uniforme, opaca, muito clara ou muito escura)	10
Quebra	
(Fatores indesejáveis: muito pequena, áspera ou desigual)	5
Simetria	
(Fatores indesejáveis: laterais, pontas ou partes superiores desiguais)	5
Total	40
Características internas	Valor máximo
Características da crosta	
(Fatores indesejáveis: borrachenta, quebradiça, dura, muito grossa ou muito fina)	5
Cor do miolo	
(Fatores indesejáveis: cinza, opaca, desigual ou escura)	10
Estrutura da célula do miolo	
(Fatores indesejáveis: falta de uniformidade, buracos muito abertos ou compacto)	10
Textura do miolo	
(Fatores indesejáveis: falta de uniformidade, áspera, compacta ou seca)	10
Total	35
Aroma e Gosto	Valor máximo
Aroma	
(Fatores indesejáveis: falta de aroma, aroma desagradável, estranho, muito fraco ou forte).	10
Gosto	
(Fatores indesejáveis: ácido, estranho, goma, massa ou gosto remanescente)	15
Total	25
Contagem final	100

TABELA 4. Classificação de qualidade do pão.

Total de Pontos	Qualidade do pão
<70	Sofrível
70-80	Regular
80-90	Boa
>90	Muito boa

2.2.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas

A metodologia e a avaliação dos parâmetros farinográficos foram descritas no item 2.1.1.

2.2.2. Determinação das propriedades de extensão das massas

A metodologia e a avaliação dos parâmetros extensográficos foram descritas no item 2.1.2.

2.2.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas

A metodologia e a avaliação dos parâmetros expansográficos foram descritas no item 2.1.3.

2.2.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação

a) Produção dos pães

Os pães foram produzidos de acordo com o item 2.1.4 a.

b) Avaliação da qualidade dos pães

A qualidade dos pães foi avaliada de acordo com o item 2.1.4b.

2.3. Efeito da pré-hidratação da polpa de laranja

Após testes preliminares usando várias proporções de polpa/água e tempos de hidratação distintos, foram estabelecidas as condições de pré-hidratação da polpa de laranja, usando a proporção 1:20 e o tempo de 15 minutos.

Foi utilizada polpa de laranja no teor de 2,5%, em substituição à farinha de trigo, com granulometria média e sem adição de vital-glúten, **em materiais pré ou não hidratados.**

A porcentagem de absorção de água (corrigida para 14% de umidade) e as propriedades de mistura, extensão e fermentação das massas, assim como a qualidade dos pães foram determinadas nos tratamentos 1,2 e 8 (Tabela 1).

2.3.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas

A metodologia e a avaliação dos parâmetros farinográficos foram descritas no item 2.1.1.

2.3.2. Determinação das propriedades de extensão das massas

A metodologia e a avaliação dos parâmetros extensográficos foram descritas no item 2.1.2.

2.3.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas

A metodologia e a avaliação dos parâmetros expansográficos foram descritas no item 2.1.3.

2.3.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação

a) Produção dos pães

Os pães foram produzidos de acordo com o item 2.1.4.a.

b) Avaliação da qualidade dos pães

A qualidade dos pães foi avaliada de acordo com o item 2.1.4.b.

2.4. Efeito da adição da polpa de laranja na presença de vital-glúten

Foi utilizada polpa de laranja no teor de 2,5%, em substituição à farinha de trigo, com granulometria média, não pré-hidratada **com e sem adição de vital-glúten**.

Foi estabelecido neste estudo o uso de 1,25% de vital-glúten, em substituição à farinha de trigo para cada 2,5% de polpa de laranja adicionada. Esta proporção de vital-glúten / material fibroso está de acordo com os estudos de DUBOIS (1978) e POSNER (1991).

A porcentagem de absorção de água (corrigida para 14% de umidade) e as propriedades de mistura, extensão e fermentação das massas, assim como a qualidade dos pães foram determinadas nos tratamentos 1, 2 e 9 (Tabela 1).

2.4.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas

A metodologia e a avaliação dos parâmetros farinográficos foram descritas no item 2.1.1.

2.4.2. Determinação das propriedades de extensão das massas

A metodologia e a avaliação dos parâmetros extensográficos foram descritas no item 2.1.2.

2.4.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas

A metodologia e a avaliação dos parâmetros expansográficos foram descritas no item 2.1.3.

2.4.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação

a) Produção dos pães

Os pães foram produzidos de acordo com item 2.1.4a.

b) Avaliação da qualidade dos pães

A qualidade dos pães foi avaliada de acordo com o item 2.1.4.b.

3. Ensaio II: Efeito dos teores (2,5; 5,0 e 7,5%) da polpa de laranja na qualidade do pão tipo forma produzido em escala piloto

Foram estudados na qualidade dos pães produzidos em escala piloto, os efeitos dos teores de 2,5; 5,0 e 7,5% de Fibra Alimentar Total - (FAT) contida na polpa de laranja. Para efeito comparativo foi estudado o farelo de trigo nas mesmas proporções de FAT de polpa de laranja, já que o farelo de trigo segundo TOMA et al. (1979) e VETTER (1984) é a fonte de fibra mais amplamente usada em produtos de panificação.

O teor de umidade e a granulometria do farelo de trigo foram determinados conforme os itens B.1.1.a e B.1.3.a.

a) Produção de pães

Os pães foram produzidos de acordo com o processo direto semi-rápido, utilizando misturadeira rápida vertical conforme apresentado no Fluxograma da Figura 2. As formulações usadas nos 7 tratamentos para produção de pães tipo forma, em planta piloto, são apresentadas na Tabela 5.

No processo direto semi-rápido a dispersão dos ingredientes (sal e açúcar) foi feita com parte da água resfriada a 7°C, antes da incorporação da farinha na misturadeira. Os demais ingredientes, inclusive a polpa de laranja ou o farelo de trigo foram adicionados à seco juntamente com a farinha de trigo, exceto o fermento. As quantidades de água adicionadas para cada formulação foram baseadas nas absorções obtidas nos testes experimentais de panificação, com o uso do Farinógrafo.

Os ingredientes das massas padrões foram misturados por 8 minutos, à baixa velocidade e em seguida por mais 7 minutos à alta velocidade. Já as massas com 2,5; 5,0 e 7,5 de FAT de polpa de laranja foram misturadas por um total de 20, 25 e 30 minutos, respectivamente, e aquelas com farelo de trigo nas mesmas proporções de FAT utilizaram um total de 15, 20 e 25 minutos, respectivamente.

Os tempos de mistura utilizados nos 7 tratamentos foram determinados após a observação de um filme de massa liso, viscoelástico e com brilho acetinado, característico do completo desenvolvimento do glúten.

Nas etapas seguintes foram realizadas a divisão e a pesagem das massas em divisoras mecânicas com o sistema de pesagem baseado em volume. O boleamento foi feito manualmente.

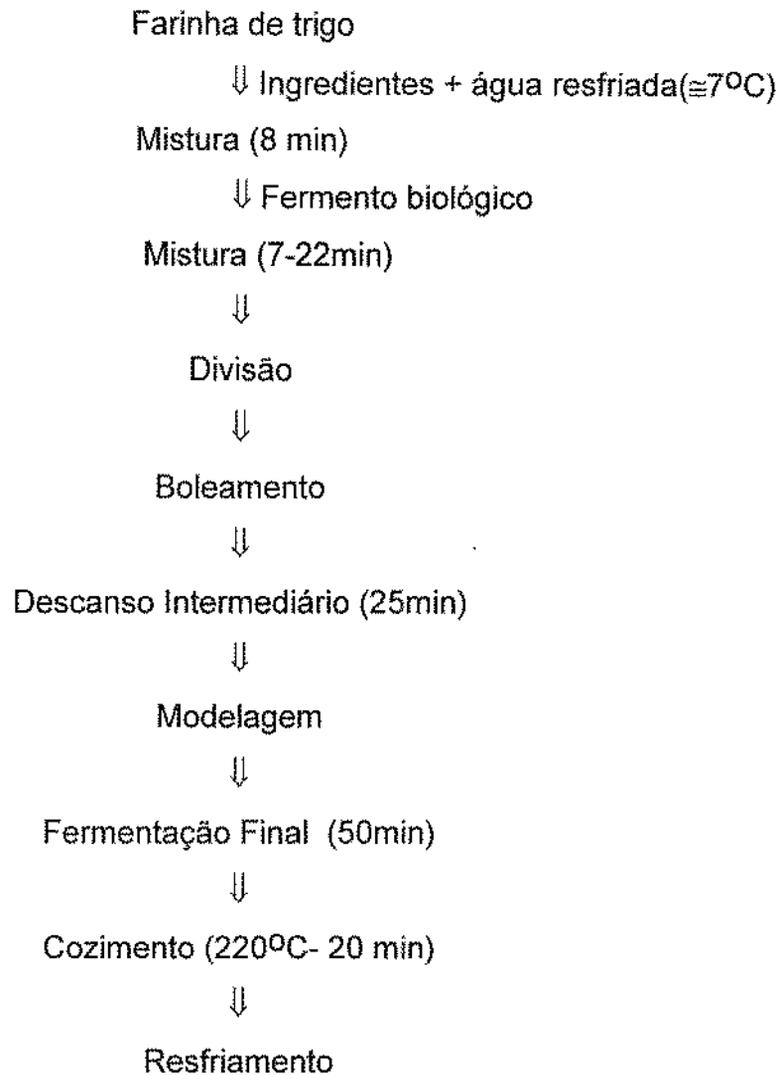


FIGURA 2. Fluxograma do processamento de pão tipo forma pelo método direto semi-rápido.

TABELA 5. Formulações usadas nos 7 tratamentos para produção de pães tipo forma em planta-piloto.

INGREDIENTES (%)	TRATAMENTOS						
	1 (Padrão)	2	3	4	5	6	7
Farinha de trigo	100	96,25	95,2	92,5	89,3	88,7	85,6
FAT da Polpa de laranja*	-	2,5	-	5,0	-	7,5	-
FAT da Farelo de trigo*	-	-	2,5	-	5,0	-	7,5
Água	57	65,50	62,2	77,0	64,0	92,5	65,5
Fermento biológico	5	5	5	5	5	5	5
Açúcar	4	4	4	4	4	4	4
Gordura vegetal hidrogenada	3	3	3	3	3	3	3
Sal	2	2	2	2	2	2	2
Vital-glúten	-	1,25	1,25	2,5	2,5	3,75	3,75
Aditivo	1	1	1	1	1	1	1

(*) Granulometria média, não pré-hidratada e com adição de vital-glúten.

A moldagem, após 25 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, levadas até a câmara de fermentação, mantidas a 30°C e a 82% de umidade relativa, durante 50 minutos. Depois de fermentadas, as massas foram transportadas para o forno.

O tempo e temperatura de cozimento dos pães foram de 20 minutos à 220°C respectivamente. Após o cozimento, os mesmos foram retirados das formas e deixados resfriar até temperatura ambiente.

b) Avaliação da qualidade dos pães

A qualidade dos pães foi avaliada conforme o item 2.1.4.b.

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram estudados em escala laboratorial os efeitos dos teores, granulometria e pré-hidratação da polpa de laranja, em substituição à farinha de trigo, com ou sem adição de vital-glúten nas propriedades de mistura, extensão e fermentação das massas. Em seguida foi determinada a qualidade dos pães, através do teste experimental de panificação.

Após estes estudos foi avaliado comparativamente a qualidade dos pães tipo forma contendo polpa de laranja ou farelo de trigo, produzidos em escala piloto, utilizando como padrão o pão sem a presença destes materiais fibrosos.

A. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DA FARINHA DE TRIGO

As características químicas e físicas da farinha de trigo utilizada são apresentados na Tabela 6.

O teor de proteínas na farinha de trigo utilizada foi considerado adequado para produção de pão (PRATT, 1978). O conteúdo de cinzas se encontra no limite máximo estabelecido para uma farinha comercial destinada à panificação com grau de extração de aproximadamente 78% (GUARIENTI, 1993). O valor do pH foi satisfatório e o teor de glúten úmido e volume de sedimentação foram considerados médio e alto, respectivamente (GERMANI et al., 1993), característicos de farinhas fortes.

O resultado do número de queda 320 segundos, indicou atividade enzimática adequada à produção de pão não necessitando portanto de suplementos enzimáticos (JOHANSSON, 1993). Com base nos resultados obtidos através da caracterização física e química, a farinha de trigo foi considerada apropriada para aplicação nos testes desenvolvidos no presente trabalho.

TABELA 6. Características químicas e físicas da farinha de trigo.

Características	Valor¹
Carboidratos ^{2,3}	69,58%
Umidade	14,04 %
Proteína ²	13,45 %
Lipídeos ²	1,97 %
Cinzas ²	0,45 %
Fibra bruta ²	0,26 %
Número de queda	320 seg.
Teor de glúten úmido	25 %
Volume de sedimento	22 ml
pH	6,2

(1) Média de três repetições

(2) Valores expressos em base seca

(3) Calculado por diferença

B. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DA POLPA DE LARANJA

Na Tabela 7 são apresentadas as características químicas e físicas da polpa de laranja.

Em comparação com outros materiais fibrosos, comumente incorporados em alimentos, foi observado que a polpa de laranja estudada é altamente rica em Fibra Alimentar Total - FAT (76,00%), contendo alto teor de fibra solúvel, superior aos valores encontrados por BRADDOCK & GRAUMLICH (1981); e BRADDOCK & CRANDALL (1981) em frutas, legumes e cereais, principalmente na aveia. Segundo GORDON (1989), elevados teores de fibra solúvel têm sido associados à redução de glucose e de colesterol sérico tornando assim a polpa de laranja um material altamente diferenciado e benéfico à saúde.

A polpa de laranja apresentou alta capacidade de hidratação que foi superior aos valores encontrados por CHEN et al. (1988) em farelo de aveia (2,10 g água/g sólido). Este resultado se justificou pelo alto teor de fibra alimentar solúvel.

TABELA 7. Características químicas e físicas da polpa de laranja

Características	Valor
Fibra total alimentar ^{1,2}	76,00%
Fibra insolúvel ^{1,3}	55,60%
Fibra solúvel ^{1,3}	20,40%
Proteína ¹	9,18%
Umidade	9,00%
Carboidratos ^{1,4}	2,45%
Cinzas ¹	1,87%
Lipídeos ¹	1,50%
Capacidade de hidratação	8,6 g água/g sólido
Densidade aparente	0,0979 g/ml

(1) Valores expressos em base seca, média de três repetições.

(2) Valor determinado pelo teste de Li & Cardozo, 1992.

(3) Valores determinados pelo teste de Prosky et al., 1988.

(4) Calculado por diferença

C. ENSAIO I : EFEITO DA POLPA DE LARANJA NAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DA MASSA E NA QUALIDADE DE PÃO PRODUZIDO EM ESCALA LABORATORIAL.

No ensaio I são apresentados e discutidos os resultados dos efeitos na massa e no pão dos teores, da granulometria e da pré-hidratação da polpa de laranja. Foi também estudado o efeito da adição da polpa de laranja na presença de vital-glúten.

1. Efeito dos teores (2,5 ; 5,0 ; 7,5 ; e 10%) da polpa de laranja

Os níveis de polpa de laranja foram estabelecidos após testes preliminares, onde foram incorporados à massa 0,01; 0,025; 0,050; 0,1; 0,25 ; 0,5 e 1% em substituição à farinha de trigo. Os resultados mostraram que nos níveis usados, praticamente não foram observadas alterações nas propriedades reológicas das massas. Desta forma foi justificado o estudo dos efeitos da adição de 2,5; 5,0; 7,5 e 10% de polpa de laranja nas propriedades reológicas da massa e na qualidade do pão, conforme estabelecidos nos ensaios 1, 2, 3, 4, e 5 (Tabela 1),.

1.1. *Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas*

As porcentagens de absorção de água e as propriedades de mistura das massas com polpa de laranja são apresentadas na Tabela 8.

TABELA 8. Parâmetros farinográficos da farinha de trigo com polpa de laranja.

Parâmetros Farinográficos						
Teor da Polpa* de Laranja (%)	Absorção de Água (%)	Tempo de Chegada	Tempo de Desenvolvimento	Estabilidade	Tempo de Saída	
		Minutos				
0 (Padrão)	58,1	1,5	5,5	18,5	20,0	
2,5	67,6	3,5	14,5	nd	nd	
5	78,5	7,5	15,0	nd	nd	
7,5	85,4	12,0	17,0	nd	nd	
10	90,8	16,0	20,0	nd	nd	

nd - Valor não determinado

(*) Polpa de laranja com granulometria média e não pré-hidratada

Foi observado em relação à massa padrão, que o aumento do teor da polpa de laranja causou uma drástica e gradual elevação das absorções de água das massas (Tabela 8). Efeito que foi também observado quando outras fontes de fibras foram adicionadas à farinha de trigo (POMERANZ et al. 1976; LORENZ, 1976; DAPPOLONIA & YONGS, 1978; SHOGREN et al., 1981; NAVICKIS & NELSEN, 1992 e CHEN et al., 1988). Este resultado foi justificado pela alta concentração de fibra alimentar solúvel presente no material fibroso usado, que por sua vez é muito higroscópico exigindo alta quantidade de água para sua completa hidratação.

Os tempos de chegada e de desenvolvimento aumentaram com o acréscimo de polpa de laranja, devido possivelmente ao atraso da hidratação do glúten causado pela maior capacidade de ligação de água da polpa de laranja. Resultados similares foram também encontrados por POMERANZ et al. (1977), usando farelo de trigo.

Os parâmetros de estabilidade e de tempo de saída foram determinados apenas na massa sem polpa de laranja (padrão), já que não foi possível obter a leitura nos 20 minutos de mistura estabelecidos na metodologia usada; causado principalmente pelos maiores tempos de chegada na presença da polpa de laranja.

A análise conjunta dos resultados mostrou que os parâmetros farinográficos avaliados foram marcadamente afetados a partir de 2,5% de adição da polpa de laranja.

1.2. Determinação das propriedades de extensão das massas

As propriedades de extensão das massas com polpa de laranja são apresentadas na Tabela 9.

TABELA 9. Parâmetros extensográficos da farinha de trigo com polpa de laranja.

Teor da Polpa* de Laranja(%)	Tempo de descanso (min)	Parâmetros Extensográficos			
		E (mm)	A (cm ²)	R (UE)	Rm (UE)
0 (Padrão)	45	184,5	183,18	595	745
	90	179	181,98	620	795
	135	179	195,13	630	830
2,5	45	160	160,90	675	760
	90	147	148,73	695	775
	135	136	145,60	770	865
5,0	45	155	149,38	900	915
	90	133	nd	1000	nd
	135	117	nd	995	nd
7,5	45	100	120,90	930	930
	90	92,0	nd	nd	nd
	135	82,5	nd	nd	nd
10	45	68,5	nd	nd	nd
	90	64,5	nd	nd	nd
	135	64,5	nd	nd	nd

E - Extensibilidade; A - Área; R - Resistência à extensão e Rm - Resistência máxima.

UE - Unidade Extensográfica

nd - Valor não determinado

(*) Polpa de laranja com granulometria média e não pré-hidratada

Foi verificado em relação à massa padrão que o aumento do teor de polpa de laranja provocou a redução na extensibilidade e na área das curvas extensográficas. Estes resultados concordaram com os citados por RAO & RAO (1991) e por NAVICKIS & NELSEN (1992) que incorporaram na massa farelo de trigo e casca de aveia, respectivamente. Os aumentos da resistência à extensão e da resistência máxima observados com o acréscimo de teores de polpa de laranja, concordaram com aqueles determinados por NAVICKIS & NELSEN (1992).

A partir de 5% de incorporação de polpa de laranja, os parâmetros extensográficos indicaram o enfraquecimento das massas o que, de acordo com CHEN et al. (1988); HOSENEY (1986) & POMERANZ et al. (1977) poderiam em parte ser explicado pela diluição do glúten. Este comportamento poderia também ser justificado pela interação química das fibras presentes no material com a estrutura tridimensional do glúten.

1.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas

As propriedades de fermentação das massas com polpa de laranja são apresentadas na Tabela 10.

Foi verificado que em relação à massa sem a polpa de laranja (padrão) os valores de estabilidade (exceto ao nível de 2,5%) e de poder de retenção de gás diminuíram com o aumento de incorporação do material fibroso.

Com a adição da polpa de laranja ao nível de 10% de substituição à farinha de trigo, não foi possível a determinação do parâmetro de estabilidade devido ao baixo poder de retenção de gás desta massa. Estes resultados podem ser justificados pela diluição e pela incompleta formação da rede de glúten acarretando o seu enfraquecimento. Foi observado por CHEN et al. (1988a), através da microscopia eletrônica, a formação incompleta da rede de glúten na presença de materiais fibrosos.

TABELA 10. Características expansográficas da farinha de trigo com polpa de laranja.

Teor da Polpa* de Laranja (%)	Parâmetros Expansográficos	
	E	PRG
	(mm)	
0 (Padrão)	107	55
2,5	115	49
5,0	64	41
7,5	60	37
10	nd	33

E- Estabilidade e PRG - Poder de retenção de gás.

nd-Valor não determinado

(*) Polpa de laranja com granulometria média e não pré-hidratada

1.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação.

O efeito dos teores da polpa de laranja na absorção de água, no tempo de mistura das massas e ainda na qualidade dos pães obtidos em escala laboratorial são apresentados nas Tabelas 11 e 12, respectivamente.

Foi verificado que a absorção de água aumentou marcadamente a medida que maiores teores de polpa de laranja foram incorporados à massa. Estes resultados estão de acordo com KESTERSON & BRADDOCK (1973); FOX (1980), e BELSHAW (1978), que encontraram altos valores de absorção de água em materiais fibrosos derivados de diferentes partes da laranja.

Foi observado que o tempo de mistura da massa aumentou com o acréscimo de polpa de laranja. Este efeito foi justificado em função da fibra alimentar, presente no material fibroso, aumentar o tempo de mistura necessário para o completo desenvolvimento do glúten (DUBOIS, 1978; KRISHNAN et al.; 1987 e SHOGREN, et al., 1981). O aumento no tempo de mistura segundo CHEN et al.(1988b) resultou também da diluição do glúten e da dificuldade das fibras se misturarem de forma homogênea com a farinha de trigo.

Os parâmetros de qualidade dos pães relativos às características externas, internas, aroma e gosto foram avaliados comparativamente ao pão produzido sem adição da polpa de laranja (padrão), conforme pode ser observado na Tabela 12 .

Foi verificado que a incorporação crescente da polpa de laranja à massa reduziu marcadamente os volumes específicos dos pães em relação ao pão padrão (Figura 3). Estes resultados concordaram com CHEN et al.(1988b), que observou o mesmo comportamento usando fibra de maçã, farelos de trigo e de aveia e também com os estudos de SHOGREN et al.(1981) que avaliou os efeitos na qualidade de pães contendo farelo de trigo, de milho, de soja e resíduo de côco.

TABELA 11. Efeito dos teores da polpa de laranja na absorção de água e no tempo de mistura das massas usadas no teste de panificação.

Parâmetros	Teor de Polpa* de Laranja (%)				
	0 (Padrão)	2,5	5,0	7,5	10
Farinográficos¹					
Absorção de água (%)	51,70	61,00	68,00	72,60	78,20
Tempo de mistura (min)	13,50	15,50	16,50	19,00	22,00

1- Média de três repetições.

(*) Polpa de laranja com granulometria média e não pré-hidratada

TABELA 12. Efeito dos diferentes teores da polpa de laranja na qualidade dos pães.

Parâmetros de qualidade ¹	Nota Máxima	Teor de Polpa* de Laranja (%)				
		0 (Padrão)	2,5	5,0	7,5	10
Características						
externas						
- volume específico	20	16,0	14,7	10,7	8,0	6,5
- cor da crosta	10	9,5	8,5	7,5	5,0	4,0
- quebra	5	4,5	3,5	2,0	0,5	zero
- simetria	5	4,5	4,0	3,0	2,0	2,0
Total	40	34,5	30,7	23,2	15,5	12,5
Características						
internas						
- características da crosta	5	4,5	4,0	2,5	1,0	0,5
- cor do miolo	10	10	9,5	5,0	4,0	3,0
- célula do miolo	10	8,5	7,5	4,5	2,0	1,0
- textura do miolo	10	9,0	8,5	5,0	4,0	2,0
Total	35	32,0	29,5	17,0	11,0	6,5
Aroma e Gosto						
- aroma	10	10	9,0	7,0	6,0	3,0
- gosto	15	14	15	12	10	7,5
Total	25	24,0	24,0	19,0	16,0	10,5
Contagem total	100	90,5	84,2	59,2	42,5	29,5

1- média de três repetições

(*) Polpa de laranja com granulometria média e não pré-hidratada



FIGURA 3. Perfil das características externas dos pães com 2,5; 5,0; 7,5 e 10% de polpa de laranja.

O pão contendo 2,5% de polpa de laranja teve o volume diminuído, em relação ao padrão em apenas 1,3 pontos, porém pães com 5,0; 7,5 e 10% apresentaram grande prejuízo neste importante parâmetro de qualidade. A incorporação de 2,5% e 5,0% do material fibroso provocou redução no volume do pão, o que segundo POMERANZ (1977) foi devido a diluição das proteínas funcionais do glúten, porém os efeitos na diminuição dos volumes específicos de pães com 7,5% e 10% de polpa de laranja foram decorrentes desta diluição e, principalmente da interação química entre fibra e glúten.

Com relação a cor da crosta, quebra e simetria foi observado um comportamento similar ao volume, sendo a redução nestes parâmetros bem acentuada nos pães com 7,5 e 10% de polpa de laranja.

Maiores teores da polpa de laranja nos pães tornaram a cor da crosta desuniforme, opaca e pálida. Foi também observado a presença de algumas bolhas e enrugamento da crosta no pão com 5% de polpa de laranja e marcadamente nos pães contendo 7,5 e 10% (Figura 3). Estes resultados concordaram com POMERANZ (1977).

A análise das características internas dos pães (Tabela 12 e Figura 4) mostrou que maiores teores de polpa de laranja tornaram a crosta interna mais fina, compacta e desuniforme, sendo observado também a presença de bolhas e buracos ("shell-tops"). Estes resultados foram citados por DUBOIS (1978), quando foram incorporados outros materiais fibrosos no pão.

Quanto a cor do miolo foi observado que a adição de 2,5% de polpa de laranja alterou a cor característica do pão (branco levemente acinzentado) para uma tonalidade creme-amarelada, a qual tornou-se mais intensa a medida que maiores teores deste material fibroso foram incorporados. Estes resultados foram observados anteriormente por BELSHAW (1978), usando fibra proveniente de várias partes da laranja.



FIGURA 4. Perfil das características internas dos pães com 2,5; 5,0; 7,5 e 10% de polpa de laranja.

A adição de maiores teores de polpa de laranja no pão alterou a estrutura interna das células do miolo tornando-a mais compacta. Foi ainda observado nos pães com 5,0; 7,5 e 10% de polpa, a presença de pequenos grumos. Estes resultados concordaram com os de RAO & RAO (1991), que estudaram o efeito de incorporação de farelo de trigo na qualidade do pão.

A presença de 2,5% de polpa de laranja alterou o aroma do pão, tornando-o levemente cítrico e agradável, porém pães com 5,0; 7,5 e 10% de polpa tiveram este aroma mais acentuado, o que prejudicou a pontuação deste parâmetro.

Com relação ao gosto o pão com 2,5% de polpa apresentou nota máxima, superior ao pão padrão.

A qualidade final dos pães foi obtida pela soma dos pontos dos parâmetros relativos às características externas, internas, aroma e gosto.

Pães produzidos com 2,5% de polpa de laranja obtiveram classificação **boa** de qualidade, a partir de 5,0% de adição deste material fibroso a qualidade final dos pães foi drasticamente prejudicada perdendo seu aspecto característico de pão nos níveis de 7,5 e 10% e obtendo a classificação **sofrível** segundo critérios estabelecidos por CAMARGO & CAMARGO (1987), mostrados na Tabela 4. Deste modo foi selecionado a incorporação de 2,5% de polpa de laranja, em substituição à farinha de trigo, nos estudos posteriores em escala piloto.

2. Efeito da granulometria (fina, média, grossa) da polpa de laranja

Nos testes preliminares foram usados os moinhos de faca, martelo, rolo e disco para a redução dos tamanhos de partículas dos flocos de polpa de laranja. Os resultados mostraram que foi possível unicamente a moagem dos flocos de polpa de laranja no moinho de martelo obtendo-se materiais que após classificação em peneiras,

foram denominados grosso e médio. Este último foi, a seguir, moído em moinho de disco para obtenção do material denominado fino.

Neste item foi estudado o efeito da granulometria da polpa de laranja denominada (fina, média e grossa) nas propriedades reológicas da massa e na qualidade do pão, conforme estabelecido nos tratamentos 1, 2, 6 e 7 (Tabela 1),

A granulometria da polpa de laranja moída é mostrada na Tabela 13.

2.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas

As porcentagens de absorção de água e as propriedades de mistura das massas com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa são apresentadas na Tabela 14.

Foi verificado que os valores de absorção de água aumentaram na presença de 2,5% de polpa de laranja, principalmente quando foi incorporada polpa de granulometria fina. Este resultado concordou com o estudo de CADDEN (1987) que mostrou que os tamanhos de partículas podem alterar a capacidade de absorção de água da massa.

Foi observado que a incorporação de 2,5% de polpa de laranja fina causou aumento de apenas 0,5 minuto no tempo de chegada em relação à massa sem adição de polpa (padrão). No entanto, neste mesmo teor usando granulometria média e grossa o aumento do tempo de chegada foi notadamente maior devido a menor velocidade de hidratação da massa, a medida que os tamanhos de partículas aumentaram. Este comportamento se justificou certamente pela menor área superficial das partículas média e grossa da polpa de laranja, quando comparadas com a de granulometria fina. Resultados similares foram obtidos por KRISHNAN et al. (1987) e WOOTON & SHAMS-UD-DIN (1986) usando farelos de aveia e trigo respectivamente.

TABELA 13. Granulometria da polpa de laranja.

Classificação	Granulometria
Fina	177 a 420 μm
Média	250 a 850 μm
Grossa	500 a 1680 μm

TABELA 14. Parâmetros farinográficos da farinha de trigo com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa.

Classificação da Polpa* de Laranja	Parâmetros farinográficos				
	Absorção	Tempo	Tempo de	Estabilidade	Tempo
	Água	Chegada	desenvolvimento		Saída
	(%)		Minutos		
Padrão	58,1	1,5	5,5	18,5	20
Fina	71,9	2,0	15,0	nd	nd
Média	68,5	3,5	14,5	nd	nd
Grossa	67,6	4,5	14,5	nd	nd

nd - Valor não determinado

(*) Polpa de laranja (2,5%) não pré-hidratada.

O tempo de desenvolvimento foi marcadamente aumentado na presença de polpa de laranja, porém os tamanhos de partículas não afetaram praticamente este parâmetro.

Os parâmetros de estabilidade e de tempo de saída foram determinados apenas na massa denominada padrão já que não foi possível a leitura nos 20 minutos de mistura, estabelecidos na metodologia usada, causado principalmente pelos maiores tempos de desenvolvimento na presença da polpa de laranja, com granulometria classificada como fina, média e grossa.

2.2. Determinação das propriedades de extensão das massas

As propriedades de extensão das massas com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa são apresentadas na Tabela 15.

Avaliando os parâmetros extensográficos (Tabela 15), obtidos no tempo de descanso de 135 minutos, foi verificado que a incorporação da polpa de laranja de granulometria média causou maior redução na extensibilidade quando comparada com a polpa de granulometria fina e grossa e também com a massa padrão .

Foi observado, que a redução do tamanho de partículas da polpa de laranja presentes na massa provocou diminuição da área quando comparada com a massa padrão, no tempo de 135 minutos de descanso.

A adição de polpa de laranja, independentemente da granulometria, aumentou a resistência máxima (exceto na polpa com granulometria fina) e a resistência à extensão das massas, as quais foram acompanhadas pela diminuição da extensibilidade das mesmas, o que alterou os perfis extensográficos mostrando o enfraquecimento do glúten, provavelmente devido a interação química da fibra presente na polpa com a estrutura do filme protéico. Este efeito foi maior nas massas contendo polpa de laranja média.

TABELA 15. Parâmetros extensográficos da farinha de trigo com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa.

Classificação da Polpa* de laranja	tempo de descanso (min)	Parâmetros Extensográficos			
		E (mm)	A (cm ²)	Rm (UE)	R (UE)
Padrão	45	184,5	183,18	745	595
	90	179	181,98	795	620
	135	179,0	195,13	830	630
Fina	45	156,5	140,1	685	595
	90	156	147,58	755	655
	135	151	137,43	750	650
Média	45	160,0	160,90	760	675
	90	147	148,73	775	695
	135	136	145,60	865	770
Grossa	45	147,5	140,08	720	660
	90	142	151,20	830	745
	135	154	164,10	860	760

E - Extensibilidade; A - Área; R - Resistência à extensão e Rm - Resistência máxima;

UE - Unidades Extensográficas

(*) Polpa de laranja (2,5%) não pré-hidratada.

As alterações das propriedades de extensão das massas com materiais fibrosos de granulometria diferente foi também observada por CADDEN (1987), porém segundo KRISHNAN et al. (1987) o efeito da granulometria nas características das reológicas das massas tem sido muito pouco investigado, apesar da sua importância.

2.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas

As propriedades de fermentação das massas com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa são apresentadas na Tabela 16.

Com relação às propriedades de fermentação das massas foi observado que a massa contendo polpa de laranja com granulometria fina (tratamento 6 da Tabela 1) apresentou menor estabilidade e menor poder de retenção de gás, quando comparada com as massas contendo polpa de tamanhos de partículas média ou grossa e também com a massa padrão. Este efeito ocorreu devido a maior área superficial da polpa de granulometria fina, o que provavelmente permitiu a maior interação proteína-fibra-água provocando o enfraquecimento da rede de glúten. A maior estabilidade ocorreu na massa com polpa de partículas médias, que foi inclusive superior à massa sem a incorporação deste material fibroso (padrão).

A adição de polpa de laranja com granulometria média e grossa prejudicou o poder de retenção de gás nas massas praticamente na mesma extensão, porém em menores proporções que a fina.

2.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação

Neste item foi discutido o efeito da granulometria da polpa de laranja na absorção de água, no tempo de mistura das massas e ainda na qualidade dos pães obtidos em escala laboratorial.

TABELA 16. Parâmetros expansográficos da farinha de trigo com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa

Parâmetros Expansográficos (mm)	Classificação da Polpa* de Laranja			
	Padrão	Fina	Média	Grossa
E	107	90	115	105
PRG	55	44	49	48

E - Estabilidade e PRG - Poder de retenção de gás.

(*) Polpa de laranja (2,5%) não pré-hidratada.

Com relação à absorção de água (Tabela 17) foi observado que a massa com polpa de laranja de granulometria grossa (500 a 1680 μm) teve a menor absorção de água (58,8%) em relação as massas com polpa de granulometria média (250 a 850 μm) e fina (177 a 420 μm). Estes resultados foram justificados pela maior área superficial das partículas de menor tamanho, o que também foi observado anteriormente pelo teste farinográfico.

Os tempos de mistura das massas, em relação ao padrão, aumentaram quando foi incorporada polpa de granulometria fina e média e notadamente na grossa (Tabela 17).

Efeitos similares na absorção de água e no tempo de mistura em massas contendo farelo de aveia foram estudados por KRISHNAN et al. (1987).

O efeito da granulometria da polpa de laranja nos parâmetros de qualidade dos pães são apresentados na Tabela 18 .

As características externas dos pães (Tabela 18 e Figura 5) com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa foram similares, porém a adição de polpa fina causou uma pequena diminuição no volume específico e na quebra do pão. O mesmo efeito no volume foi observado em farelo de aveia (KRISHNAN et al., 1987), de trigo (LAI et al., 1989; GALLIARD & GALLAGHER, 1988) e de triticales (LORENZ , 1976).

As características internas, aroma e gosto dos pães praticamente não foram afetadas pelo tamanho de partículas da polpa de laranja .

A qualidade final dos pães foi obtida pela soma dos pontos dos parâmetros relativos às características externas, internas, aroma e gosto.

TABELA 17. Efeito da granulometria da polpa de laranja na absorção de água e no tempo de mistura das massas usadas no teste de panificação.

Parâmetros	Classificação da Polpa* de Laranja			
	Padrão	Fina	Média	Grossa
Farinográficos¹				
Absorção de água (%)	51,7	61,5	61,0	58,8
Tempo de mistura (min)	13,5	15,0	15,5	20,0

1 - Média de três repetições

(*) Polpa de laranja (2,5%) não pré-hidratada

TABELA 18. Efeito da granulometria da polpa de laranja na qualidade dos pães.

Parâmetros de qualidade ¹	Nota Máxima	Padrão	Classificação da Polpa de Laranja		
			Fina	Média	Grossa
<i>Características externas</i>					
- volume específico	20	17,8	15,0	16,2	16,2
- cor da crosta	10	9,5	9,0	8,5	8,5
- quebra	5	4,5	2,5	3,5	3,0
- simetria	5	4,5	4,0	4,0	4,0
Total	40	36,3	30,5	32,2	31,7
<i>Características internas</i>					
- características da crosta	5	4,5	4,5	4,0	4,0
- cor do miolo	10	10	8,5	9,5	9,0
- célula do miolo	10	9,0	7,5	8,0	7,5
- textura do miolo	10	9,0	7,5	8,0	7,5
Total	35	32,5	28,0	29,5	28,0
<i>Aroma e Gosto</i>					
- aroma	10	10	9,0	9,0	9,0
- gosto	15	14,5	14,0	14,5	14,0
Total	25	24,5	23,0	23,5	23,0
<i>Contagem total</i>	100	93,3	81,5	85,2	82,7

1- Média de três repetições

(*) Polpa de laranja (2,5%) não pré-hidratada.

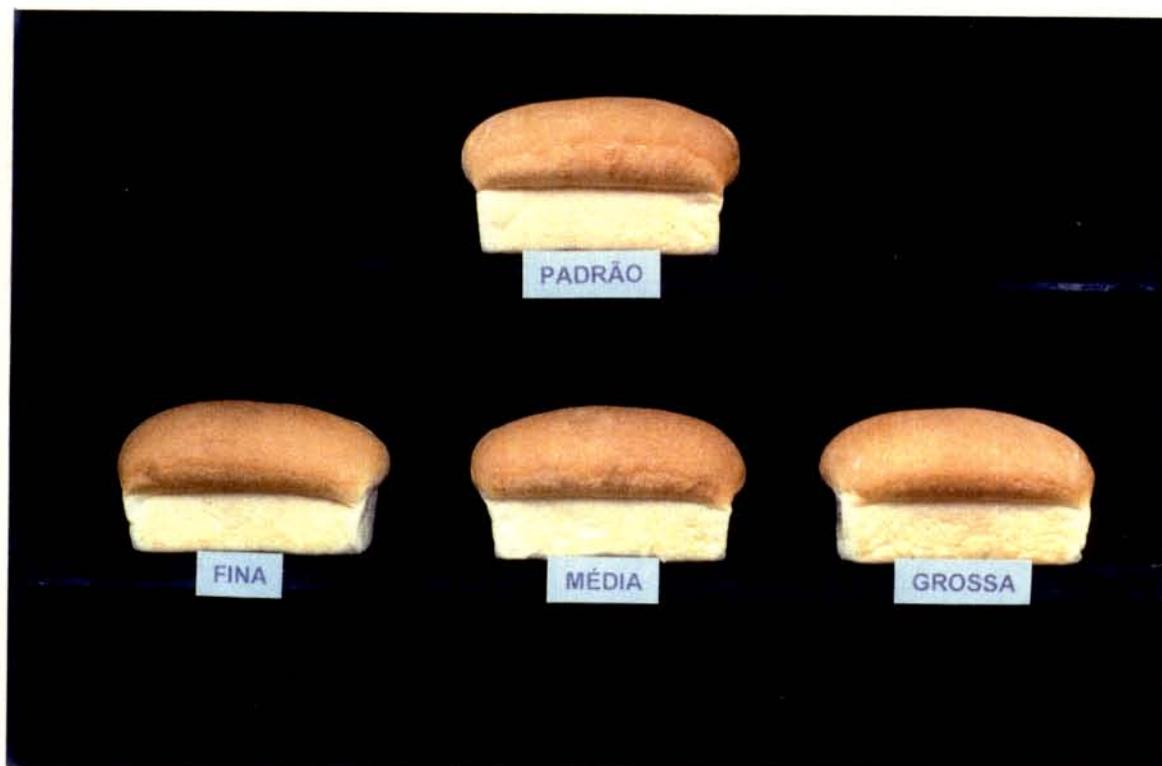


FIGURA 5. Perfil das características externas dos pães com polpa de laranja de granulometria fina, média e grossa.

Todos os pães com incorporação de polpa de laranja, independentemente da granulometria usada, apresentaram qualidade **boa** segundo CAMARGO & CAMARGO (1987), embora a contagem total dos pontos relativos à avaliação dos parâmetros de qualidade dos pães, com polpa fina ou grossa, apresentem valores próximos entre si e inferiores a do pão com polpa de laranja média.

Deste modo foi selecionada a polpa de laranja de granulometria média nos estudos posteriores em escala-piloto.

3 . Efeito da pré-hidratação da polpa de laranja

Foram realizados testes preliminares para estabelecer a proporção polpa de laranja/água (1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:30; 1:35; e 1:40) e o tempo (5 à 60 minutos) mínimos para a completa hidratação deste material fibroso.

Com base nos resultados dos testes preliminares foram adotados a proporção 1:20 e o tempo de 15 minutos, usados no ensaio 8 (Tabela 1),

O efeito da pré-hidratação da polpa de laranja foi estudado nas propriedades reológicas da massa assim como na qualidade do pão, conforme estabelecidos nos tratamentos 1, 2 e 8 (Tabela 1).

3.1. *Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas*

As porcentagens de absorção de água e as propriedades de mistura das massas com polpa de laranja pré ou não hidratadas são apresentadas na Tabela 19.

TABELA 19. Parâmetros farinográficos da farinha de trigo com polpa de laranja pré ou não hidratada.

Tratamento da Polpa* de Laranja	Parâmetros Farinográficos				
	Absorção de Água (%)	Tempo de Chegada	Tempo de Desenvolvimento	Estabilidade	Tempo de Saída
Padrão	58,1	1,5	5,5	18,5	20
Não Pré-Hidratada	67,6	3,5	14,5	nd	nd
Pré-Hidratada	65,9	1,0	10,5	nd	nd

nd - Valor não determinado

(*) Polpa de laranja (2,5%) com granulometria média

A adição de 2,5% de polpa de laranja pré-hidratada ou não à massa, em substituição à farinha de trigo, provocou aumento nos valores de absorção de água, quando comparada com a massa sem polpa (padrão).

A pré-hidratação da polpa de laranja reduziu ligeiramente o valor da absorção de água, quando comparada com a polpa não pré-hidratada.

Foi verificado que a polpa de laranja não pré-hidratada apresentou maiores valores para o tempo de chegada e principalmente para o tempo de desenvolvimento quando comparada com a polpa pré-hidratada. É interessante também salientar que os parâmetros estabilidade e tempo de saída, para as massas preparadas com polpa de laranja pré ou não hidratadas, não foram determinados devido ao longo tempo de desenvolvimento obtido.

Foi observado que o efeito da polpa pré-hidratada foi menos prejudicial que o da não pré-hidratada. Estes resultados concordaram com CHEN et al.(1988b) que estudou o comportamento físico da polpa de maçã em panificação e também com HOSENEY (1986) concluiu que dependendo da origem do material fibroso a pré-hidratação pode provocar menores danos no desenvolvimento da massa, embora tenha alguns prejuízos nas etapas posteriores de processamento de pão.

3.2. Determinação das propriedades de extensão das massas

As propriedades de extensão das massas com polpa de laranja pré ou não hidratadas são apresentadas na Tabela 20.

A presença da polpa de laranja pré-hidratada ou não, reduziu os valores de extensibilidade e da área, porém aumentou os valores de resistência à extensão e resistência máxima quando comparada com a massa sem incorporação de polpa .

TABELA 20. Parâmetros extensográficos da farinha de trigo com polpa de laranja pré ou não hidratada.

Tratamento da Polpa* de Laranja	Tempo de descanso (min)	Parâmetros Extensográficos			
		E (mm)	A (cm ²)	R (UE)	Rm (UE)
Padrão	45	184,5	183,18	595	745
	90	179	181,98	620	795
	135	179	195,13	630	830
Não Pré-Hidratada	45	160	160,90	675	760
	90	147	148,73	695	775
	135	136	145,60	770	865
Pré-Hidratada	45	151	150,33	675	760
	90	155,5	159,98	685	800
	135	146,5	163,33	770	895

E - Extensibilidade; A - Área; R - Resistência à extensão e Rm - Resistência máxima

(*) Polpa de laranja (2,5%) com granulometria média.

Foi verificado nos tempos de 135 minutos, que a massa contendo polpa de laranja pré-hidratada apresentou maiores valores de extensibilidade, área e resistência máxima em relação à massa com polpa não pré-hidratada.

Foi observado de uma maneira geral, que a massa contendo polpa de laranja não pré-hidratada sofreu maiores efeitos prejudiciais em relação aos parâmetros de extensibilidade e de área. Os resultados obtidos concordaram com CHEN et al.(1988b), que verificaram que o uso de polpa de maçã não pré-hidratada tornou a massa mais mole e extensível.

3.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas

As propriedades de fermentação das massas com polpa de laranja pré ou não hidratadas são apresentadas na Tabela 21.

Com relação aos parâmetros expansográficos foi observado que quando a polpa de laranja foi pré-hidratada ocorreu redução na capacidade de retenção de gás e uma marcante diminuição na estabilidade o que não permitiu a sua determinação. Este comportamento indicou que a pré-hidratação foi drasticamente prejudicial nas propriedades de fermentação das massas. Porém a incorporação da polpa de laranja não pré-hidratada apresentou resultados altamente satisfatórios, se aproximando com relação à estabilidade da massa sem polpa (padrão).

3.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação

Neste item foi discutido o efeito da polpa de laranja pré ou não hidratada na absorção de água e no tempo de mistura das massas e ainda na qualidade dos pães obtidos em escala laboratorial.

TABELA 21. Parâmetros expansográficos da farinha de trigo com polpa de laranja pré ou não hidratada.

Parâmetros	Tratamentos da Polpa* de Laranja		
	Padrão	Não Pré-Hidratada	Pré-Hidratada
Expansográficos (mm)			
E	107	115	nd
PRG	55	49	34

E - Estabilidade e PRG - Poder retentivo de gás.

nd - Valor não determinado

(*) Polpa de laranja (2,5%) com granulometria média

A polpa de laranja pré-hidratada diminuiu a absorção de água requerida para formação da massa e o tempo de mistura em relação à polpa não pré-hidratada (Tabela 22).

O efeito da pré-hidratação da polpa de laranja nos parâmetros de qualidade dos pães são apresentados na Tabela 23.

A pré-hidratação da polpa de laranja aumentou muito pouco o volume específico do pão quando comparado com a não pré-hidratada. O mesmo comportamento foi observado por CHEN et al. (1988b), usando polpa de maçã.

As demais características externas (Tabela 23) do pão com polpa de laranja não pré-hidratada foram também ligeiramente inferiores às do pão com polpa pré-hidratada. Efeito contrário foi observado em relação às características internas, aroma e gosto que foram ligeiramente superiores às do pão com polpa de laranja pré-hidratada (Figura 6). Este mesmo efeito foi observado por CHEN et al. (1988b) usando farelos de trigo e de aveia.

A pré-hidratação da polpa de laranja prejudicou o aroma do pão (fortemente cítrico), o que não foi observado naquele com polpa não pré-hidratada.

A qualidade final dos pães foi obtida pela soma dos pontos dos parâmetros relativos às características externa, internas, aroma e gosto.

Embora os resultados farinográficos e extensográficos da massa com polpa de laranja pré-hidratada tenham sido ligeiramente superiores ao da massa com polpa não pré-hidratada, as propriedades expansográficas mostraram efeitos contrários. Foi também observado que a contagem total dos pontos relativos à avaliação dos parâmetros de qualidade do pão com polpa não pré-hidratada foi superior (4,0 pontos) a do pão com polpa pré-hidratada.

TABELA 22. Efeito da pré-hidratação da polpa de laranja na absorção de água e no tempo de mistura das massas usadas no teste de panificação.

Parâmetros Farinográficos ¹	Tratamento da Polpa* de Laranja		
	Padrão	Pré-Hidratada	Não Pré-Hidratada
Absorção de água (%)	51,7	59,8	61,0
Tempo de mistura (min)	13,5	14,5	15,5

1 - Média de três repetições

(*) Polpa de laranja (2,5%) com granulometria média

TABELA 23. Efeito da pré-hidratação da polpa de laranja na qualidade dos pães.

Parâmetros de Qualidade ¹	Nota Máxima	Padrão	Polpa* de Laranja	
			Pré- Hidratada	Não Pré- Hidratada
Características externas				
- volume específico	20	17,8	16,7	16,2
- cor da crosta	10	9,5	9,0	8,5
- quebra	5	4,5	4,0	3,5
- simetria	5	4,5	4,0	4,0
Total	40	36,3	33,7	32,2
Características internas				
- características da crosta	5	4,5	3,5	4,0
- cor do miolo	10	10	9,0	9,5
- célula do miolo	10	9,0	7,0	8,0
- textura do miolo	10	9,0	7,5	8,0
Total	35	32,5	27,0	29,5
Aroma e Gosto				
- aroma	10	10	7,0	9,5
- gosto	15	14,5	14,0	14,5
Total	25	24,5	21,0	24,0
Contagem total	100	93,3	81,7	85,7

1 - Média de três determinações

(*) Polpa de laranja (2,5%) com granulometria média



FIGURA 6. Perfil das características internas dos pães com polpa de laranja pré ou não hidratada.

Assim foi selecionada, nos estudos em escala piloto, a não pré-hidratação da polpa de laranja pelo melhor comportamento nas propriedades de fermentação da massa e pela melhor qualidade final do pão; além de eliminar a etapa de pré-hidratação no processamento do pão. Todos os pães com polpa de laranja pré-hidratada ou não apresentaram qualidade **boa**, segundo CAMARGO & CAMARGO (1987).

4. Efeito da adição da polpa de laranja na presença de vital-glúten

Neste item foi estudado o efeito da incorporação da polpa de laranja à massa na presença de vital-glúten, avaliando as propriedades reológicas da massa, assim como a qualidade do pão conforme estabelecido nos tratamentos 1, 2 e 9 (Tabela 1).

4.1. Determinação da absorção de água e das propriedades de mistura das massas

As porcentagens da absorção de água e as propriedades de mistura das massas com polpa de laranja na presença de vital-glúten são apresentadas na Tabela 24.

Foi observado que a incorporação de vital-glúten à massa, contendo polpa de laranja (Tratamento 9 da Tabela 1), provocou um pequeno aumento na absorção de água e no tempo de chegada, quando comparada com a massa padrão e com aquela contendo polpa de laranja, porém sem adição do vital-glúten. Este resultado deveu-se ao aumento da absorção de água pela presença do vital-glúten o que concordou com os resultados obtidos por SHUEY (1975).

TABELA 24 . Parâmetros farinográficos da farinha de trigo com polpa de laranja na presença de vital-glúten.

Polpa* de Laranja	Parâmetros Farinográficos				
	Absorção de Água (%)	Tempo de Chegada	Tempo de Desenvolvimento	Estabilidade	Tempo de Saída
		Minutos			
Padrão	58,1	1,5	5,5	18,5	20
Sem glúten	67,6	3,5	14,5	nd	nd
	68,1	4,0	14,0	nd	nd
Com glúten					

nd - Valor não determinado.

(*) Polpa de laranja (2,5%), com granulometria média e não pré-hidratada.

O tempo de desenvolvimento das massas com polpa de laranja, na presença e na ausência de vital-glúten, foram praticamente os mesmos, porém a estabilidade e o tempo de saída foram aumentados, atingindo valores superiores a 20 minutos de mistura, os quais não foram possíveis determinar.

4.2. Determinação das propriedades de extensão das massas

As propriedades de extensão das massas com polpa de laranja na presença de vital-glúten são apresentadas na Tabela 25.

Ao comparar o efeito da adição de vital-glúten nas massas contendo polpa de laranja foi verificado que a incorporação deste aditivo provocou aumento em todos parâmetros extensográficos avaliados após 135 minutos de descanso. Estes resultados concordaram com NAVICKS & NELSEN (1992) que utilizaram fibra proveniente do milho em substituição parcial à farinha de trigo.

Em ambas as massas, com ou sem vital-glúten, na presença de polpa de laranja houve redução da área e da extensibilidade em relação à massa padrão. Embora a massa com glúten tenha apresentado melhores características extensográficas que a sem glúten, ela foi inferior à massa padrão.

4.3. Determinação das propriedades de fermentação das massas

As propriedades de fermentação das massas com polpa de laranja na presença de vital-glúten são apresentadas na Tabela 26.

TABELA 25. Parâmetros extensográficos da farinha de trigo com polpa de laranja na presença de vital-glúten.

Polpa* de laranja	Tempo de descanso (min)	Parâmetros Extensográficos			
		E (mm)	A (cm ²)	R (UE)	Rm (UE)
Padrão	45	184,5	183,18	595	745
	90	179	181,98	620	795
	135	179	195,13	630	830
Sem Glúten	45	160	160,90	675	760
	90	147	148,73	695	775
	135	136	145,60	770	865
Com Glúten	45	162	154,93	650	735
	90	158	164,43	715	830
	135	155	173,08	775	900

E - Extensibilidade; A - Área; R - Resistência à extensão e Rm - Resistência máxima.

(*) Polpa de laranja (2,5%) com granulometria média e não pré-hidratada

TABELA 26. Parâmetros expansográficos da farinha de trigo com polpa de laranja na presença de vital-glúten.

Parâmetros Expansográficos (mm)	Polpa* de Laranja		
	Padrão	Sem Glúten	Com Glúten
E	107	115	117
PRG	55	49	52

E - Estabilidade e PRG - Poder de retenção de gás.

(*) Polpa de laranja (2,5%) com granulometria média e não pré-hidratada.

Foi verificado que a adição de vital-glúten na presença de polpa de laranja melhorou a estabilidade da massa, sendo superior à massa padrão. Estes resultados foram justificados pelo maior teor de glúten e também pela interação físico-química entre os glútenos endógeno e exógeno (STENVERT et al., 1981a; STENVERT et al., 1981b). No entanto o efeito melhorador do glúten não recuperou a capacidade de retenção de gás da massa padrão, mas apresentou propriedades de fermentação superiores à massa com polpa de laranja e sem vital-glúten.

4.4. Avaliação da qualidade dos pães pelo teste experimental de panificação

Neste item foi discutido o efeito da adição da polpa de laranja na presença de vital-glúten na absorção da água, no tempo de mistura das massas e ainda na qualidade dos pães obtidos em escala laboratorial.

Foi observado na Tabela 27 que a incorporação de vital-glúten à massa contendo polpa de laranja aumentou a absorção de água e o tempo de mistura, devido ao maior teor protéico da massa que exigiu quantidade adicional de água para sua hidratação e devido ao maior tempo para seu desenvolvimento, respectivamente.

A Tabela 28 e a Figura 7 mostraram que o efeito prejudicial no volume específico do pão com polpa de laranja (14,7 pontos) foi compensado pela presença de vital-glúten, atingindo valor de 15,9 pontos, que foi praticamente igual ao pão padrão (16,0 pontos). Este resultado está de acordo com SHOGREN et al. (1981).

As demais características externas e internas (exceto a cor do miolo), aroma e gosto do pão com polpa de laranja foram melhoradas pela adição de vital-glúten, ficando próximas aos parâmetros de qualidade do pão padrão.

A cor do miolo do pão com vital-glúten foi ligeiramente mais escura em relação aos pães com e sem polpa de laranja o que também foi citado por PYLER (1973) e RAO & RAO (1991).

TABELA 27. Efeito da polpa de laranja na presença de glúten na absorção de água e no tempo de mistura das massas usadas no teste de panificação.

Parâmetros Farinográficos¹	Polpa* de Laranja		
	Padrão	Sem glúten	Com glúten
Absorção de água (%)	51,8	61,2	64,7
Tempo de mistura (min)	13,5	15,5	20,5

1 - Média de três repetições

(*) Polpa de laranja (2,5%) com granulometria média e não pré-hidratada.

TABELA 28. Efeito da polpa de laranja na presença de glúten na qualidade dos pães.

Parâmetros de qualidade ¹	Nota Máxima	Padrão	Polpa* de Laranja	
			Com Glúten	Sem Glúten
<i>Características externas</i>				
- volume específico	20	16,0	15,9	14,7
- cor da crosta	10	9,5	9,0	8,5
- quebra	5	4,5	4,0	3,5
- simetria	5	4,5	4,5	4,0
Total	40	34,5	33,4	30,7
<i>Características internas</i>				
- características da crosta	5	4,5	4,5	4,0
- cor do miolo	10	10,0	9,0	9,5
- célula do miolo	10	8,5	8,0	7,5
- textura do miolo	10	9,0	9,5	8,5
Total	35	32,0	31,0	29,5
<i>Aroma e Gosto</i>				
- aroma	10	10,0	9,5	9,0
- gosto	15	14,0	15	15
Total	25	24,0	24,5	24,0
<i>Contagem total</i>	100	90,5	88,9	84,2

1 - Média de três determinações

(*) Polpa de laranja (2,5%) com granulometria média e não pré-hidratada.



FIGURA 7. Perfil das características externas dos pães com polpa de laranja na presença de vital-glúten.

A qualidade final dos pães foi obtida pelas somas dos pontos dos parâmetros relativos às características externas, internas, aroma e gosto.

A contagem total dos pontos relativos à avaliação dos parâmetros de qualidade do pão com polpa de laranja na presença de vital-glúten foi superior àquele obtido na ausência deste aditivo e praticamente igual ao pão padrão. A contagem total dos pontos com relação à qualidade dos pães com e sem vital-glúten classificou-os como de **boa** qualidade, embora a adição de vital-glúten tenha melhorado consideravelmente a qualidade do pão com polpa de laranja (CAMARGO & CAMARGO, 1987).

Deste modo foi selecionado o uso de vital-glúten na presença de polpa de laranja nos estudos posteriores em escala piloto.

D. ENSAIO II : EFEITO DOS TEORES (2,5; 5,0 E 7,5%) DA POLPA DE LARANJA NA QUALIDADE DO PÃO TIPO FORMA PRODUZIDO EM ESCALA PILOTO.

Com base nos resultados das propriedades reológicas das massas e nas avaliações de qualidade dos pães com polpa de laranja produzidos em escala laboratorial (Ensaio I) foram selecionados neste ensaio polpa de laranja de granulometria média, não pré-hidratada e na presença de vital-glúten.

Foi estudado nas condições acima definidas, o efeito da incorporação de 2,5; 5,0 e 7,5% de FAT de polpa de laranja, na qualidade do pão tipo forma produzido em escala piloto. Para efeito comparativo foi utilizado farelo de trigo nas mesmas proporções de FAT de polpa de laranja.

O farelo de trigo utilizado neste ensaio apresentou 9,35% de umidade e granulometria de 212 a 850 μm , classificada como média.

Os resultados desses efeitos na absorção de água e no tempo de mistura são apresentados na Tabela 29.

Foi observado que a incorporação de maiores teores de fibras alimentares aumentou os valores de absorção de água e do tempo de mistura das massas em relação à massa padrão, ou seja, aquela isenta de polpa de laranja e de farelo de trigo. Quando comparados em um mesmo teor de adição de fibras às massas contendo polpa de laranja apresentaram maiores porcentagens de absorção de água e tempos de mistura.

Os maiores valores de absorção de água das massas contendo polpa de laranja, em relação àquelas com farelo de trigo foram devido a maior capacidade de hidratação da polpa, o que também foi citado no trabalho de KESTERSON & BRADDOCK (1973).

TABELA 29. Efeitos dos teores da polpa de laranja e do farelo de trigo na absorção de água e no tempo de mistura das massas usadas no teste de panificação produzido em escala piloto.

Parâmetros	Teor de Fibra*						
	0	2,5%		5,0%		7,5%	
Farinográficos ¹	(Padrão)	Polpa de Laranja	Farelo de trigo	Polpa de Laranja	Farelo de trigo	Polpa de Laranja	Farelo de trigo
Absorção de água (%)	60,7	65,7	62,2	75,0	65,5	84,4	69,5
Tempo de mistura (min)	15	20	15	25	20	30	25

1 - Média de três repetições

(*) Polpa de laranja com granulometria média, não pré-hidratada e com adição de vital-glúten

A alta capacidade de hidratação da polpa de laranja ocorreu certamente devido ao maior teor de fibras alimentares solúveis determinadas no presente trabalho (20,4%), o qual foi superior à do farelo de trigo (2,8%), citado por BECKER (1986).

Os volumes específicos dos pães reduziram progressivamente em relação ao pão com farelo de trigo e ao padrão a medida que maiores teores de polpa de laranja foram incorporados (Tabela 30). De acordo com BELSHAW (1978) pães contendo acima de 5% de FAT de polpa de laranja apresentaram perda acentuada no volume.

No entanto, pães contendo farelo de trigo (2,5 e 5,0% de fibra alimentar) apresentaram praticamente o mesmo volume específico do pão padrão.

Segundo SOLSUSKI & WU (1988); CHEN et al. (1988); D'APOLLONIA & YOUNG (1978) e CHAUDHARY & WEBER (1990), os volumes dos pães produzidos com farelo de trigo foram menos prejudicados em relação aos pães elaborados com outros materiais fibrosos.

As demais características externas e internas dos pães contendo 2,5% e 5,0% de fibras alimentares foram praticamente as mesmas entre si e similares ao padrão (Figura 8).

Com a incorporação de 7,5% de fibra os parâmetros de qualidade foram deteriorados, principalmente com o uso de polpa de laranja (Figura 9 e 10).

TABELA 30. Efeitos dos teores da polpa de laranja e do farelo de trigo na qualidade do pão produzido em escala piloto.

Parâmetros de Qualidade ¹	Nota máxima	Teor de Fibra*						
		0%	2,5%		5,0%		7,5%	
		(padrão)	polpa de laranja	farelo de trigo	polpa de laranja	farelo de trigo	polpa de laranja	farelo de trigo
Características externas								
- volume específico	20	17,6	15,9	17,5	14,8	17,4	13,2	15,1
- cor da crosta	10	9,0	8,5	9,0	9,0	9,0	8,0	8,5
- quebra	5	4,5	3,5	4,0	4,0	4,5	1,0	2,5
- simetria	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	1,5	4,0
Total	40	35,6	32,4	35,0	32,3	35,4	23,7	30,1
Características internas								
- características da crosta	5	4,5	4,0	4,5	4,0	4,0	2,0	3,0
- cor do miolo	10	9,5	9,5	9,5	9,5	9,0	8,5	8,5
- célula do miolo	10	9,0	8,0	8,0	7,5	8,0	7,5	8,5
- textura do miolo	10	9,0	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
Total	35	32,0	30,5	31,0	30,0	29,5	27,0	28,5
Aroma e Gosto								
- aroma	10	8,5	10,0	10	10	9,5	7,0	8,0
- gosto	15	14,5	14,5	14,5	14,0	13,5	12,5	13,5
Total	25	23,0	24,5	24,5	24,0	23,0	19,5	21,5
Contagem total	100	90,6	87,4	90,5	86,3	87,9	70,2	80,1

1 - Média de três repetições

(*) Polpa de laranja com granulometria média, não pré-hidratada e com adição de vital-glúten

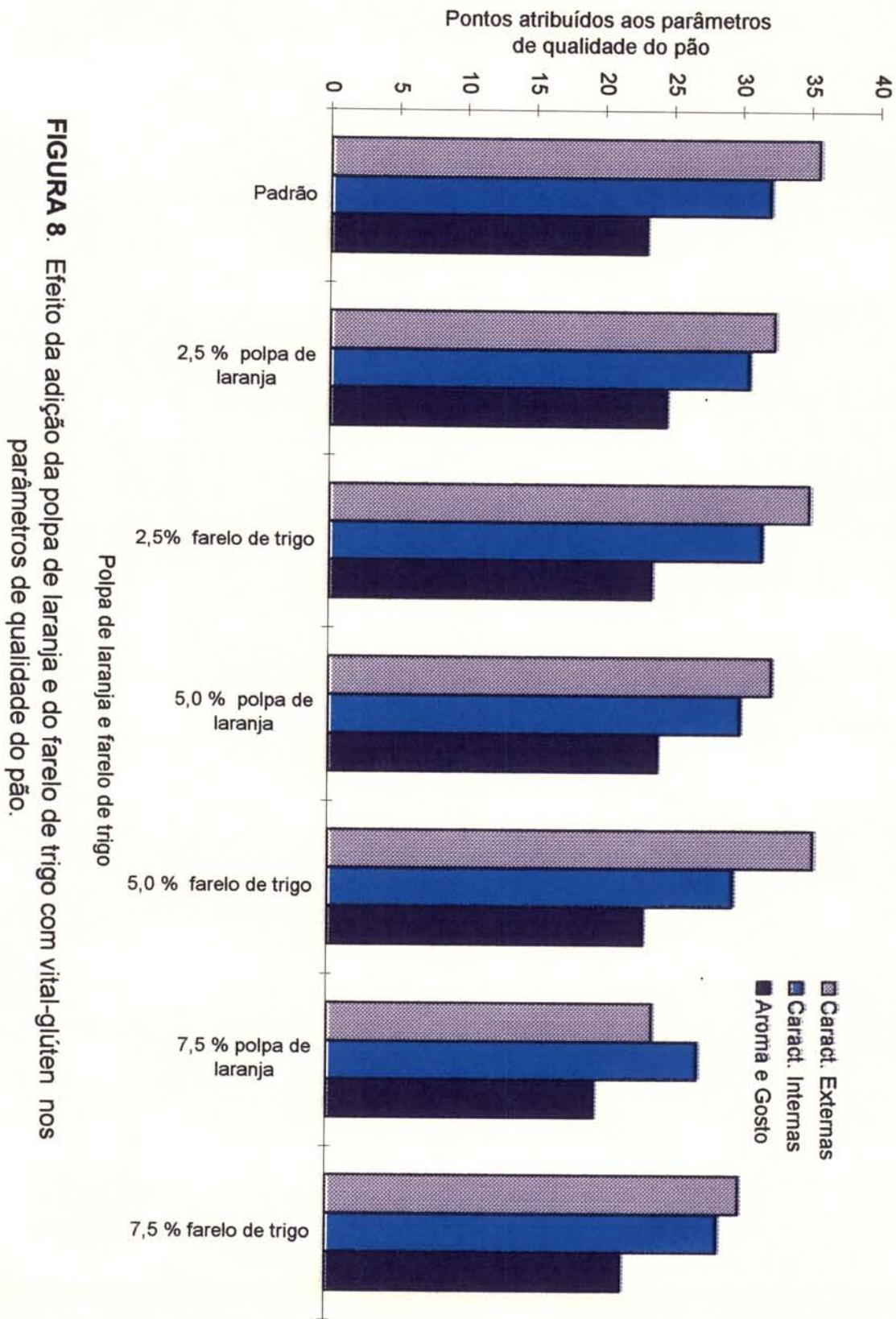


FIGURA 8. Efeito da adição da polpa de laranja e do farelo de trigo com vital-glúten nos parâmetros de qualidade do pão.

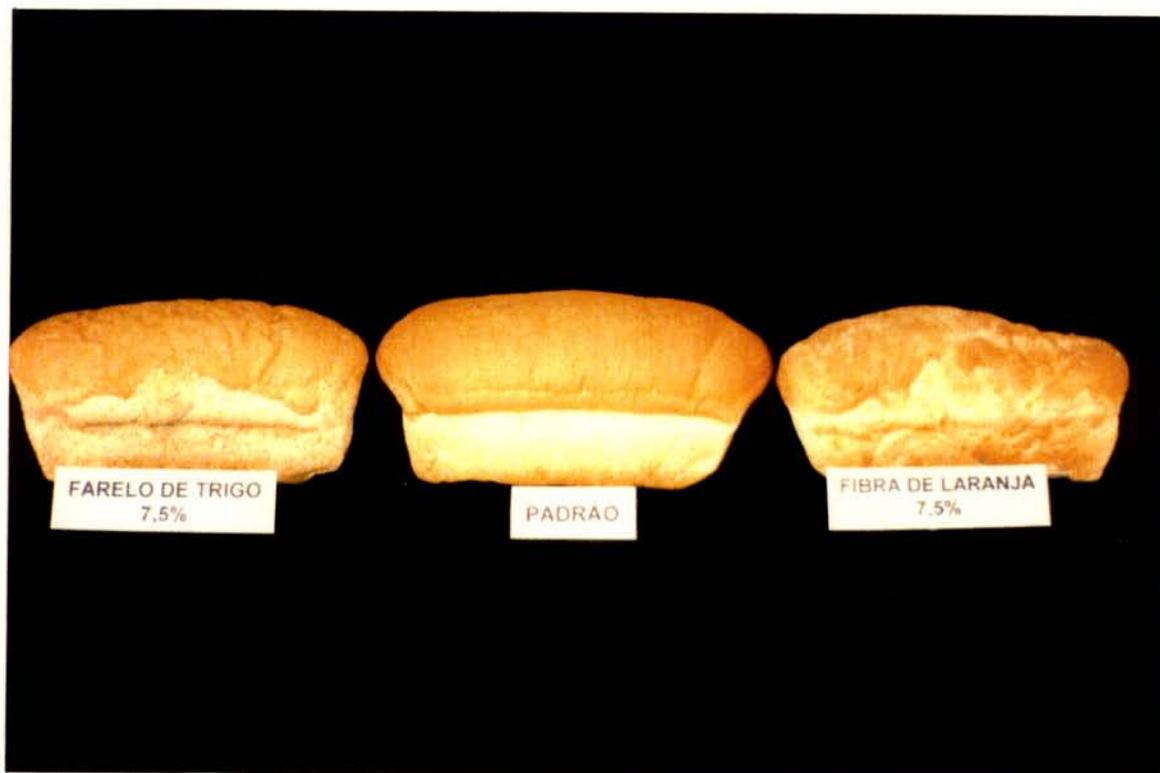


FIGURA 9. Perfil da características externas dos pães com 7,5% de polpa de laranja e de farelo de trigo.

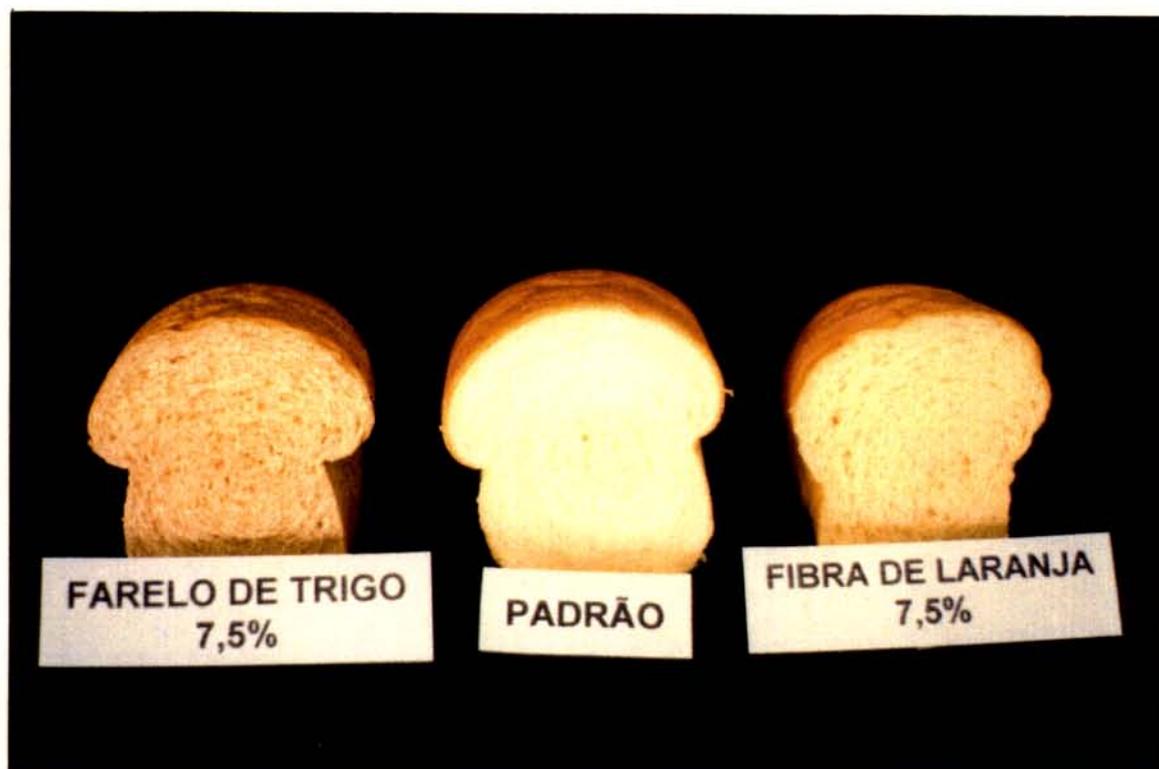


FIGURA 10. Perfil da características internas dos pães com 7,5% de polpa de laranja e de farelo de trigo.

A utilização de 2,5 e 5,0% de fibra alimentar melhorou o aroma dos pães com relação ao padrão e o gosto praticamente não foi alterado nestes teores.

Pela contagem total dos pontos, os pães com 2,5 e 5,0% de fibras foram considerados de qualidade **boa**, de acordo com a classificação citada por CAMARGO & CAMARGO (1987). A incorporação de 7,5% de fibra apresentou qualidade **regular** quando foi adicionada polpa de laranja, a qual foi mantida **boa** com o uso do farelo de trigo.

Deste modo, considerando-se o aspecto tecnológico foi possível obter pães de **boa** qualidade com até 5% de polpa de laranja e 7,5% de farelo de trigo em escala piloto e na presença de vital-glúten.

V - CONCLUSÃO

- ◆ A incorporação de polpa de laranja causou prejuízos nas características de mistura, extensão e fermentação das massas, os quais foram mais acentuados nos teores de 5,0; 7,5 e 10%, em relação à massa padrão (sem polpa de laranja), respectivamente.
- ◆ Pães produzidos em escala laboratorial contendo 2,5% de polpa de laranja apresentaram boa qualidade tecnológica, porém à partir de 5% de adição de polpa a qualidade final do pão foi drasticamente prejudicada.
- ◆ O efeito da granulometria da polpa de laranja nas propriedades de mistura mostrou que a polpa com granulometria fina (177- 420 μm) teve o maior valor de absorção de água, enquanto a polpa de granulometria grossa (500 a 1680 μm) apresentou maior tempo de chegada.
- ◆ Nas propriedades de extensão das massas, independentemente da granulometria usada, os valores de resistência máxima das massas aumentaram, o que foi acompanhado pela diminuição da extensibilidade das mesmas. Este efeito de enfraquecimento da massa foi maior na presença da polpa de laranja de granulometria média (250 a 850 μm).
- ◆ Com relação aos parâmetros expansográficos, a massa contendo polpa de laranja de granulometria média apresentou maior estabilidade e poder de retenção de gás em relação às fina e grossa e a massa padrão.
- ◆ Os parâmetros de qualidade tecnológica dos pães na presença de polpa de laranja, produzidos em escala laboratorial, apresentaram qualidade boa independentemente da granulometria usada. No entanto a polpa de laranja de granulometria média apresentou os maiores valores.

- ◆ Os efeitos da polpa de laranja não pré-hidratada nas propriedades de mistura e de extensão das massas foram prejudiciais em relação à massa contendo polpa pré-hidratada, porém melhoraram as propriedades de fermentação das massas e a qualidade do pão produzido em escala laboratorial.
- ◆ A incorporação de vital-glúten (1,25%) à massa contendo 2,5% de polpa de laranja melhorou os parâmetros de mistura, extensão, fermentação e tecnológicos em relação à massa com 2,5% de polpa sem vital-glúten.
- ◆ Foram obtidos pães de boa qualidade usando 5% de polpa de laranja ou 7,5% de farelo de trigo, em substituição à farinha de trigo, em escala piloto e na presença de vital-glúten.

VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIRRE, J.M.; TRAVAGLINI, D.A. Secagem de polpa resultante da extração do suco de laranja. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v.17, n.2, p.157-66, jul/dez. 1987.
2. AL-HASANI, S.M.; HLAVAC, J.; HUNTSMAN, M.A. Simple method for Determination of dietary fiber in frozen foods. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v.76, n.5, p.1014-16, 1993.
3. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC) - **Approved methods of the AACC**. 7 ed, St. Paul, 1983. v. 1-2.
4. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC) - **Approved methods of the AACC**. 8 ed, St. Paul, 1990. v. 1-2.
5. ANDERSON, J.W.; STORY, L.; SIELING, B.; CHEN, W.L. Hypocholesterolemic effects of high diest rich in water soluble fibres. **Journal of Canadian Dietit. Association**. v.45, p.140, 1984.
6. ANURADHA, V.; PRAKASH, J. Dietary fiber contents of selected vegetables and fruits. **Journal of Food Science and Technology**. Mysore, v.26, n.6, p.354-56, 1989.
7. AREAS, M. A. **Estudo dos efeitos da polpa de laranja sobre os parâmetros fisiológicos, nutricionais, bioquímicos e morfológicos em ratos normais e diabéticos**. Campinas, 1994, 158p. Dissertação (Doutor em Ciência de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP
8. ARTZ, W.E.; WAREN, C.C.; MOHRING, A.E.; VILLOTA, R. Incorporation of corn fiber into sugar snap cookies. **Cereal Chemistry**, St Paul, v.67, n.3, p.303-05, 1990.

- 9.ASP, N.G.; JOHANSON,C.G.; HALLMER, H.; SILJESTRÖM, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Chemistry**, Washington, v.31, p.476-82, 1983.
- 10.BABCOCK, D. Rice bran as a source of dietary fiber. **Cereal Foods World** Minneapolis, v.32, n.8, p.538-39, 1987.
- 11.BECKER, C.A. Multi-Grain bakery foods. **Bakers Digest**, Beloit, n.18, v.28, 1986.
- 12.BELSHAW, F. Citrus flour - a new fiber, nutrient source. **Food Product Development**,Chicago, v.12, n.7, p.36, August. 1978.
- 13.BRADDOCK, R.J.; GRAUMLICH, T.R. Composition of fiber from citrus peel, membranes, juice vesicles and seeds. **Lebensmittel Wissenchart und Technologie**, Zurich, v.14, p.229-31, 1981.
- 14.BRADDOCK, R.J.; CRANDALL, P.G. Carbohydrate fiber from orange albedo. **Journal of Food Science**, Chicago, v.46, p.650-54, 1981.
- 15.BRADDOCK, R.J. Utilization of citrus juice vesicle and peel fiber. **Food Technology**, Chicago, v.37, n.12, p.85-87, 1983.
- 16.CADDEN, A.M.; SOSULSKI, F.W.; OLSON, J.P. Physiological response of rats to high fiber bread diets containing several sources of hulls or brans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n.4, p.1151-56, 1983.
- 17.CADDEN A.M. Comparative effects of particle size reduction on physical structure and water binding properties of several plant fibers. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 6, p. 1595-99,1631, 1987.
- 18.CAMARGO, C.R.O.; CAMARGO, C.E.G. Trigo: Avaliação tecnológica e novas linhagens. **Bragantia**, Campinas,v.46,n.2,p.169-81, 1987.

19. CAPREZ, A.; ARRIGONI, E.; NEUKOM, H.; AMADÒ, R. Improvement of the sensory properties of two different dietary fibre sources through enzymatic modification. **Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie**, Zurich, v.20, p.245-50, 1987.
20. CARDOZO, M.S.; EITENMILLER, R.R. Total dietary fiber analysis of selected baked and cereal products. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.33, n.5, p.414, 416, 418, May, 1988.
21. CHAUDHARY, V. K.; WEBER, F. E. Barley bran flour evaluated as dietary fiber ingredient in wheat bread. **Cereal Food World**, Minneapolis, v.35, n.6, p.560-62, 1990.
22. CHEN, H.; RUBENTHALER, G.L.; SCHANUS, E.G. Effects of apple fiber and cellulose on the physical properties of wheat flour. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n.1, p. 304-05, 1988 a.
23. CHEN, H.; RUBENTHALER, G.L.; LEUNG, H.K.; BARANOWSKI, J.D. Chemical physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.65, n.3, p.244-47, 1988 b.
24. CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **CRC Critical Review Nutrition**, v. 13, p. 297-55, 1980.
25. CHRISTENSEN, E.H. Characteristics of sugar beet fiber allow many food uses. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.34, n.7, p.541-42, 544, 1989.
26. CZUCHAJOWSKA, Z.; POMERANZ, Y. Gas formation and Gas retention. II. Role of vital gluten during baking of bread from low-protein of fiber-enriched flour. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.38, n.7, p. 504-11, 1993.

27. D'APPOLONIA, B.L.; YOUNGS, V.L. Effect of bran and high - protein concentrate from oats on dough properties and bread quality. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 55, n.5, p.736-43, 1978.
28. DASTUR, S.K.; PRAKASH, M. A novel food snack containing wheat bran. **The Ind. Nutr. Dietet.**, v.25, p. 229-33, 1988.
29. DE BOLAND, A.R.; GARNER, G.B.; O'DELL, B. Identificaton and properties of "phytate" in cereal, grains and oil seed products. **Journal of Agricultural and Chemistry**, Washington, v.23, n.6, p.1186-89, 1975.
30. DOUGHERTY, M.; SOMBKE, R.; IRVINE, J.; RAO, C.S. Dat fibers in low bread, soft-type cookies, and pasta. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.33, n.5, p.424-27, 1988.
31. DOVELL, C.J.; HARRIS, N.D. Development of a method to measure dietary fibre in orange. **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 33, p.185-93, 1982.
32. DUBOIS, D.K. The practical application of fiber materials in bread production. **Bakers Digest**, Beloit, v.52, n.2, p.30-33, April, 1978.
33. ELCHAZLY, M. Biochemische untersuchungen über die komponentem der ballaststoffe des weizenkorns und deren veränderungen im verdawingstrakt. Technische Universitaet Berlin, 1976. Dissertation. *apud*: **Advances in Cereal Science and Technology**, v.7, p.169-38, 1985.
34. EL-DASH, A.A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.55, n.4, p.436-47, 1978.

- 35.EL-DASH, A.A.; CAMARGO, C.O.; DIAZ, N.M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**, São Paulo, Secretaria de Estado da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. (Série Tecnologia Agroindustrial, 6).
- 36.ENGLYST, H.N.; CUMMINGS, J.H. Improved method for measurement of dietary fiber as non-starch polyssaccharides in plant foods. **Journal of Association Official Analytical Chemists**, Arlington, v.71, p.808, 1988.
- 37.FOX, K.I. Potential new products from citrus. **Citrus Industry**, Bartow, v.61, n.9, p.26, 28-29, 33, 35-36, 38-39, 45, Set. 1980.
- 38.FRETZDORFF, B.; BRÜMMER, J.M. Reduction of phytic acid during breadmaking of whole - meal breads. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.69 n.3, p.266-70, 1992.
- 39.FROLICH, W.; ASP, N.G. Minerals and phytate in the analysis of dietary fiber from cereals. III. **Cereal Chemistry**, St.Paul, v.62, n.4, p.238, 1985.
- 40.GALLIARD, T.; GALLAGHER, D.M. The effect of wheat bran particle size and storage period on bran flavour and baking quality of bran/flours blends. **Journal of Cereal Science**, St. Paul, v.8, p.147, 1988.
- 41.GASPARINO FILHO, J. **Estudo do consumo e conservação de energia em uma unidade industrial de suco de laranja concentrado congelado**. São Paulo, 1982, 118p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos), Escola Politécnica, USP.
- 42.GERMANI, R.; BENASSI, V.T.; CARVALHO, J.L.V.; MAZZARI, M.R.; PACHECO, J.M. **Metodologias de avaliação de qualidade tecnológica de grão e farinha de trigo**,(Apostila) Rio de Janeiro, EMBRAPA-MAARA, 48p. 1993.

43. GOÑI, I.; TORRE, M.; SAURA-CALIXTO. Determination of Dietary Fibre in Cider Wastes. Comparison of Methods. **Food Chemistry**, Barking, v.33, p.151-59, 1989.
44. GORDON, D.T. Functional properties vs physiological action of total dietary fiber. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.34, n.7, p.517-18, 520-25, July, 1989.
45. GOULD, M.R.; BONE, D.P.; HSIEH, F.H. Cereal made from oats and methods of making. **US Pat**, 4.497.840, 1985.
46. GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo; **EMBRAPA - CNPT**, 1993. 27p., (Documentos, 8).
47. HALL, J.M. A review of total dietary fiber methodology. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.34, n.7, p.526-28, 1989.
48. HASEBOR, E.; HIMMELSTEIN, A. Quality problems with high-fiber breads solved by use of hemicellulase enzymes. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.33, n.5, p.419, 21-22, 1988.
49. HELLENDORRN, E.W.; NOORDHOFF, M.G.; SLAGMAN, J. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.26, p.1461-68, 1975.
50. HENDRICK, R.; KERTENSON, J.W. **By-products of Florida citrus**. Gainesville: Univ. Fla. Agr. Exp. Sta., 1965. 119p. (Technical Bulletin, 696).
51. HOLLOWAY, W.D.; GREIG, R.I. Water holding capacity of hemicellulases from fruits, vegetables and wheat bran. **Journal of Food Science**, Chicago, v.49, p.1632-33, 1984.
52. HOSENEY, R.C. **Principle of cereal science and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 213 p., 1986.

53. JOHANSSON, J. **Apostila sobre linha de equipamentos Perten Instruments AB**, 22p. São Paulo, 1993.
54. JOULIN, G. Bran bread and method for making same. **US Pat.** 4287-215, 1981.
55. KAHLON, T.S.; CHOW, F.I.; HOEFER, J.L.; BETSCHART, A.A. Bioavailability of vitamin A and E as influenced by wheat bran and bran particle size. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.63, p.490, 1986.
56. KAMER, J.H.; VAN GIHKEL, L. Rapid determination of crude fiber in cereals. **Cereal Chemists**, St. Paul, v.29, n.4, p.239-51, 1952.
57. KELSAY, J.L. A review of research on effects of fiber intake on man. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v.31, p.142, 1978.
58. KESTERSON, J.W.; BRADDOCK, R.J. Processing and potential uses for dried juice sacs. **Food Technology**, Chicago, v.27, n.2, p.50, 52, 54, Febr., 1973.
59. KOCHAR, G.K.; SHARMA, K.K. Fibre content and its composition in commonly consumed indian vegetables and fruits. **Journal of Food Science Technology**, Mysore, v.29, n.3, p.187-88, 1992.
60. KRISHNAN, P.G.; CHANG, K.C.; BROWN, G. Effect of commercial oat bran on the characteristics and composition of bread. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.64, n.1, p.55-8, 1987.
61. LAI, C.S.; DAVIS, A.B.; HOSENEY, R.C. Production of whole wheat bread with good loaf volume. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.66, n.3, p.224-27, 1989.
62. LARSSON, M.; SANDBERG, A.S. Phytate reduction in bread containing oat flour, oat bran or rye bran. **Journal of Cereal Science**, v.14, p. 141- 49, 1991.

- 63.LASZTITY, R.; LASZTITY, L. Phytic acid in cereal technology in: Advances in Cereal Science and Technology. v.10. Y. POMERANZ, ed. **Am. Association of Cereal Chemistry**, Minnesota, 1995.
- 64.LI, B.W.; ANDREWS, K.W. Simplified method for determination of total dietary fiber in foods. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v.71, n.5, p.1063-64, 1988.
- 65.LI, B.W.; CARDOZO, M.S. Nonenzymatic - gravimetric determination of total dietary fiber in fruits and vegetables. **Journal of AOAC international**, Arlington, v.75, n.2, p.372-74, 1992.
- 66.LO, G.S. Nutritional and physical properties of dietary fiber from soybeans. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.34, n.7, p.530-34, 1989.
- 67.LORENZ, K. Triticale in fibre breads. **Bakers Digest**, Beloid, v.50, p. 27-30, 52, 1976.
- 68.LUND, E.D. Cholesterol binding capacity of fiber from tropical fruits and vegetable. **Lipids**, Florida, v.9, n.2, p.85-90, 1984
- 69.MALTED grain fiber- brings out good taste. **Bakers Digest** , Beloit, v.10, p.31, 1986.
- 70.MARLETT, J.A.; NAVIS, D. Comparison of gravimetric and chemical analysis of total dietary fiber in human foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.36, n.2, p.311-15, 1988.
- 71.McCORMICK, R.D. New fiber functionalities contribute to food systems. **Food Development**, Chicago, v.15, n.7, p.42-43, 1981.

72. McQUEEN, R.E.; NICHOLSON, J.W. Fiber Analysis: Modification of the neutral - detergent fiber procedure for cereals and vegetables by using α -amilase. **Journal Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v.62, n.3, p.676-80, 1979.
73. McDERMOTT, L.P. Near infrared reflectance analysis of processed foods. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.33, p.498, 1988.
74. MODER, G. J.; FINNEY, K.F.; BRUINSMA, B.L.; PONTE, J. G. JR.; BOLTE, L. C. Bread- making potential of straight- grade and whole- wheat flours of triumph and eagle hard red winter wheats. **Cereal Chemistry**, v.61, p. 269, 1984.
75. NAVICKIS, L.L.; NELSEN, T.C. Mixing and extensional properties of wheat flour doughs with added corn flour, fibers, and gluten. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.37, n.1, p.30,32-35. 1992.
76. ORTALO-MAGNÉ, F.; GOODWIN, B.K. The structure and development of the international wheat gluten market and U.S. imports. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.36, n.12, p.998-02, 1991.
77. OSMAN, H. Dietary fiber composition of common vegetable and fruits in malaysia. **Food Chemistry**, Barking, v.37, p.21-26,1990.
78. PARROT, M.E.; THRALL, B.E. Functional properties of various fibers: physical properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v.43, p.759-63 e 66, 1978.
79. PENÁ, R.J.; AMAYA, C.A. Evaluacion rápida de la fuerza de gluten en trigo harineros, trigos cristalinos y triticales con la plueba de sedimentación con duodecil sulfato de sódio. México, **Centro Internacional Mejoramiento de Maiz y Trigo, CIMMYT**, 1985. 6p.

80. PLAAMI, S.P.; KUMPULAINEN, J.T.; TAHVONEN, R. Total dietary fibre contents in vegetables, fruits and berries consumed in Finland. **Journal of Science Food Agriculture**, London, v.59, p. 545-49, 1992.
81. POMERANZ, Y.; SHOGREN, M. D; FINNEY, K. F. White wheat bran and brewer's spent grains in high fiber bread. **Baker's Digest**, Beloit, v.50, n.6, p.35-38, 1976.
82. POMERANZ, Y. Fiber in breadmaking: A review of recent study. **Bakers Digest**, Beloit, v.51, n.5, p.94-96, 142, 1977.
83. POMERANZ, Y; SHOGREN, M.D.; FINNEY, K.F.; BECHTEL, D.B. Fiber in breadmaking: effects on functional properties. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.54 n.1, p. 25-41, 1977.
84. POMERANZ, Y. Molecular aproch to breakmaking: an update and new perspectives. **Bakers Digest**. Manhattan, v.54, n.1, p.20-27 e 54(2):12, 14, 16, 18, 20, 24, 25, 1980.
85. POMERANZ, Y. **Functional properties of food components**. New York: Academic Press, 1985. 536p.
86. POSNER, E.S. Mechanical separation of a high dietary fiber fraction from wheat bran. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.36, n.7, p.553-56, 1991.
87. PRATT Jr., D.B. Criteria of flour quality. In: POMERANZ Y. **Wheat: chemistry and technology**. St. Paul: AACC, 1978. p. 201-225.
88. PROSKY, L.; ASP, N.G.; FURDA, I.; DEVRIES, J.M.; SCHWEIZER, T.F.; HARLAND, B.F. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v.71, n.5, p.1017-23, 1988.

- 89.PYLER, E.J. **Baking science and technology**. Chicago: Siebel, 1973. v.1.
- 90.RAHMAN, S.M.M.; MOSIHUZZAMAN, M. Free sugars and dietary fibre in some fruits of Bangladesh. **Food Chemistry**, Barking, v.42, p.19-28, 1991.
- 91.RAMASWAMY, S.R. Dietary fiber and methods of making. **European Pat App. EP**. 0283598 A1, 1988.
- 92.RANHOTRA, G.; GELROTH, J.; BRIGHT, P. Effect of the source of fiber in bread-based diets on blood and liver lipids in rats. **Journal of Food Science**, Chicago, v.52, n.5, p.1420-22, 1987.
- 93.RANHOTRA, G.; GELROTH, J. Soluble and total dietary fiber in white bread. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.65, n.2, p.155-56, 1988.
- 94.RAO, P.H.; RAO, H.M. Effect of incorporating wheat bran on the rheological characteristics and breadmaking quality of flour. **Journal of Food Science Technology**, v.28, n.2, p.92-97, 1991.
- 95.RASCO, B.A.; BORHAN, M.; YEGGE, J.M.; LEE, M.H.; SIFFRING, K.; BRUINSMA, B. Evaluation of enzyme and chemically treated wheat bran ingredients in yeast-Raised Breads. **Cereal Chemistry**, St. Paul v.68, n.3, p.295-99, 1991.
- 96.REISER, S. Metabolic effects of dietary pectins related to human health. **Food Technology**, Chicago, v.41, n.2, p.91-99, 1987.
- 97.RENARD, C.M.G.C. ; THIBAUT, J.F. Composition and physical-chemical properties of apple fibres from fresh fruits and industrial products. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, Zurich, v.24, p.523-527, 1991.
- 98.ROEHRIG, G.K.L. The physiological effects of dietary fiber a review. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v.2, n.1, p.1-18, 1988.

- 99.ROITER, I.M.; DEMCHUK, A.P.; TARASENKO, L.Y.U.; MARINCHENKO, V.A.; CHUMACHENKO, N.A. Method of making bread. **USSR Pat.** SU 931.138, 1982.
- 100.SATIN, M.; MCKEOWN, B.; FINDLAY, C. Design of a comercial natural fibre white bread. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.23, n.11, p.676-80, 1978.
- 101.SATIN, M. High fiber bread. **US Pat.**, 4.237.170, 1980.
- 102.SCHNEEMAN, B.O. Dietary fiber: physical and chemical properties, methods of analysis and physiological effects. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.2, p.104-10, 1986.
- 103.SCHNEEMAN, B.O. Soluble vs. insoluble fiber - different physiological responses. **Food Technology**, Chicago, v.41, n.2, p.81, 1987.
- 104.SCHNEEMAN, B.O. Dietary. **Food Technology**, Chicago, v.43, n.10, p.133-39, 1989.
- 105.SCHWEIZER, T.F. Dietary fibre analysis. **Libensnmitell Wissenschaft und Technologie**, Zurich, v.22, p.54-59, 1989.
- 106.SEIBEL, W. ; BRETSCHEIDER, F. Potential for enriching fibre content of fine bakery products. **Getreide Mehl und Brot**, Detmold, v.34, n.12, p.333-36, 1980.
- 107.SEIBERT, S.E. Oat Bran as a source of soluble dietary fiber. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.32, n.8, p.552-53, 1987.
- 108.SHOGREN, M.D.; POMERANZ, Y.; FINNEY, K.F. Counteracting the deleterious effects of fiber in breadmaking. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.58, n.2, p.142-44, 1981.

109. SHUEY, W.C. Practical instruments for rheological measurements on wheat products. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.52, n.3, p. 43-81, 1975.
110. SLAVIN, J.D. Dietary fiber: classification chemical analysis, and food sources. **Journal of the American Dietetic Association**, St. Paul, v.87, n.9, p.1164-71, 1987.
111. SOMOGYL, L.P. Prunes, a fiber - rich ingredient. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.32, n.8, p.541-44, 1987.
112. SOSULSKI, F. W.; WU K.K. High fiber bread containing pea hulls, wheat, corn and wild oat brans. **Cereal Chemistry**, St.Paul, v.65, n.3, p.186-91, 1988.
113. SOUTHGATE, D.A.T. Determination of carbohydrates in foods. II. Unavailable carbohydrate, **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v.20, p.331-35, 1969.
114. SOUTHGATE, D.A.T. Measurement of unavailable carbohydrates: structural polysacharides. In: SOUTHGATE, D.A.T. **Determination of food carbohydrates**. London, Applied Science, 1975. chap. 5, p. 61.
115. SOUTHGATE, D.A.T. What is "dietary fibre"? **Food Technology in Australia**, North Sydney, v.33, n.1, p.24-25, jan. 1981.
116. SPILLER, G.A.; SHIPLEY, E.A.; BLAKE, J.A. Recent progresses in dietary fiber (plantix) in human nutrition. CRC Critical Review. **Food Science Nutrition**, v.10, p. 31, 1978.
117. STENVERT, N.L.; MOSS,R.; MURRAY,L. The role of dry vital-glúten in breadmaking. Part I. Quality assessment and mixer interaction. **Baker's Digest**, Beloit, v.55, n.2, p. 6,7,10,12, 1981a.

118. STENVERT, N.L.; MOSS, R.; MURRAY, L. The role of vital-glúten in breadmaking. Part II. A microscopic method for locating dry vital-glúten doughs and determination of the interaction with flour gluten and mixer type. **Baker's Digest**, Beloit, v.55, n.3, p. 27-30, 1981b.
119. SULLIVAN, B. Wheat protein research. Fifty years of progress. **Cereal Science Today**, Minneapolis, v.10, n.6, p.338-44, 1965.
120. THEANDER, O.; WESTERLUND, E.A. Determination of individual components of dietary fiber. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Whashington, v.34, p.476, 1983.
121. THEANDER, O.; AMAN, P.; WESTERLUND, E.; GRAHAW, H. Enzimatic Chemical analysis of dietary fiber. **Journal of AOAC International**, v.77, n.2, p.703-09, 1994.
122. TITCOMB, S.T.; JUERS, A.A. Reduced calorie high fiber content breads and methods of making some. **US Pat 4**, 590.076, 1986.
123. TOMA, R.B.; ORR, P.H.; D'APPOLONIA, B.L.; DINTZIS, F.R.; TABEKHIA, M.M. Physical and Chemical properties of potato pell as a source of dietary fiber in bread. **Journal of Food Science**, Chicago, v.44, p.1403-07, 1417, 1979.
124. TOMA, R.B.; CURTIS, D.J. Dietary fiber: effect on mineral bioavailability. **Food Technology**, Chicago, v.40, p.111, 1986.
125. TOMA, R.B. ; CURTIS, D.J. Ready to eat cereals role ina a blanced diet. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.34, n.5, p.387-88, 390, 1989.
126. VAN SOEST, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v.46, p.829, 1963.

- 127.VAN SOEST, P.J. .; WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v.50, p.50, 1967.
- 128.VAN SOEST, P.J. Dietary fibers: Their definition and nutritional properties. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.31, p.12, 1978.
- 129.VETTER, J.L. Fiber as a food ingredient. **Food Technology**, Chicago, v.38, n.1, p.64, 68, 69, 1984.
- 130.VIDAL-VALVERDE, C.; HERRANZ, J.; BLANCO, I.; ROJAS-HIDALGO, E. Dietary fiber in spanish fruits. **Journal of Food Science**, Chicago, v.47, p.1840-45, 1982.
- 131.VOLPE,T.; LEHMANN, T. High-fiber bread. **Bakers Digest**, Chicago, p.24-26, 1977.
- 132.WALTER, R. H.; RAO, M.A.; VAN BUREN, J.P.; SHERMAN, R.M.; KENNEY, J.F. Development and characterization of an apple cellulose gel. **Journal of Food Science**, Chicago, v.42, p. 241, 1977.
- 133.WALTER, R. H.; RAO, M.A.; COOLEY, H.J.; SHERMAN, R.S. Characterization of hidrocolloidal extracts from apple pomace. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, Zurich, v.19, p.253, 1986.
- 134.WANG, H.L.; THOMAS, R.L. Direct use of apple pomace in bakery products. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.3, p.618-20, 639, 1989.
- 135.WASLIEN, C.I. Nutrition increasing dietary fiber to diseases. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.33, n.5, p.452, 1988.

- 136.WEBER, F.E.; CHAUDHARY, V.K. Recovery and nutritional evaluation of dietary fiber ingredients from barley by-product. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.32, p.548, 1987.
- 137.WILLIAMS, P.C.; STARKEY, P.M. A modification of the crude fiber test for application to flour. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.59, n.4, p.318, 1982.
- 138.WILLIAMSON, D.D. Maximising fibre. **Food Processing**, Chicago, v.58 n.7, p.10-11, July, 1989.
- 139.WISKER, E.; FELDHEIM, W.; POMERANZ, Y.; MEUSER, F. Dietary fiber in cereals. **Advances in Cereal Science and Technology**, St. Paul, v.7, p.169-238, 1985.
- 140.WOOTTON, M.; SHAMS-Ud-DIN, M. The effects of aqueous extraction on the performance of wheat bran in bread. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.37, n.4, p.387-90, 1986.