

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Pauces

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por Silvana Pedrosa de Oliveira e aprovada pela Comissão Julgadora em 05.01.88.

Campinas, 05 de janeiro de 1988.

F. Reyes

Presidente da Banca

AVALIAÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL DE FIBRA
DE MILHO E SUA APLICAÇÃO EM BISCOITOS

Silvana Pedrosa de Oliveira

Engenheira de Alimentos

ORIENTADOR

Dr. Felix Guillermo Reyes Reyes

01/88

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Mestre em Ciências de Alimentos.

- 1988 -

Aqueles a quem amo,
na esperança de continuarmos unidos
através dos tempos.

"Se em certa altura
Tivesse voltado para a esquerda em vez de para a direita;
Se em certo momento
Tivesse dito sim em vez de não, ou não em vez de sim;
Se em certa conversa
Tivesse tido as frases que só agora, no meio-sono, elaboro
Se tudo isso tivesse sido assim,
Seria outro hoje, e talvez o universo inteiro
Seria insensivelmente levado a ser outro também."

FERNANDO PESSOA

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Felix Guillermo Reyes Reyes pela orientação e dedicação no decorrer do meu curso de mestrado.

A Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho.

Aos professores Valdemiro C. Sgarbieri e Norma Mancilla Diaz pelas sugestões e conhecimentos transmitidos durante a elaboração desta tese.

Aos professores Antonio Celso Ramalho e Miguel Arcanjo Areas pela amizade e contribuição em várias etapas do trabalho.

A Dra. Adriana Sevá Pereira e Guilherme R. Moraes pelo auxílio no estudo do uso terapêutico do biscoito proposto, assim como às pessoas que gentilmente participaram do teste.

Ao Dr. Eidiomar Angelucci e à Dilza Mantovani pela contribuição recebida na análise de minerais.

Aos Drs. William J. da Silva e Paulo Arruda pelo fornecimento da matéria-prima.

A Profa. Maria Lucia Setina e, em especial, à Profa. Inês Carvalho de Azevedo pelo valioso auxílio, prestado na análise estatística.

Ao CNPq, FAPESP e UNICAMP pelas bolsas de estudo concedidas.

A FAPESP pela concessão de auxílio à pesquisa, possibilitando, parcialmente, a realização do trabalho experimental da tese.

A Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação, ABIA, pela gentileza das cópias desta tese.

Ao José Luis, pelo dedicado trabalho de datilografia.

A Rosana María Manzo pelo auxílio na parte experimental do trabalho.

Ao pessoal do Laboratório de Toxicologia, em especial aos amigos Doroti, Magali, Mônica, Nestor e Rosana pela amizade e constante apoio.

A todos os amigos, em especial ao Edson, Luis, Sin e Sueli e aos professores e funcionários da FEA/UNICAMP, que de alguma forma tornaram possível a realização deste trabalho.

INDICE GERAL

	pag.
INDICE DE TABELAS	i
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
SUMMARY	ix
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
1. Histórico	3
2. Definição e Composição da Fibra	6
3. Principais Métodos de Determinação de Fibra	9
4. Fontes de Fibra	13
5. Propriedades Físico-químicas e Ação Fisiológica da Fibra	16
6. Relação da Fibra com Certas Doenças	22
7. Possíveis Efeitos Adversos da Fibra	23
8. Adição de Fibra em Produtos de Panificação	28
III. MATERIAIS E METODOS	33
1. Obtenção do resíduo fibroso de milho	33

2. Ensaaios preliminares	33
2.1. Aplicação do teste sensorial de diferença	35
2.1.1. Preparo da amostra	35
2.1.2. Avaliação sensorial	35
3. Caracterização do resíduo fibroso de milho	36
3.1. Proteína bruta	36
3.2. Lipídios	38
3.3. Umidade	38
3.4. Cinza	38
3.5. Fibra	39
4. Propriedades físico-químicas do resíduo fibroso	39
4.1. Granulometria	39
4.2. Densidade aparente	40
4.3. Capacidade de hidratação	40
5. Efeito do resíduo fibroso na utilização de proteína	41
5.1. Animais utilizados	41
5.2. Preparo das dietas	41
5.3. Determinação de proteína e fibra detergente neutro nas dietas	45
5.4. Pesagem dos ratos e das dietas	46
5.5. Coleta e pesagem das fezes	46
5.6. Determinação de Digestibilidade Aparente da proteína ...	46
5.7. Coleta de urina	47
5.8. Determinação do Valor Biológico Aparente da proteína ...	47
5.9. Determinação da Utilização Líquida da proteína (NPU) ...	48
6. Determinação do grau de digestibilidade da fibra do resíduo fibroso	49

7. Interferência de fibra do resíduo fibroso na absorção de mi- nerais	49
8. Medida do Tempo de Trânsito Intestinal	51
9. Preparo de biscoito com alto teor de fibra	52
10. Caracterização química do biscoito de fibra de milho	56
11. Características tecnológicas do biscoito	56
11.1. Teor de água evaporada	56
11.2. Taxa de expansão do biscoito	57
11.3. Tensão de cisalhamento	57
12. Avaliação sensorial	57
13. Efeito do biscoito em indivíduos portadores de constipação intestinal crônica	59
14. Tratamento estatístico	60
15. Aparelhos e equipamentos utilizados	61
 IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	 62
1. Aplicação do teste sensorial pareado direcional para o resí- duo fibroso de milho	62
2. Composição química do resíduo fibroso	62
3. Componentes da fibra do resíduo fibroso	63
4. Propriedades físico-químicas	64
4.1. Granulometria	64
4.2. Densidade aparente	64
4.3. Capacidade de hidratação	67
5. Efeito do resíduo fibroso na utilização de proteína	68
5.1. Ganho de peso	68

5.2. Consumo da dieta	70
5.3. Peso fecal	70
5.4. Digestibilidade Aparente da proteína	75
5.5. Valor Biológico Aparente da proteína	75
5.6. Utilização Líquida da Proteína	79
6. Grau de digestibilidade da fibra do resíduo fibroso	81
7. Interferência da fibra do resíduo fibroso na absorção de mi- nerais	83
8. Medida do Tempo de Trânsito Intestinal	93
9. Desenvolvimento de um produto rico em fibras	97
10. Características tecnológicas do biscoito	100
10.1. Teor de água evaporada	100
10.2. Taxa de expansão do biscoito	102
10.3. Tensão de cisalhamento	103
11. Avaliação sensorial	103
12. Uso terapêutico do biscoito	105
V. CONCLUSÕES	109
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	111

INDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da fibra dietética segundo SOUTHGATE (1976)	8
Tabela 2 - Composição das dietas utilizadas no ensaio biológico ..	42
Tabela 3 - Composição da mistura salina (ROGERS e HARPER, 1965) ..	43
Tabela 4 - Composição da mistura vitamínica (NBC, 1977 e 1978) ..	44
Tabela 5 - Formulações de biscoitos contendo resíduo fibroso de milho	55
Tabela 6 - Composição química do resíduo fibroso de milho	65
Tabela 7 - Principais componentes da fibra do resíduo fibroso de milho	65
Tabela 8 - Distribuição percentual dos tamanhos de partícula do resíduo fibroso de milho.....	66
Tabela 9 - Ganho de peso dos ratos, em gramas, durante o ensaio biológico	69

Tabela 10 - Dieta consumida pelos ratos, em gramas, durante o ensaio biológico	71
Tabela 11 - Consumo individual da dieta no último período	72
Tabela 12 - Excreção de fezes, em gramas, durante o ensaio biológico	73
Tabela 13 - Excreção das fezes no último período	74
Tabela 14 - Valores de nitrogênio fecal, nitrogênio ingerido, nitrogênio absorvido e Digestibilidade Aparente da proteína (DAP) do primeiro ao sexto período do ensaio biológico	76
Tabela 15 - Valores de nitrogênio fecal, nitrogênio ingerido, nitrogênio absorvido e Digestibilidade Aparente da proteína (DAP) no último período	77
Tabela 16 - Valores de nitrogênio absorvido, nitrogênio urinário e Valor Biológico Aparente da proteína (VBAP)* no último período	78
Tabela 17 - Valores para a Utilização Líquida da proteína (NPU) no último período	80

Tabela 18 - Quantidade média ingerida de fibra, teor de fibra nas fezes, quantidade média excretada de fibra e porcentagem de fibra digerida pelos ratos no último período do ensaio biológico	82
Tabela 19 - Valores médios do conteúdo de cálcio e magnésio nas dietas e nas fezes do último período do ensaio biológico	84
Tabela 20 - Quantidade consumida, quantidade excretada e porcentagem absorvida de cálcio e magnésio pelos ratos no último período do primeiro ensaio biológico	85
Tabela 21 - Ganho de peso, em gramas, durante o ensaio biológico realizado para verificar o efeito da fibra na absorção de minerais	86
Tabela 22 - Dieta consumida pelos ratos, em gramas, no ensaio biológico realizado para verificar o efeito da fibra na absorção de minerais	87
Tabela 23 - Fezes excretadas, em gramas, no último período do ensaio biológico realizado para verificar o efeito da fibra na absorção de minerais	88
Tabela 24 - Valores médios para ferro, zinco, cálcio e magnésio nas dietas e nas fezes para o segundo ensaio biológico	89

Tabela 25 - Quantidade consumida, quantidade excretada e porcentagem absorvida de ferro e zinco pelos ratos no segundo ensaio biológico	90
Tabela 26 - Quantidade consumida, quantidade excretada e porcentagem absorvida de cálcio e magnésio pelos ratos no segundo ensaio biológico	91
Tabela 27 - Peso dos ratos, em gramas, no primeiro e no vigésimo primeiro dia do ensaio biológico realizado para se verificar o efeito do resíduo fibroso de milho no Tempo Trânsito Intestinal	94
Tabela 28 - Tempo de Trânsito Intestinal Inicial dos ratos (TTII).	95
Tabela 29 - Teor de corante Azul Brilhante excretado nas fezes em relação ao teor consumido, nos intervalos de tempo estabelecidos para coleta das fezes	96
Tabela 30 - Composição química do biscoito obtido, em base seca	99
Tabela 31 - Resultados obtidos na avaliação sensorial (Escala Hedônica) dos biscoitos com alto teor de fibra	104
Tabela 32 - Identificação e anamnese dos indivíduos portadores de constipação intestinal crônica que testaram o biscoito com alto teor de fibra de milho	106

Tabela 33 - Valores obtidos para número de evacuações, peso fecal e teores de umidade e de fibra detergente neutro das fezes de oito voluntários, submetidos às dietas N (normal) e F (acrescida de bolachas contendo o resíduo fibroso de milho) 107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do processamento de milho verde para obtenção de flocos	34
Figura 2 - Modelo de ficha de instrução para o teste pareado direcional	37
Figura 3 - Curvas de absorvância em função do comprimento de onda para as soluções de dieta com corante Azul Brilhante (a), corante puro (b), fezes coloridas (c) e fezes normais (d)	53
Figura 4 - Modelo de ficha para aplicação do teste sensorial de aceitação: Escala Hedônica	58
Figura 5 - Biscoitos obtidos em planta piloto (Cia. Campineira de Alimentos - Campinas, SP)	101

RESUMO

O resíduo fibroso de milho, obtido como subproduto na produção de flocos de milho, foi caracterizado quimicamente, avaliado em termos nutricionais e fisiológicos e utilizado no preparo de biscoitos com alto teor de fibra. Esse resíduo apresentou um teor de 72,7% de fibra detergente neutro, baixa densidade aparente (0,44 g/ml) e alta capacidade de hidratação (5,3 ml de água/g de amostra).

Utilizando-se ratos Wistar e dietas contendo 1,1% (controle); 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, proveniente do resíduo fibroso de milho, observou-se um decréscimo no ganho de peso dos animais e na Digestibilidade Aparente da proteína, um aumento no peso fecal e nenhuma alteração significativa com relação ao Valor Biológico Aparente da proteína e a Utilização Líquida da Proteína (NPU), com o aumento do consumo de fibra. Quanto ao ganho de peso, as diferenças foram significativas, ao nível de 5%, entre os grupos de ratos que consumiram 1,1% e 11,5% de fibra detergente neutro, enquanto que para a Digestibilidade Aparente da proteína e para o peso fecal foram significativas, ao nível de 5%, entre os três grupos estudados. Observou-se ainda, através deste ensaio, que o grau de digestibilidade da fibra do resíduo fibroso foi em torno de 47%.

O aumento do teor de fibra na dieta de 1,2% para 13,1% provocou nos ratos um decréscimo na absorção de ferro, zinco, magnésio e cálcio em torno de 50%, 22%, 11% e 8%, respectivamente.

Quanto ao Tempo de Trânsito Intestinal Inicial dos ratos, observou-se valores de 14,29 h, 7,50 h e 6,19 h, para os animais que consumiram dietas contendo 0,8%; 4,9% e 10,7% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Com a finalidade de se obter um produto com alto teor de fibra, foram preparados biscoitos utilizando-se o resíduo fibroso de milho, chegando-se a uma formulação com 23,3% de fibra detergente neutro, em base seca, sendo que os biscoitos, quando avaliados sensorialmente, apresentaram boa aceitação.

Os biscoitos foram testados por indivíduos portadores de constipação intestinal crônica, propiciando aumento na frequência de evacuações, no peso fecal e nos teores de umidade e fibra detergente neutro das fezes. Esses resultados indicam que os biscoitos com alto teor de fibra de milho podem auxiliar o tratamento da constipação intestinal crônica.

SUMMARY

The fibrous residue of corn, obtained as a byproduct in the production of corn flakes, was chemically characterized and evaluated in terms of nutritional and physiological value, and utilized in the preparation of biscuit with high fiber content. This residue contained 72.7% neutral detergent fiber, low apparent density (0.44 g/ml) and a high capacity of hydration (5.3 ml of water/g of sample).

A decrease in weight gain of Wistar rats and in the Apparent Digestibility of protein was observed when diets containing 1.1%; 5.7% and 11.5% of neutral detergent fiber, from corn residue were fed. Larger consumption of fiber resulted in increase in feces weight and no significant alteration in relation to the Apparent Biological Value of the protein and to the Net Protein Utilization (NPU). With respect to the weight gain the differences was significant between the groups of rats that consumed 1.1% and 11.5% of neutral detergent fiber, whereas the differences for Apparent Digestibility of protein and feces weight were significant among all the three groups studied. It was also observed that the degree of digestibility of the fiber was about 47%.

Increase in the fiber content of the diet from 1.2% to 13.1% cause a decrease in the absorption of iron, zinc, magnesium and calcium of about 50, 22.11 and 8%, respectively.

The Intestinal Transit Time in the rats was significantly shorter as the consumption of the fiber increased.

Biscuits prepared with 23.3% washed corn fiber (NDF), showed good acceptance by sensory evaluation in the laboratory.

The biscuits were tested in individuals with chronic intestinal constipation, and produced an increase in the frequency of the evacuations, in the fecal weight, and in the moisture and neutral detergent fiber content in feces. These results suggested that the biscuit with high fiber content could be used in the treatment of the chronic intestinal constipation.

I. INTRODUÇÃO

A fibra, um dos constituintes dos alimentos vegetais, foi sendo excluída da dieta das populações dos países industrializados, à medida que estas consumiam alimentos processados e refinados. Ao mesmo tempo, nutricionistas, no início deste século, davam pouca importância a este componente alimentar, considerando-o não nutritivo e, portanto, dispensável à dieta. No entanto, com o passar do tempo, o surgimento de algumas doenças nessas sociedades, relacionadas com o aparelho digestivo, despertou a atenção de alguns médicos, que apontaram este fato como uma consequência do baixo consumo de fibra por parte desta população. Isto deu um considerável impulso à pesquisa sobre a fibra, incentivando a volta ao seu consumo.

Sabe-se que os farelos de cereais são fontes ricas de fibra e, por isso, têm sido indicados para o tratamento da constipação intestinal crônica. Neste sentido, vários produtos fibrosos têm surgido, na forma de medicamentos, como suplemento alimentar e regulador do funcionamento do intestino, entre eles, Fibrocol e Fibrapur, sendo constituídos, principalmente por farelo de trigo.

Há alguns anos uma indústria alimentícia lançou um biscoito fibroso, a base de farelo de trigo, que não chegou a ser comercializado. No entanto, outro fabricante, tem produzido um biscoito semelhante, o qual pode ser encontrado no mercado. Portanto, verifica-se um certo interesse por parte de algumas indústrias, no sentido de fornecer aos consumidores um produto com alto teor de fibra.

Levando-se em consideração o papel da fibra no funcionamento do intestino, o presente estudo teve como objetivo principal desenvolver um biscoito com alto teor de fibra, utilizando um resíduo fibroso, obtido como subproduto da produção de flocos de milho, realizada na FEA/UNICAMP, a qual faz parte de um projeto amplo que visa a industrialização de milho verde.

Dentre os objetivos específicos deste estudo, destacam-se a avaliação da composição química do resíduo fibroso de milho e de seus efeitos nutricionais e fisiológicos e a formulação de biscoitos, visando a obtenção de um produto rico em fibras, tentando conciliar os fatores tecnológicos, sensoriais e terapêuticos.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Histórico

No presente século, com o desenvolvimento industrial e a consequente migração das populações rurais para os centros urbanos, a dieta alimentar do homem sofreu modificações profundas, tais como aumento de alimentos processados em detrimento dos alimentos naturais, não processados; aumento do consumo de carboidratos refinados, principalmente sacarose; diminuição do consumo de fibras e aumento do consumo de alimentos de origem animal, em substituição aos de origem vegetal (RIBEIRO e CASTRO 1977).

Segundo BIJLANI (1985), a popularidade da dieta baseada em carnes, cereais refinados e açúcar coincidiu com os avanços da ciência da nutrição no início deste século, que negligenciou o papel da fibra dietética na alimentação ao considerá-la um constituinte inerte uma vez que não contribuía como fonte energética e nem para a formação e manutenção dos tecidos e, portanto, parecia não ter nenhuma função nutricional.

MORAES FILHO e BETTARELLO (1975) consideraram que a mudança dos hábitos alimentares, tais como o estabelecimento de horários convencionais mais ou menos rígidos para a alimentação e a gradativa alteração das condições naturais herbívoras para a forma onívora, acrescida,

ao longo dos tempos, de elementos artificiais, ocasionou uma adaptação morfológica e funcional no aparelho digestivo do homem. Também para KINGMA et alii (1981), a diminuição do consumo de fibras, aliada a outros fatores, como vida sedentária, uso abusivo de medicamentos e "stress" proporcionou uma alteração funcional do tubo digestivo, ocasionando o aparecimento, cada vez mais frequente, da constipação intestinal.

Desde o tempo de Hipócrates, século V a.C., tem sido observado o efeito laxativo do farelo de trigo (TROWELL, 1978). No entanto, através dos tempos, o desenvolvimento de processos de moagem de trigo para obtenção de farinha branca e refinada reduziu o farelo, fonte mais importante de fibra, do consumo humano.

Ainda, nas primeiras décadas deste século, havia muita controvérsia com relação ao papel da fibra na alimentação. TROWELL (1978) relata que Kellogg, fabricante americano de produtos de cereais, defendeu o uso de farelo em 1923, estimulando várias pesquisas. Porém, enquanto alguns pesquisadores exaltavam a ação laxativa do farelo, como COWGILL e SULLIVAN (1933), que demonstraram que o farelo de trigo aumenta o peso fecal; WILLIAMS e OLMSTEAD (1936), que observaram que o volume fecal depende da fonte de fibra; DIMOCK (1937), que relatou ter usado com sucesso o farelo de trigo no tratamento de cem pacientes com constipação intestinal; muitos gastroenterologistas, como ALVAREZ (1931), citado por KINGMA et alii (1981), consideravam uma dieta rica em resíduos contra-indicada para o tratamento de doenças do cólon, como a diverticulose, e da constipação intestinal. Essas idéias influenciaram a

opinião médica da época, pois, além de desaconselharem o uso de dietas ricas em fibras, em favor de dietas pobres em resíduos, acentuavam que o farelo de trigo poderia provocar irritação da mucosa intestinal (KINGMA et alii, 1981).

Durante a Segunda Guerra Mundial, vários países da Europa, como também a África do Sul, elevaram o teor de extração da farinha de trigo de 70 para 85% para aumentar o rendimento. Passou-se, então, a estudar o efeito desta mudança na alimentação, o que deu origem a vários artigos relacionando alimentos ricos em fibras como fatores de proteção da constipação, apendicite, aterosclerose e outras doenças. Paralelamente, Cleave, um médico da Marinha Inglesa, receitava farelo de trigo como laxativo e acreditava que a causa da diferente incidência de certas doenças entre povos africanos e ocidentais estava relacionada com o consumo excessivo de alimentos refinados, principalmente o açúcar, pelos últimos (TROWELL, 1978).

Segundo VAN SOEST (1978), a fibra dietética foi deixada de lado nas investigações dos nutricionistas devido à ignorância e confusão gerados por uma crença persistente no seu caráter não-nutritivo.

Por volta de 1970, surgiu um novo interesse pela fibra, mais intenso e generalizado, que se estende até hoje. Através de estudos epidemiológicos, pesquisadores (BURKITT, 1973; TROWELL, 1973; PAINTER e BURKITT, 1971) observaram que as populações africanas que consomem dietas com alto teor de fibra estão livres de doenças comuns dos países industrializados, como a diverticulose, o câncer de cólon, a aterosclerose, hemorróidas e outras, onde o consumo de fibras é baixo.

A partir dessas observações, vários estudos têm sido realizados levantando hipóteses para explicar de que maneira as fibras agiriam no intestino e como poderiam funcionar como fatores de proteção contra as doenças mencionadas, ressaltando seus benefícios e também apontando alguns aspectos negativos, como a interferência da fibra na absorção de nutrientes. Por outro lado, têm surgido métodos para determinação quantitativa do teor de fibras nos alimentos, mais simples e precisos, como também trabalhos apresentando formulações para produtos de panificação, na tentativa de se reintroduzir a fibra na alimentação humana.

2. Definição e Composição da Fibra

Por vários anos, a fibra foi discutida em termos de fibra crua, que consiste no resíduo resultante do tratamento de um alimento com ácido e álcali diluídos, a quente. Porém, segundo LEVEILLE (1976), esse resíduo, reflete apenas o conteúdo de celulose e lignina do alimento.

TROWELL (1974) utilizou o termo fibra dietética, definindo-a como o resíduo da parede celular da planta resistente à hidrólise pelas enzimas digestivas do homem. Mais tarde, porém, essa definição foi estendida no sentido de incluir todos os polissacarídeos e lignina da dieta que não são digeríveis pelas secreções endógenas do trato digestivo humano (TROWELL et alii, 1976). Desta forma, segundo SOUTHGATE

(1977), o termo Fibra Dietética engloba os polissacarídeos de algas, as gomas, as mucilagens e qualquer outro polissacarídeo não digerível. A Tabela 1 apresenta a classificação da fibra dietética, apresentada por SOUTHGATE (1976), a partir da definição de TROWELL et alii (1976).

Portanto, os principais componentes da fibra dietética são:

Celulose : é um polímero linear de alto peso molecular composto por unidades de glicose unidas por ligações β -1,4. Está presente na parede celular na forma de fibrilas com estrutura altamente ordenada, apresentando regiões com características cristalinas devido à formação de pontes de hidrogênio intra e intermoleculares, o que lhe confere resistência química e enzimática (SOUTHGATE, 1976; THEANDER, 1977).

Hemiceluloses : são constituídas por vários polissacarídeos derivados de pentoses e hexoses, sendo que os principais monossacarídeos que participam da sua estrutura são: xilose, arabinose, manose, galactose, glicose, ramnose e ácido urônico. São componentes estruturais e aparecem intimamente associadas à celulose (ANDERSON e CHEN 1979).

Lignina : é um polímero, não-carboidrato, formado por unidades moleculares derivadas de fenil-propano, possuindo estrutura tridimensional altamente complexa. É extremamente resistente à degradação química e enzimática, podendo ser isolada como resíduo insolúvel em ácido sulfúrico 72% (MAIA, 1977; SOUTHGATE, 1976).

Tabela 1 - Classificação da fibra dietética segundo SOUTHGATE (1976).

PRINCIPAL FONTE NA DIETA	DESCRIÇÃO	COMPONENTES
Materiais estruturais da parede celular da planta	Polissacarídeos estruturais	Substâncias pécticas Hemicelulose Celulose
	Constituintes não-carboidratos	Lignina
Materiais não-estruturais também encontrados naturalmente ou usados como aditivos em alimentos	Polissacarídeos de várias fontes	Substâncias pécticas Gomas Mucilagens Polissacarídeos de algas Polissacarídeos modificados quimicamente

Substâncias pécnicas : são polímeros de ácido galacturônico com variáveis graus de esterificação do ácido urônico com grupos metil ou acetil, podendo conter cadeias laterais compostas por galactose, arabinose, xilose, ramnose e glicose. São encontradas nas paredes celulares e espaços intercelulares (ANDERSON e CHEN, 1979; MAIA, 1977).

Gomas : são heteropolissacarídeos ramificados, derivados de exudados de plantas. Ex.: goma arábica, formada por uma cadeia de galactanas, ramificada com cadeias laterais de arabinose, contendo alguns grupos de ramnose e resíduo terminal de ácido glicurônico, o qual pode ser substituído na posição 4-O com grupos metil; goma guar, é uma galactomanana isolada de sementes (SOUTHGATE, 1976).

Mucilagens : são ésteres sulfúricos de polissacarídeos formados geralmente por L-galactose, D-xilose, L-ramnose e ácido D-galacturônico (MAIA, 1977).

3. Principais Métodos de Determinação de Fibra

Os métodos para determinação do resíduo indigerível dos alimentos foram desenvolvidos na Alemanha, na segunda metade do século XIX. O método de Weende, assim denominado, consistia no tratamento do alimento com álcali e ácido diluídos, a quente, e o resíduo obtido recebeu o nome de fibra crua. Trata-se de um método empírico, que se tornou largamente aceito e utilizado por muitos anos (SOUTHGATE, 1976). Entre-

tanto, estudos mostram que a fibra crua, obtida por este processo, não corresponde à fibra total presente no alimento. Segundo SCALA (1974), a fibra crua corresponde de 20 a 50% da fibra dietética, sendo que o grau de variação depende da composição da fibra presente na amostra. VAN SOEST e McQUEEN (1973) afirmaram que o método de fibra crua dosa apenas 50 a 80% de celulose, 10 a 50% de lignina e 20% de hemicelulose.

Com o passar do tempo, o crescente interesse pelas fibras motivou o aparecimento de novos métodos de análise, baseados na extração com detergentes, fracionamento e caracterização dos componentes da fibra e digestão enzimática.

VAN SOEST (1963) desenvolveu um método utilizando uma solução de detergente aniônico em meio ácido para a digestão da amostra, onde a fração dosada, correspondente ao teor de celulose e lignina, é denominada fibra detergente ácido (FDA). A partir desta fração, segundo o mesmo autor, pode-se determinar o teor de lignina da amostra, submetendo-se a fibra detergente ácido a um tratamento com ácido sulfúrico 72%, obtendo-se, ainda, por diferença o teor de celulose presente na amostra. Outra maneira para estimar o teor de lignina utiliza permanganato de potássio, que a oxida, deixando um resíduo composto por celulose e cinzas, sendo que o teor de celulose pode ser estimado como perda após incineração da amostra (VAN SOEST e WINE, 1968).

VAN SOEST e WINE (1967) também propuseram um método através da digestão da amostra com detergente catiônico em meio neutro, o qual for-

nece o teor de fibra detergente neutro (FDN), composta por celulose, hemicelulose e lignina. Portanto, este método determina os constituintes da parede celular do vegetal. Segundo VAN SOEST e ROBERTSON (1977) outros componentes da parede celular, além da fibra, podem acompanhar o resíduo, como por exemplo, cutina, minerais e proteínas. A diferença entre a fibra detergente ácido e a fibra detergente neutro dá uma estimativa do componente hemicelulose presente na amostra.

O sistema de análises que emprega detergentes foi originalmente desenvolvido para resolver problemas analíticos com dietas de ruminantes, particularmente forragens, mas tem sido utilizado para outros tipos de alimentos. Segundo SELVENDRAN et alii (1981) esses métodos dependem da propriedade dos detergentes solubilizarem proteínas intracelulares, sendo bons para produtos com baixos teores de amido, uma vez que este pode não ser totalmente hidrolizado, o que daria um valor mais alto para a fibra do que o real, e de substâncias pécticas, pois o método não quantifica os componentes da fibra solúveis em água.

SCHALLER (1977) propôs uma modificação do método de detergente neutro, indicada para amostras com alto teor de amido, a qual consiste num tratamento posterior da amostra com enzima α -amilase pancreática. Outro método, também indicado para amostras que contêm amido, foi sugerido por McQUEEN e NICHOLSON (1979), consistindo num pré-tratamento da amostra com α -amilase bacteriana.

SOUTHGATE (1969) desenvolveu um método detalhado e extenso que proporciona a medida de celulose, hemicelulose e lignina e a composi-

ção dos polissacarídeos não celulósicos, em termos de seus componentes hexoses, pentoses e ácidos urônicos. Portanto, este método fornece a fibra dietética total como a soma de seus componentes, mas para análises de rotina não é aconselhável, pois consome muito tempo. Basicamente, o método consiste na remoção das frações individuais através de uma série de extrações, hidrólise e determinação dos componentes por cromatografia em fase gasosa, sendo que a lignina é determinada como o resíduo resultante após o tratamento com ácido sulfúrico 72%.

Os métodos enzimáticos foram propostos visando simular as condições do intestino humano. HELLENDORF et alii (1975) desenvolveram um método, utilizando pepsina e pancreatina para hidrólise de proteína e amido, respectivamente. O resíduo resultante, geralmente, contém um pouco de proteína que os autores consideraram como a proteína indigerível do alimento. Este método, no entanto, não mede os componentes da fibra solúveis em água.

SCHWEIZER e WÜRSCH (1979) utilizaram pepsina, pancreatina e glicocamilase para a digestão enzimática, além de uma etapa envolvendo centrifugação e separação do sobrenadante, o qual foi tratado com etanol, obtendo-se, desta forma, também a fração de fibra solúvel em água. Sendo assim, este método determina a fibra dietética total (fração solúvel e fração insolúvel em água). Segundo estes autores, as fibras solúveis (substâncias pécnicas e gomas, por exemplo) correspondem de 4 a 21% da fibra dietética em farelos de cereais e de 19 a 59% em legumes, verduras e frutas e, portanto, este método é particularmente importante para vegetais que contém uma quantidade significativa de fibras solúveis em água.

Os métodos enzimáticos, ao contrário dos demais métodos mencionados, não possibilitam a determinação dos componentes individuais da fibra, cujo conhecimento é importante para a interpretação de suas propriedades fisiológicas. Assim, a escolha do método para dosagem de fibra deve levar em conta todos os componentes fibrosos que possam estar presentes na amostra, e possibilitar a caracterização dos mesmos, de tal forma que se possa ter maior informação sobre a fibra contida no produto analisado.

4. Fontes de Fibra

As principais fontes de fibra são cereais integrais, frutas, verduras e legumes. Devido ao alto conteúdo de água das hortaliças e frutas frescas, os seus teores de fibra dietética total parecem ser baixos quando comparados aos dos cereais, porém representam substancial proporção do conteúdo de sólidos. Os valores de lignina da maioria das hortaliças são muito baixos. Para frutas esses valores são mais elevados para as que contêm sementes lignificadas, como o morango, ou células lignificadas como a pera. Os polissacarídeos não-celulósicos nesses alimentos são geralmente ricos em ácidos urônicos e pentoses. Com relação às farinhas de trigo, o conteúdo de fibra dietética aumenta com a taxa de extração (SOUTHGATE, 1977).

Apesar das plantas superiores apresentarem elevado teor de fibras, no preparo culinário são inúmeras vezes removidas, tal como acontece

com frutas e legumes nos processos de descascamento e cozimento (MORAES FILHO e BETTARELLO, 1975).

De acordo com VETTER (1984), vários ingredientes ricos em fibra têm sido avaliados para serem usados na formulação de novos produtos enriquecidos com fibras, ou para aumentarem a quantidade de fibra existente em alimentos formulados. Os principais são farinha de trigo integral, farelo de trigo, farelo de milho, farelo de soja, farelo de arroz e celulose purificada, que possuem, respectivamente, os seguintes teores de fibra crua: 2,3%; 7,5 a 12,0%; 12,5 a 13,0%; 38%; 6 a 8% e 88 a 90%, sendo que o farelo de milho refinado pode chegar a conter de 88 a 90% de fibra dietética.

A partir dos dados apresentados por ANDERSON e CLYDESDALE (1980) sobre a composição do farelo de trigo, podemos verificar que a fibra dietética deste cereal contém de 64 a 65% de hemicelulose, de 22 a 23% de celulose e de 7 a 8% de lignina.

Resultados semelhantes foram reportados por MONGEAU e BRASSARD (1982), que verificaram que a hemicelulose é o principal componente de fibra de cereais, representando cerca de 65% da fibra de detergente neutro, enquanto que a celulose corresponde a menos do que 25% e a lignina representa a menor fração. O teor de fibra solúvel foi considerado desprezível.

RASPER (1979) utilizando o método de SOUTHGATE (1969) não encontrou fibra solúvel no farelo de arroz e apenas quantidades insignifi-

canfes nos farelos de trigo e de milho. No mesmo estudo, o referido autor encontrou no farelo de milho a presença de 23,3% de fibra detergente ácido (FDA); 93,7% de fibra detergente neutro (FDN); 22,7% de celulose e 0,6% de lignina em base seca e livre de gordura.

O farelo de milho, obtido por moagem a seco pela "Lauhoff Grain Company", foi caracterizado por SHAFER e ZABIK (1978) que encontraram a seguinte composição química aproximada: 4,0% de umidade; 6,0% de proteína; 1,1% de lipídeos; 0,3% de cinzas e 63,96% de FDN, e também por DINTZIS et alii (1979) que encontraram menos de 1,0% de amido; 5,5% de proteína; 0,6% de gordura; 0,6% de cinzas; 1,0% de lignina e 22% de celulose. Estes valores foram fornecidos em base seca e, os autores consideraram que os 70% restantes correspondiam ao teor de hemicelulose da amostra, o que resultou num valor de 93,0% de FDN. Os artigos diferem, principalmente, com relação ao conteúdo de fibra do farelo de milho analisado, no entanto, não podemos compará-los pois no segundo trabalho os autores apenas estimaram o valor da hemicelulose.

HELLER et alii (1977) encontraram a seguinte composição para o pericarpo de milho purificado da "Corn Products Corporation": 69,9% de hemicelulose, 21,3% de celulose e 0,79% de lignina, ou seja, 91,5% de FDN.

SCHALLER (1977) verificou que não houve diferença entre os valores obtidos das análises de detergente neutro com e sem tratamento com α -amilase para amostras que continham alto teor de fibra e baixo de amido. Analisando três tipos de farelo de milho o referido autor encon-

trou a seguinte composição: 47%; 58% e 67% de hemicelulose insolúvel, 14%; 19% e 21% de celulose e 0,7%; 0,4% e 0,2% de lignina, ou seja, 61,7%; 77,4% e 88,2% de FDN, respectivamente. Embora as quantidades de hemicelulose, celulose e lignina tenham sido diferentes, as proporções das mesmas foram semelhantes para os três tipos de farelo analisados.

Observamos que amostras de farelo de milho, analisadas pelos mesmos métodos (FDN, FDA) podem apresentar valores diferentes para fibra total e seus componentes. Provavelmente, isso se deve à diferenças nos processos de extração e obtenção do farelo, que não são citados nos artigos.

5. Propriedades Físico-Químicas e Ação Fisiológica da Fibra

As principais propriedades físico-químicas da fibra dietética são tamanho de partícula, capacidade de hidratação, capacidade de troca catiônica e capacidade de absorver compostos orgânicos (PARROTT e THRALL, 1978). Tais propriedades variam com o tipo de fibra e estão relacionadas com as suas propriedades funcionais no intestino.

Assim, por exemplo, a habilidade da fibra de ligar água aumenta a taxa e o volume de eliminação fecal, devido a maior retenção de água no trato intestinal e, principalmente, nas fezes, produzindo evacuação mais frequente e fezes mais macias e, conseqüentemente, prevenindo a constipação intestinal (SCALA, 1976). O aumento no volume fecal também

é atribuído à presença de fibras nas fezes, ou ao efeito laxativo dos produtos da degradação bacteriana no cólon (PRYNNE e SOUTHGATE, 1979).

Pectinas, mucilagens e hemiceluloses têm maior capacidade de ligar água por conterem resíduos de açúcar com grupos polares livres. A hidratação das fibras resulta na formação de uma matriz de gel que pode produzir um aumento na viscosidade do conteúdo do intestino delgado, tendo efeitos críticos na absorção de nutrientes (SCHNCEEMAN, 1986).

Dependendo da capacidade da fibra para a formação de gel e absorção de água, o tempo de trânsito intestinal pode aumentar ou diminuir em diferentes partes do trato gastrointestinal (estômago, intestino delgado e cólon). A formação de gel também diminui a velocidade de absorção de solutos no intestino delgado, uma vez que os materiais solúveis podem ser diluídos na água contida nos interstícios da fibra ou retidos por mecanismos químicos e físicos dentro da estrutura do gel (EASTWOOD e KAY, 1979).

CUMMINGS et alii (1978) observaram o efeito de diferentes fontes de fibra no peso fecal. Aproximadamente 20 g/dia de fibra dietética concentrada de goma guar, maçã, cenoura, repolho e farelo de trigo foram adicionados a uma dieta basal controlada de dezenove voluntários saudáveis, o que provocou um aumento no peso fecal de 20%, 40%, 59%, 69% e 127%, respectivamente. Assim, o farelo de trigo pareceu ter um maior efeito sobre o peso fecal do que as demais fontes de fibra avaliadas. De acordo com ROBERTSON e EASTWOOD (1981), embora as fibras de cereais tenham menor capacidade de absorver água do que as fibras de

vegetais, apresentam um efeito maior no aumento do peso fecal, o que pode ser atribuído à diferenças na composição química e na estrutura entre essas fibras e na fermentação das mesmas no cólon.

Apesar da fibra ser resistente ao ataque das enzimas digestivas, a microflora do intestino grosso é capaz de fermentar, parcialmente, seus constituintes. A extensão com que ocorre a fermentação varia entre os diferentes constituintes da fibra dietética, sendo importante para o seu efeito fisiológico. Por exemplo, o efeito do farelo de trigo no aumento do volume fecal pode ser explicado, em parte, pela sua relativa resistência à fermentação (NYMAN e ASP, 1982).

Segundo SCHNCEEMAN (1986), a extensão da degradação da fibra no cólon pode estar relacionada com a estrutura física da planta, de tal forma que fibras de frutas e verduras parecem ser mais fermentáveis do que fibras de cereais e grãos.

De acordo com ANDERSON e CHEN (1979) a lignina não é degradada no cólon, pectinas e gomas parecem ser degradadas completamente, enquanto que hemiceluloses e celulose sofrem degradações parciais, em torno de 56 e 87% e 40%, respectivamente. Os mesmos autores explicam que com a degradação ocorre produção de gases (CO_2 , H_2 , metano) e cadeias pequenas de ácidos graxos, além de água, que podem influenciar as respostas fisiológicas, aumentando o volume fecal, devido às células bacterianas, e diminuindo o pH do cólon, afetando, desta maneira, o metabolismo microbiano.

A digestibilidade da fibra depende, portanto, de sua estrutura química, da flora intestinal do cólon e do tempo de residência da fibra no cólon.

De maneira geral, tem sido observado que o aumento do consumo de fibras provoca uma diminuição no tempo de trânsito intestinal.

BURKITT et alii (1972) verificaram o tempo de trânsito do resíduo alimentar através do trato intestinal em estudantes ingleses e africanos. O tempo de trânsito foi medido através da ingestão de 25 esferas de plástico opacas a raio X, sendo considerado como aquele decorrido entre o consumo destas e o aparecimento nas fezes de 20 esferas. Esses autores concluíram que quanto mais refinada é a dieta (no caso, consumida pelos ingleses) menor o volume das fezes e mais lenta é a passagem do resíduo alimentar pelo intestino, verificando-se o contrário para a dieta contendo fibra (consumida pelos africanos).

Em outro estudo WALKER (1975) utilizou 500 mg de carmina em cápsulas de gelatina para medir o tempo de trânsito intestinal em crianças sul-africanas, o qual foi calculado como o intervalo de tempo desde a ingestão do indicador até o aparecimento de cor vermelha nas fezes de 50% dos participantes do teste. Este autor observou que o consumo de 10 g de fibra crua diminuiu o tempo de trânsito médio das crianças de 9,5 para 8,5 horas, sendo que a diminuição foi pequena, pois as mesmas estavam acostumadas a consumir dietas com alto teor de fibra.

KELSAY et alii (1978) verificaram o efeito da fibra proveniente de frutas e vegetais no tempo de trânsito intestinal, no peso fecal e no teor de umidade das fezes em doze homens com idade variando de 37 a 58 anos. Durante o primeiro período do estudo (26 dias) seis homens consumiram uma dieta com alto teor de fibra, enquanto que os seis restantes consumiram a mesma dieta, porém com baixo teor de fibra. Durante os últimos sete dias do período os indivíduos coletaram as respectivas fezes, as quais foram marcadas através do consumo de 50 mg de Azul Brilhante em cápsula de gelatina, de tal forma que o tempo de trânsito foi calculado como o decorrido entre a ingestão do indicador até que a maioria do mesmo aparecesse nas fezes. Os autores concluíram que a inclusão das fibras na dieta, diminuiu o tempo de trânsito intestinal e aumentou o número de defecações e o peso fecal.

YU e MILLER (1981) também utilizaram corante Azul Brilhante (FDC Blue nº 1) para medir o tempo de trânsito intestinal de indivíduos submetidos ao consumo diário de dietas contendo 15 g de farelo de trigo e dietas sem farelo. Foram ingeridos 50 mg de corante e 200 mg de metil celulose em cápsula de gelatina, e o tempo de trânsito foi considerado como aquele decorrido entre a ingestão do marcador fecal e o seu primeiro aparecimento nas fezes. Esses autores verificaram que a adição de farelo na dieta não diminuiu significativamente o tempo de trânsito intestinal, sendo que houve muita variação entre os indivíduos com relação a este parâmetro. Observaram, ainda, que com o consumo de farelo de trigo o peso fecal e o teor de fibra detergente neutro nas fezes aumentou significativamente.

LEE et alii (1979) utilizaram óxido crômico como indicador fecal para medida do tempo de trânsito intestinal em ratas adultas. Os animais foram divididos em três grupos: controle (dieta sem fibra), dieta contendo farelo de trigo (55% de fibra detergente neutro) e dieta contendo farinha de farelo de milho (64% de fibra detergente neutro). O tempo de trânsito intestinal foi medido no final da quarta semana. Inicialmente, as ratas ficaram em jejum por 24 horas e, em seguida, foram oferecidos a cada uma 5 g de dieta contendo 100 mg de óxido crômico, por uma hora e meia. As coletas de fezes foram realizadas de oito em oito horas para o primeiro dia e a cada doze horas nos dois dias seguintes, tendo sido, posteriormente secas a 60°C e analisadas quanto ao teor de óxido crômico. O tempo de trânsito foi designado como o tempo necessário para que 95% do óxido crômico ingerido fosse excretado. Os autores observaram que os animais alimentados com dietas contendo farelo de trigo e de milho excretaram massa fecal maior e apresentaram tempo de trânsito intestinal significativamente menor do que os ratos submetidos à dieta controle.

Através dos artigos mencionados, verifica-se que não existe uma metodologia padronizada para a determinação do tempo de trânsito intestinal, embora em todos os casos seja utilizado um indicador administrado juntamente com as dietas, cujo aparecimento é medido nas fezes. No entanto, essa variação metodológica não impede a obtenção de resultados comparativos, no sentido de demonstrar, na maioria das vezes, que o consumo de fibra provoca uma diminuição no tempo de trânsito intestinal, em relação a uma dieta isenta ou com baixo teor de fibra.

6. Relação da Fibra com Certas Doenças

As doenças que têm sido relacionadas com um baixo consumo de fibra são doença diverticular, câncer de cólon e do reto, aterosclerose, apendicite, síndrome do cólon irritável e hemorróidas, entre outras. As evidências desta relação vêm de estudos em homens, de experimentos com animais e de observações feitas em diferentes populações com hábitos alimentares diversos. Existem várias hipóteses que tentam justificar essa relação. Por exemplo, no caso do câncer de cólon, presume-se que uma dieta rica em fibras possa alterar a microflora intestinal, impedindo a formação de compostos carcinogênicos que induziriam ao aparecimento do câncer, ou que o volume fecal maior, ocasionado pela presença de água e outras substâncias ligadas à fibra, diluiria estes compostos, diminuindo sua ação, ou ainda, que a passagem mais rápida das fezes pelo intestino diminuiria o tempo de contato dos carcinógenos com a mucosa intestinal (LEVEILLE, 1976).

A fibra tem sido usada com bons resultados no tratamento da doença diverticular, cuja incidência vem aumentando nos países industrializados. Isto sustenta a hipótese de que a doença resulta de uma deficiência de fibra na dieta, porém não constitui uma prova. Estudos sugerem que a fibra age contra a doença diverticular, impedindo o aumento da pressão no cólon, devido à produção de fezes volumosas e macias (LEVEILLE, 1976).

O benefício da fibra, especialmente pectinas e gomas, em relação ao tratamento do diabetes parece ser devido ao aumento da viscosidade do conteúdo do intestino delgado, o que retarda a absorção de glicose (EASTWOOD e PASSMORE, 1983).

Com relação a aterosclerose, estudos sugerem que a fibra se liga aos ácidos biliares arrastando-os com as fezes e, desta forma, impedindo sua reabsorção pelo organismo. Assim, mais colesterol é convertido em ácidos biliares, o que diminui o nível de colesterol circulante no sangue (LEVEILLE, 1976). KAY e TRUSWELL (1977a, b) observaram que a ingestão de pectina promove um aumento da excreção de ácidos biliares e redução do colesterol no sangue, enquanto que a adição de farelo de trigo na dieta não afeta esses parâmetros.

Tem sido sugerido também o consumo de fibras no combate à obesidade, uma vez que ela parece produzir sensação de saciedade. (EASTWOOD e PASSMORE, 1983).

7. Possíveis Efeitos Adversos da Fibra

Qualquer pessoa que mude repentinamente de uma dieta baixa em fibras para uma alta está sujeita ao aumento da produção de gases no cólon e à diarreia. Esses sintomas são, em geral, temporários e, se persistirem, deve-se diminuir o conteúdo de fibras na dieta (EASTWOOD e PASSMORE, 1983).

Apesar dos inúmeros benefícios atribuídos à fibra dietética e do crescente incentivo ao seu consumo, estudos com animais e homens têm mostrado que este componente, quando presente na dieta, pode interferir na absorção de nutrientes, por exemplo, afetando o metabolismo do nitrogênio.

KEIM e KIES (1979) observaram o efeito da adição de 5, 10 e 20% de hemicelulose, celulose e lignina numa dieta padrão, na utilização de caseína por ratos. Em geral, um aumento do consumo de qualquer um desses componentes da fibra correspondeu a uma diminuição do consumo de alimentos, do ganho de peso, da eficiência da proteína, do balanço de nitrogênio e da digestibilidade aparente da proteína.

NOMANI et alii (1979) compararam dietas que continham 5% de farelo de trigo, componentes fibrosos extraídos do farelo contendo 2,1% de fibra detergente neutro (FDN) e 2,1% de fibra detergente ácido (FDA), 2,1% de celulose e 2,1% de pectina, com uma dieta controle isenta de fibra. Os autores verificaram que ocorreu um aumento significativo na excreção de nitrogênio fecal e uma diminuição na digestibilidade da proteína nos ratos submetidos às dietas contendo farelo de trigo e FDN em relação à dieta controle. O teor de nitrogênio urinário foi significativamente menor do que o controle nos animais que consumiram dietas contendo farelo de trigo, FDN, FDA e celulose, porém o valor biológico da proteína apresentou-se significativamente maior. Esses dados levaram os autores a sugerirem que, nas condições do experimento, a fibra dietética melhorou a utilização do nitrogênio absorvido.

YU e MILLER (1981) observaram que o consumo diário de 15 g de farelo de trigo por indivíduos adultos, aumentou significativamente a excreção de nitrogênio fecal, quando comparado a uma dieta isenta de farelo, o que, segundo os autores, tem pouca importância, do ponto de vista nutricional, para os indivíduos que consomem uma dieta adequada.

Outro experimento com indivíduos adultos foi realizado por KIES e FOX (1977) para observar o efeito do consumo de hemicelulose na absorção de proteína. Os suplementos de hemicelulose foram de 4,2; 14,2 e 24,2 g/dia/indivíduo. Os autores verificaram que um aumento no consumo de hemicelulose não teve efeito significativo no balanço de nitrogênio para os indivíduos que possuíam um balanço positivo, porém este valor tendeu a decrescer significativamente para os que apresentavam balanço pobre ou negativo.

O efeito da fibra dietética na digestibilidade da caseína *in vitro* foi avaliada por ACTON et alii (1982). Os autores verificaram que celulose, lignina, pectina de maçã, farelo de trigo e vários tipos de gomas diminuíram significativamente a digestibilidade da caseína *in vitro*.

Segundo CUMMINGS (1978) o aumento de nitrogênio fecal é prontamente detectável, mas não nutricionalmente significativo em populações ocidentais industrializadas, onde o consumo de proteína é alto. Porém, esse aumento é de muita importância em sociedades, como por exemplo, a africana, onde o consumo de fibra é consideravelmente mais elevado e o de proteína baixo. Varias sugestões têm surgido para se explicar qual

seria a fonte deste nitrogênio fecal, entre elas, o aumento da excreção de nitrogênio endógeno e a presença de complexos de proteínas não disponíveis que não são digeridos. Esses complexos poderiam ser formados durante o cozimento ou outro pré-tratamento do alimento e resultar da interação de carboidratos e aminoácidos. Sabe-se que a fibra também pode interferir na absorção da proteína e, de acordo com o referido autor, uma possível explicação para o aumento da excreção do nitrogênio fecal, neste caso, pode ser o aumento da presença de flora microbiana nas fezes.

A propriedade da fibra de troca catiônica pode resultar em alguns efeitos indesejáveis. Pesquisas têm sugerido que a fibra se liga aos minerais no trato digestivo, possivelmente tornando-os não disponíveis para a absorção pelo organismo (KELSAY, 1981).

Segundo SCHNEEMAN (1986) o número de grupos carboxílicos livres nos resíduos de açúcar e o conteúdo de ácido urônico dos polissacarídeos parecem estar relacionados às propriedades de troca catiônica das fibras.

Já se atribuiu ao fitato, presente nos cereais, o efeito negativo na absorção de minerais, pois este composto se liga à cátions. Porém, vários autores chegaram à conclusão de que a fibra dietética também apresenta essa propriedade.

REINHOLD et alii (1976) estudaram o efeito do farelo de trigo em dois indivíduos com relação à absorção de zinco, cálcio, magnésio e

fósforo. Os indivíduos consumiram uma dieta durante vinte dias, onde cerca de 50% da energia consumida era proveniente de pão branco, passando a consumir nos vinte dias restantes um tipo de pão feito com farinha de trigo com grau de extração entre 80 a 90%. Os autores observaram balanços negativos para o zinco quando os indivíduos passaram a consumir a dieta contendo maior teor de fibra. Ocorreu também um acréscimo significativo na excreção fecal de cálcio com a mudança da dieta, resultando em balanços negativos para os dois indivíduos, enquanto que para magnésio e fósforo foram verificados balanços negativos moderados. Os autores observaram, ainda, certa evidência de adaptação, quando, para um dos indivíduos, o balanço de zinco tornou-se menos negativo após dez dias de consumo do pão contendo alto teor de farelo. Neste caso o balanço de fósforo melhorou, enquanto que os de cálcio e magnésio não foram alterados.

KIES et alii (1979) verificaram o efeito de vários níveis de hemicelulose na absorção de zinco. A dieta de doze homens foi suplementada diariamente com 4,2; 14,2 e 24,2 g de hemicelulose, durante um período de 14 dias, sendo que o consumo total de fibra variou de 11,7 a 21,7 a 31,7 g/dia. Os autores concluíram que o aumento de hemicelulose na dieta provocou um aumento na excreção de zinco, diminuindo os valores para o balanço nos vários períodos estudados até tornar-se negativo no último, ou seja, quando os indivíduos passaram a consumir maior teor de hemicelulose.

Em outro experimento SANDBERG et alii (1982) observaram o efeito de farelo de trigo na absorção de cálcio, magnésio, zinco e ferro. O-

to pacientes ileostomizados foram estudados durante dois períodos, no primeiro consumindo dieta baixa em fibras e no segundo dieta acrescida de 16 g de farelo de trigo/dia. Os autores observaram que houve um decréscimo significativo na quantidade de zinco absorvida, enquanto que a absorção aparente de ferro, magnésio e cálcio permaneceram constantes no segundo período.

Apesar dos benefícios da fibra, já mencionados, os efeitos na absorção de nutrientes também devem ser considerados no estudo de uma fonte de fibra a ser indicada para consumo humano.

8. Adição de Fibra em Produtos de Panificação

Vários autores têm verificado a possibilidade de se reintroduzir a fibra na dieta humana, utilizando como veículos pães, bolos e biscoitos.

LORENZ (1976), substituindo 5, 10 e 15 % de farinha de trigo por farelo fino ou grosso de triticales, verificou o efeito dessas fontes fibrosas nas características do pão. Este autor observou que nas massas dos pães contendo farelo, houve aumento na absorção de água, diminuição no tempo de mistura e na viscosidade das pastas das farinhas, quando comparados a uma massa controle, sendo que o farelo fino provocou uma diminuição na viscosidade maior do que o grosso. Não foi observada diferença significativa quanto ao volume dos pães.

POMERANZ et alii (1977) investigaram o efeito de celulose, farelo de trigo vermelho duro de inverno e casca de aveia na qualidade de pães, substituindo-se 3, 5, 7, 10 e 15% de farinha de trigo. A adição de casca de aveia reduziu a absorção de água, enquanto que no caso do farelo e da celulose houve um aumento de cerca de 4% e 10%, respectivamente. O tempo de mistura aumentou consideravelmente para a massa contendo celulose, aumentando pouco para a que continha casca de aveia, enquanto que o farelo não provocou alteração. Os autores também verificaram que a adição do material fibroso, acima de 5%, diminuiu o volume dos pães, devido à diluição do glúten. Quanto às características sensoriais, a casca de aveia proporcionou ao pão uma textura arenosa, a celulose e o farelo modificaram o sabor, não chegando a ser considerado desagradável no caso do farelo. O pão contendo farelo apresentou-se menos macio do que aquele que continha celulose, enquanto que a casca de aveia provocou um ligeiro aumento na maciez.

POMERANZ et alii. (1976) concluíram que cerca de 7% de farelo de trigo branco pode ser adicionado sem modificação significativa das características tecnológicas da massa de pão, tais como absorção de água e tempo de mistura. Esta quantidade de fibra crua equivale à farinha de trigo com 90% de extração. Quanto ao uso de farelo de milho no preparo de pães, POMERANZ (1977) relata que teores acima de 14% apresentam efeitos adversos na qualidade dos pães.

Segundo DUBOIS (1978), a adição de mais do que 7 a 10% de quaisquer dos materiais fibrosos produz mudanças nas técnicas de processamento e nas qualidades características do pão. Entre essas alterações

cita a diluição da proteína da farinha, o que causa um enfraquecimento de sua estrutura, a tendência dos materiais fibrosos de cortarem a rede de glúten, reduzindo a retenção do gás e a alteração do aroma quando o material já possui um aroma característico. O autor recomenda uma série de ajustes, com relação aos ingredientes e às técnicas de processo, que servem para reduzir o efeito das fibras sobre a qualidade do pão.

Alguns autores investigaram a possibilidade de enriquecer bolos com fibra de cereais. Entre eles, SHAFER e ZABIK (1978) que utilizaram farelos provenientes de trigo vermelho mole, branco mole e vermelho duro, para verificar se a variedade de trigo pode afetar a qualidade de bolos. Farelos de milho, soja e aveia também foram empregados para avaliar a possibilidade de usar farelos de outros tipos de cereais. Todos os bolos foram preparados substituindo-se 30% da farinha de trigo com os farelos. Os autores verificaram que com o acréscimo de fibras a massa apresentou-se mais viscosa e com cor mais escura, não havendo diferenças significativas quanto ao volume dos bolos. Na avaliação sensorial o controle foi considerado superior aos demais. Entre os bolos contendo farelos de soja, de milho e de aveia, houve algumas diferenças significativas, por exemplo o que continha farelo de milho apresentou maior volume que os outros, aquele com farelo de soja foi considerado o mais macio, o menos úmido e sua massa a mais viscosa. A avaliação sensorial dos bolos contendo farelo de trigo de diferentes variedades mostrou poucas diferenças, sendo que a única significativa foi com relação à cor.

VRATAMINA e ZABIK (1978) testaram o efeito do farelo de trigo em biscoitos doces, quando a farinha foi substituída em 10, 20 e 30%. O aumento da fibra resultou numa diminuição da expansão do biscoito e num aumento da quantidade de água necessária para produzir a massa. O biscoito com farelo apresentou menor fragilidade, maior maciez e cor significativamente diferente em relação ao controle. A avaliação sensorial mostrou que os biscoitos contendo farelo apresentaram menor aceitação, à medida que se aumentou o teor de fibra, porém apresentaram maior aceitação quando comparados ao controle, em especial os que continham 10 e 20% de farelo.

O efeito do acréscimo de celulose em formulações de biscoito foi estudado por GORCZYCA e ZABIK (1979). Esses autores utilizaram níveis de celulose de 10, 20 e 30 % em substituição à farinha de trigo e observaram que à medida que se aumentou o teor deste ingrediente houve uma diminuição na taxa de expansão dos biscoitos e na força necessária para a quebra dos mesmos. Observaram, ainda, um aumento no conteúdo de umidade e uma maior espessura e maciez com o aumento do teor de celulose nos biscoitos. Quanto à avaliação sensorial, os biscoitos contendo altos teores de celulose foram considerados inferiores, enquanto o que continha menor teor foi tão aceito quanto o controle (isento de celulose).

JELTEMA et alii (1983) compararam o efeito de várias fontes de fibra, entre elas farelo de milho, farelo de trigo e farelo de aveia, quando adicionadas a uma formulação controle na quantidade de 20% em relação ao peso da farinha. Esses autores verificaram que o biscoito

contendo farelo de milho apresentou menor taxa de expansão que os demais, atribuindo este fato ao alto teor de hemicelulose presente neste farelo. Com relação à força de cisalhamento, que para os autores significou uma medida de fragilidade, não foi observada diferença significativa entre qualquer dos farelos testados. Os biscoitos contendo farelo de milho retiveram mais umidade do que os demais.

Verifica-se, portanto, através da literatura, uma variedade de opções para se obter um produto enriquecido com fibras, e que muitas considerações devem ser feitas para se chegar num produto satisfatório com relação aos aspectos tecnológicos e sensoriais.

III. MATERIAIS E METODOS

1. Obtenção do resíduo fibroso de milho

O resíduo fibroso de milho, utilizado como fonte de fibra no preparo de biscoitos, foi obtido como subproduto na produção de flocos de milho verde, realizado na FEA/UNICAMP.

Inicialmente as espigas de milho verde, produzidas pelo Departamento de Genética da UNICAMP, foram despalhadas manualmente, sendo, em seguida, submetidas ao branqueamento por cinco minutos em água fervente. Os grãos foram retirados do sabugo manualmente, com facas de aço inóx e estocados em câmara frigorífica a -18°C . A Figura 1, apresentada a seguir, ilustra as etapas posteriores, necessárias para a obtenção do resíduo fibroso a partir dos grãos de milho.

2. Ensaios préliminares

Uma parte do resíduo fibroso, obtido conforme descrito na Figura 1, foi descongelada à temperatura ambiente, secada em estufa com circulação de ar a 60°C e moída em Moinho de Martelo, sendo posteriormente utilizada na preparação de biscoitos.

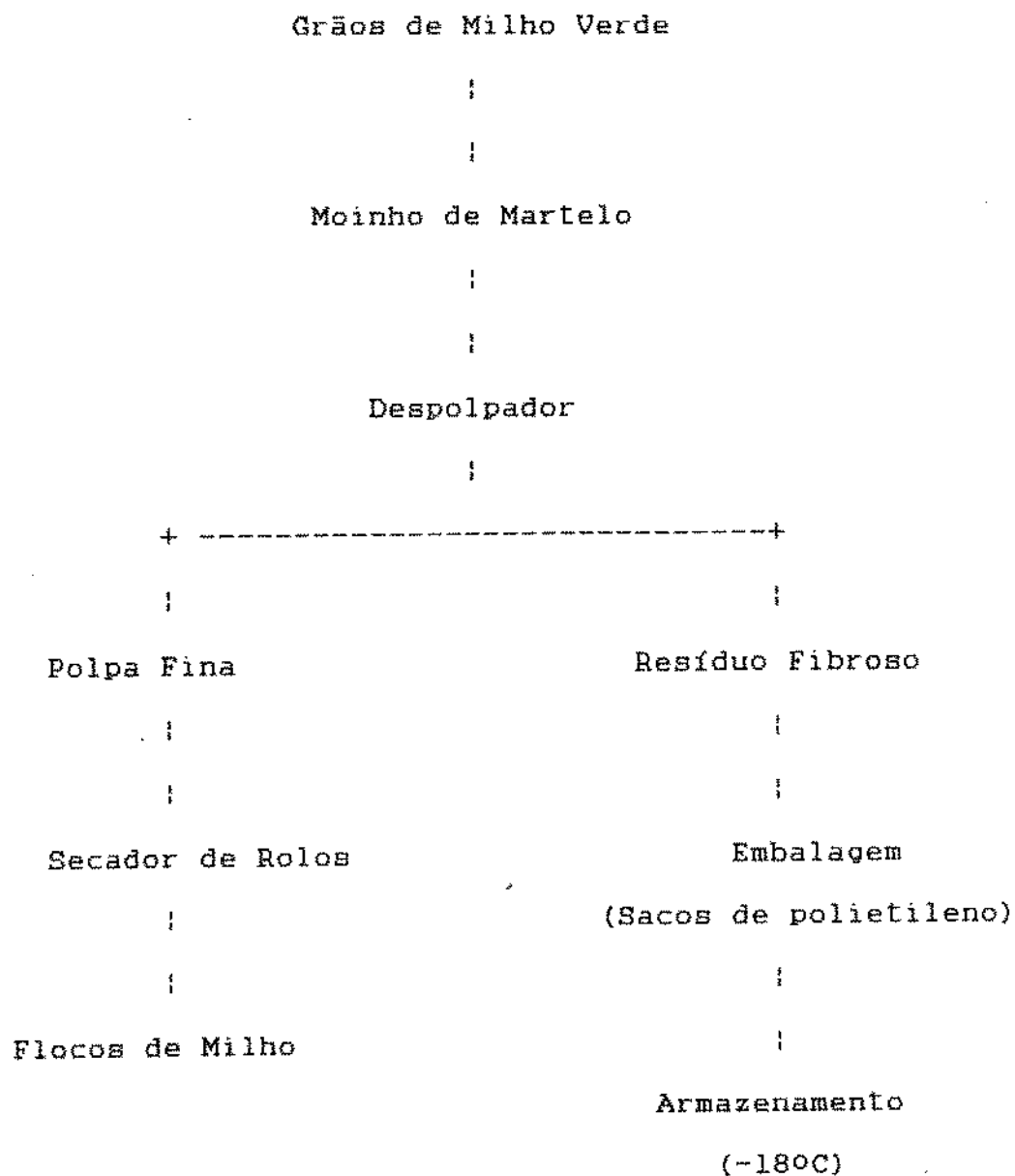


Figura 1 - Etapas do processamento de milho verde para obtenção de flocos.

Nos primeiros testes os biscoitos obtidos apresentaram sabor residual amargo. O resíduo fibroso foi, então, submetido a extrações sucessivas com água até que o líquido resultante da lavagem se apresentou límpido. Para se verificar a eficiência dessa operação na eliminação dos compostos responsáveis pelo sabor amargo, realizou-se um teste sensorial de diferença, do tipo pareado direcional, utilizando-se amostras de resíduo lavado e não lavado.

2.1 Aplicação do teste sensorial de diferença

Para a avaliação do resíduo fibroso, procedeu-se da seguinte maneira:

2.1.1 Preparo da amostra

O material lavado (B) e o não lavado (A), após secagem e moagem, foram diluídos com água na proporção de 1:4 (p/v) e aquecidos por dez minutos em banho de água fervente, de modo a obter-se um creme. Após o preparo, os cremes foram colocados em béquers de 50 ml, codificados e conservados em banho-maria.

2.1.2 Avaliação sensorial

Dez provadores foram convocados, sendo sete mulheres e três homens. Cada um dirigiu-se a uma cabine, onde havia dois pares de amos-

tra dispostas na seguinte ordem A B e B A. A Figura 2 apresenta o modelo de ficha de instrução utilizada neste teste.

3. Caracterização do resíduo fibroso de milho

O resíduo fibroso armazenado na câmara frigorífica foi descongelado, extraído com água, conforme mencionado em 2, secado em Secador de Bandejas com circulação de ar a 60°C, moído em Moído de Martelo, embalado em sacos de polietileno e armazenado a 22°C.

Este resíduo foi caracterizado quimicamente através das seguintes análises:

3.1 Proteína bruta

Foi determinado o teor de nitrogênio total através do método semi-micro-Kjeldahl, procedimento 46-12 da AACC(1976), utilizando-se como catalizadores sulfato de cobre, sulfato de potássio e dióxido de titânio. Multiplicou-se o valor do nitrogênio pelo fator 6,25 para obtenção do teor de proteína.

Figura 2 - Modelo de ficha de instrução para o teste pareado direcional.

TESTE PAREADO DIRECIONAL

Nome: _____ Data: _____

Instruções: Dentro de cada par, faça um círculo na amostra com SABOR mais AMARGO.

Lave a boca entre as amostras. Procure dar uma opinião na primeira tentativa.

Se detectar sabor estranho, faça comentários.

1	<u>304</u>	<u>905</u>
2	<u>547</u>	<u>130</u>

3.2 Lipídios

A dosagem de lipídios foi feita segundo o método 30-25 da AACC (1976), por extração no aparelho Goldfish, durante duas horas, usando-se éter de petróleo como solvente.

3.3 Umidade

Determinou-se o teor de umidade de acordo com o procedimento 14.004 da AOAC (1975), sendo que as amostras foram colocadas em estufa a 100-105°C durante, aproximadamente seis horas.

3.4 Cinza

O teor de cinza foi obtido segundo o procedimento 14.006 da AOAC (1975).

3.5 Fibra

Para a dosagem de fibra foram utilizados os métodos de fibra detergente neutro (VAN SOEST e WINE, 1967) e fibra detergente ácido (VAN SOEST, 1963). O teor de lignina foi determinado submetendo-se o resíduo do método de detergente ácido a um tratamento com ácido sulfúrico 72% (VAN SOEST, 1963).

Nestas análises foram utilizados cadinhos Gooch com lã de vidro em substituição aos cadinhos de vidro com filtro poroso, conforme propostos no método original, pois com a utilização dos primeiros obteve-se uma filtração mais rápida e eficiente, como também, resultados mais reproduzíveis.

4. Propriedades físico-químicas do resíduo fibroso

4.1 Granulometria

A granulometria do resíduo fibroso foi medida através de peneiragem usando-se um agitador Produtest nas seguintes condições de operação:

- peneiras de 14, 28, 35, 48 e 65 mesh

- quantidade de amostra = 200,0 g

- tempo = 20 minutos

O conteúdo das peneiras foi pesado para se verificar o quanto ficou retido em cada uma, em relação ao peso total de amostra.

4.2 Densidade aparente

A densidade aparente do resíduo fibroso foi observada colocando-se determinada quantidade do mesmo numa proveta, previamente pesada, até completar o volume de 100 ml, e pesando-se o seu conteúdo (PARROTT e THRALL, 1978).

4.3 Capacidade de hidratação

A capacidade de hidratação do resíduo fibroso foi determinada através do método desenvolvido por QUINN e PATON (1979), utilizando-se centrífuga a 1400xG por vinte minutos.

5. Efeito do resíduo fibroso na utilização de proteína

O efeito do resíduo fibroso na utilização de proteína foi verificado através do ensaio biológico descrito a seguir:

5.1 Animais utilizados

Para a realização do ensaio biológico, foram utilizados vinte e quatro ratos Wistar, machos, recém-desmamados, com idade de aproximadamente vinte e um dias. Os animais foram distribuídos em três grupos, marcados e colocados em gaiolas coletivas de ferro esmaltado, onde permaneceram por um período de vinte e quatro dias consumindo água e dieta ad libitum. Após o vigésimo quarto dia, os ratos foram mantidos em gaiolas metabólicas por quatro dias, para possibilitar a observação do consumo de dieta e a coleta de fezes individuais.

5.2 Preparo das dietas

As dietas foram preparadas variando-se apenas o teor de fibra, proveniente do resíduo fibroso de milho, e utilizando-se como fonte de proteína a caseína. A composição da dieta encontra-se na Tabela 2 enquanto que as Tabelas 3 e 4 apresentam as composições das misturas salina e vitamínica acrescentadas às dietas.

Tabela 2 - Composição das dietas utilizadas no ensaio biológico.

INGREDIENTES	DIETAS		
	I (controle)	II	III
Proteína % (*)	20	20	20
Óleo de milho %	10	10	10
Mistura salina %	5	5	5
Mistura vitamínica %	2	2	2
Fibra fornecida pelo resíduo fibroso de milho % (**)	1	5	10
- Amido de milho 75%			
Carboidratos :	Quantidade suficiente para completar a ração		
- Sacarose 25%			

(*) % proteína = %N x 6,25. O teor de proteína quando determinado analiticamente foi de 20,4%, 20,7% e 20,0% para as dietas I, II e III, respectivamente.

(**) O teor de fibra nas dietas foi determinado posteriormente através do método de detergente neutro com pré-tratamento com enzima alfa-amilase, obtendo-se 1,1%, 5,7% e 11,5% para as dietas I, II e III, respectivamente.

Tabela 3 - Composição da mistura salina (ROGERS e HARPER, 1965).

COMPONENTES	g
Molibdato de amônio $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,003
Carbonato de cálcio CaCO_3	29,290
Fosfato de cálcio CaHPO_4	0,430
Sulfato cúprico CuSO_4	0,156
Citrato férrico $\text{Fe}^{+3} + (\text{C}_6\text{H}_8)_7 \cdot \text{H}_2\text{O})_n$	0,620
Sulfato de magnésio $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	9,980
Sulfato de manganês $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,121
Iodeto de potássio KI	0,0005
Fosfato de potássio K_2HPO_4	34,310
Cloreto de sódio NaCl	25,060
Selenito de sódio Na_2SeO_3	0,002
Cloreto de Zinco ZnCl_2	0,020

Tabela 4 - Composição da mistura vitamínica (NBC,1977 e 1978).

COMPONENTES	mg (*)
Vitamina A	90.000
Vitamina D	10.000
Biotina	2,0
Vitamina E	500,0
Vitamina K	225,0
Vitamina B6	100,0
Vitamina B12	0,13
Inositol	500,0
Niacina	450,0
Riboflavina	100,0
Cloridrato de tiamina	100,0
Acido fólico	9,0
Pantotenato de cálcio	300,0
Acido p-aminobenzóico	500,0
Cloridrato de colina	7.500
Acido ascórbico	4.500
Dextrose para 100 g (**)	85.2213,9

(*) Exceto para vitaminas A e D, que estão em unidades internacionais

(**) Utilizou-se sacarose como veículo, em vez de dextrose.

5.3 Determinações de proteína e fibra detergente neutro nas dietas

O teor de proteína nas dietas foi determinado conforme mencionado em 3.1.

Determinou-se, também, o teor de fibra na dieta pelo método de detergente neutro. Como as amostras continham elevado teor de amido, foi necessário introduzir um pré-tratamento com enzima α -amilase, para a hidrólise do mesmo, a fim de obter-se valores de fibra detergente neutro mais próximos do real. A dosagem foi baseada no método de McQUEEN e NICHOLSON (1979), utilizando-se um preparado líquido de enzimas da NOVO INDUSTRI DO BRASIL, Termamyl, que contém α -amilase termoestável obtida de *Bacillus licheniformes*, no lugar de enzima proveniente de *Bacillus subtilis*, proposta por estes autores. Para o pré-tratamento da amostra adicionou-se 10 ml de água destilada a cerca de 0,5 g de amostra por 1 minuto ou até ferver, a fim de gelatinizar o amido para facilitar a ação da enzima. Acrescentou-se 30 ml de solução-tampão (pH 7) e 0,2 ml de enzima, aqueceu-se em banho-maria a 90°C por 6 minutos e seguiu-se conforme o método de detergente neutro. Para se estabelecer o tempo de hidrólise, a temperatura e a quantidade de enzima ideais testou-se, previamente, um padrão contendo 0,5 g de amido no lugar da amostra. A hidrólise do amido foi verificada através de teste com iodo.

5.4 Pesagem dos ratos e das dietas

O ganho de peso dos ratos e a quantidade de ração consumida por eles foram verificados a cada quatro dias durante os vinte e oito dias do ensaio, sendo que no período em que os ratos permaneceram em gaiolas coletivas foram obtidos os dados referentes ao consumo médio de dieta para cada grupo, enquanto que nos últimos dias do ensaio foi observado o consumo de dieta individual.

5.5 Coleta e pesagem das fezes

As fezes de cada grupo foram coletadas a cada quatro dias, até o vigésimo quarto dia, quando então foram coletadas individualmente por quatro dias. Esse material foi seco em estufa a 100°C por 24 horas, pesado, homogeneizado e conservado a -18°C para análise posterior.

5.6 Determinação de Digestibilidade Aparente da proteína

Determinou-se o teor de nitrogênio fecal pelo método de semimicro-Kjeldahl, descrito em 3.1, para cada grupo em cada período, com o objetivo de se verificar se ocorria mudança na Digestibilidade Aparente da proteína com o tempo de experimento. O mesmo método foi utilizado

para determinação de nitrogênio total das fezes individuais coletadas no último período do ensaio.

Através dos valores obtidos para o nitrogênio ingerido e o excretado nas fezes calculou-se a Digestibilidade Aparente da proteína (DAP) da seguinte maneira:

$$\text{DAP (\%)} = \frac{\text{N ingerido (g)} - \text{N fecal (g)}}{\text{N ingerido (g)}} \times 100$$

5.7 Coleta de urina

No último período do ensaio, a urina de cada rato foi coletada em frascos contendo 1 ml de ácido clorídrico concentrado, para conservação do material, sendo que cada amostra foi diluída a 100 ml com água destilada e armazenada em geladeira a 4°C para análise posterior.

5.8 Determinação do Valor Biológico Aparente da proteína

Determinou-se o teor de nitrogênio urinário pelo método semimicro-Kjeldahl, mencionado em 3.1, nas amostras coletadas conforme descrito acima.

Através dos valores de nitrogênio ingerido, nitrogênio fecal e nitrogênio urinário calculou-se o Valor Biológico Aparente da proteína (VBAP) da seguinte maneira:

$$\text{VBAP (\%)} = \frac{(\text{N absorvido (g)} - \text{N urinário (g)})}{\text{N absorvido (g)}} \times 100$$

onde : N absorvido = N ingerido - N fecal

5.9. Determinação da Utilização Líquida da Proteína (NPU)

A Utilização Líquida da Proteína (NPU) foi determinada da seguinte maneira:

$$\text{NPU (\%)} = \frac{(\text{N absorvido (g)} - \text{N urinário (g)})}{\text{N ingerido (g)}} \times 100$$

6. Determinação do grau de Digestibilidade da fibra do resíduo fibroso

Para a verificação de grau de Digestibilidade da fibra do material em estudo, foi determinado o teor de fibra detergente neutro nas fezes dos ratos submetidos ao ensaio biológico descrito anteriormente, para cada grupo, no último período.

Desta forma, através dos valores médios obtidos para a quantidade de fibra ingerida e excretada por cada grupo foi possível comparar o grau de Digestibilidade da fibra do resíduo fibroso para as três dietas utilizadas.

7. Interferência da fibra do resíduo fibroso de milho na absorção de minerais

A possível interferência do resíduo fibroso de milho na absorção de minerais foi avaliada através das determinações de cálcio e magnésio nas dietas e fezes obtidas durante o ensaio biológico descrito anteriormente. As dosagens de cálcio e magnésio excretados foram feitas nas fezes do último período do ensaio para cada grupo, utilizando-se o método desenvolvido por ANGELUCCI e MANTOVANI (1984).

Foi realizado outro ensaio biológico com o objetivo de se avaliar também a interferência da fibra na absorção de ferro e zinco. Para esse fim, foram utilizados dez ratos Wistar, nas mesmas condições apresentadas na descrição do primeiro ensaio, sendo que, neste caso, os animais foram distribuídos em dois grupos e colocados em gaiolas metabólicas de aço inóx, onde permaneceram por dez dias em adaptação e cinco para coleta de fezes. Utilizou-se a mesma composição para as dietas da Tabela 2, com a diferença de que a dieta I apresentou um teor de proteína de 20,4% e de fibra detergente neutro de 1,2 %, enquanto que a dieta II continha 20,3% de proteína e 13,1% de fibra de detergente neutro. A quantidade de ração consumida foi observada durante todo o ensaio, enquanto que o ganho de peso foi verificado no décimo e no décimo quinto dias do mesmo. As fezes foram recolhidas individualmente durante os últimos cinco dias, sendo secas em estufa a 100°C por 24 horas, pesadas, homogeneizadas e conservadas a -18°C até o momento de serem submetidas às análises.

Foram determinados os teores de cálcio e magnésio nas dietas e nas fezes por titulometria com EDTA, enquanto que os teores de ferro e zinco foram dosados por espectrofotometria de absorção atômica, segundo a metodologia descrita por ANGELUCCI e MANTOVANI (1984). As amostras submetidas às dosagens de cálcio e magnésio necessitaram de um pré-tratamento, a fim de eliminar a interferência dos íons fosfato, o qual consistiu na passagem das mesmas por uma resina trocadora de íons (Amberlite OH), conforme recomendação dos referidos autores.

8. Medida do Tempo de Trânsito Intestinal

Com o objetivo de verificar o efeito do resíduo fibroso no Tempo de Trânsito Intestinal, foi realizado um ensaio biológico, no qual foram utilizados dezoito ratos Wistar, adultos, machos, com peso médio inicial em torno de 129 g. Esses animais foram distribuídos em três grupos e colocados em gaiolas individuais com as respectivas dietas, cuja composição foi a mesma da apresentada na Tabela 2, sendo que, neste caso, os teores de fibra detergente neutro encontrados para as dietas I, II e III foram de 0,8%, 4,9% e 10,7%, respectivamente. Observou-se o peso dos ratos no primeiro e no vigésimo primeiro dia do ensaio, quando então foram colocados em jejum por dezessete horas. Terminado este período, forneceram-se a cada rato 2,5 g de dieta contendo 5 mg de corante Azul Brilhante (C.I. 1971:42090) por 1 hora. As sobras foram retiradas e pesadas e recolocou-se a dieta normal (sem corante). Foi verificado o tempo decorrido entre a ingestão da dieta contendo o corante e o aparecimento das primeiras fezes coloridas.

Além disso, as fezes foram coletadas em intervalos de tempo que variaram de 4,5 a 14 horas, até findarem as fezes coloridas. Estas foram secas a 70°C por 48 horas, em estufa, pesadas e moídas. O corante presente nas fezes e nas dietas foi quantificado extraíndo-se amostras de 0,1 g com cerca de 10 ml de água destilada, por duas horas em banho-maria a 70°C, sob agitação. O material foi diluído até volume conhecido e filtrado em papel de filtro Whatman nº1. A quantificação do corante foi obtida em relação a uma curva padrão preparada com so-

luções de Azul Brilhante de concentração conhecida e a leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 630 nm. A Figura 3 mostra as curvas de absorbância em função do comprimento de onda para as soluções de dieta com corante Azul Brilhante, corante puro, fezes coloridas e fezes normais. Essas curvas foram obtidas para se determinar o comprimento de onda em que ocorria maior absorção de luz pelo corante. Pela Figura 3 observa-se que o corante, apresentou absorção de luz máxima a 630 nm e que a cor das fezes não interferiu na absorção neste comprimento de onda.

9. Preparo de biscoito com alto teor de fibra

Partindo-se de uma formulação básica de biscoito, procurou-se obter um produto com a máxima quantidade de fibra possível e com o mínimo de gordura e de açúcar e que, ao mesmo tempo, apresentasse boa palatabilidade.

Foram testadas variações quanto aos teores de gordura vegetal hidrogenada, açúcar (sacarose), farinha de trigo e resíduo fibroso e observou-se o efeito da adição de ovos inteiros e de gemas.

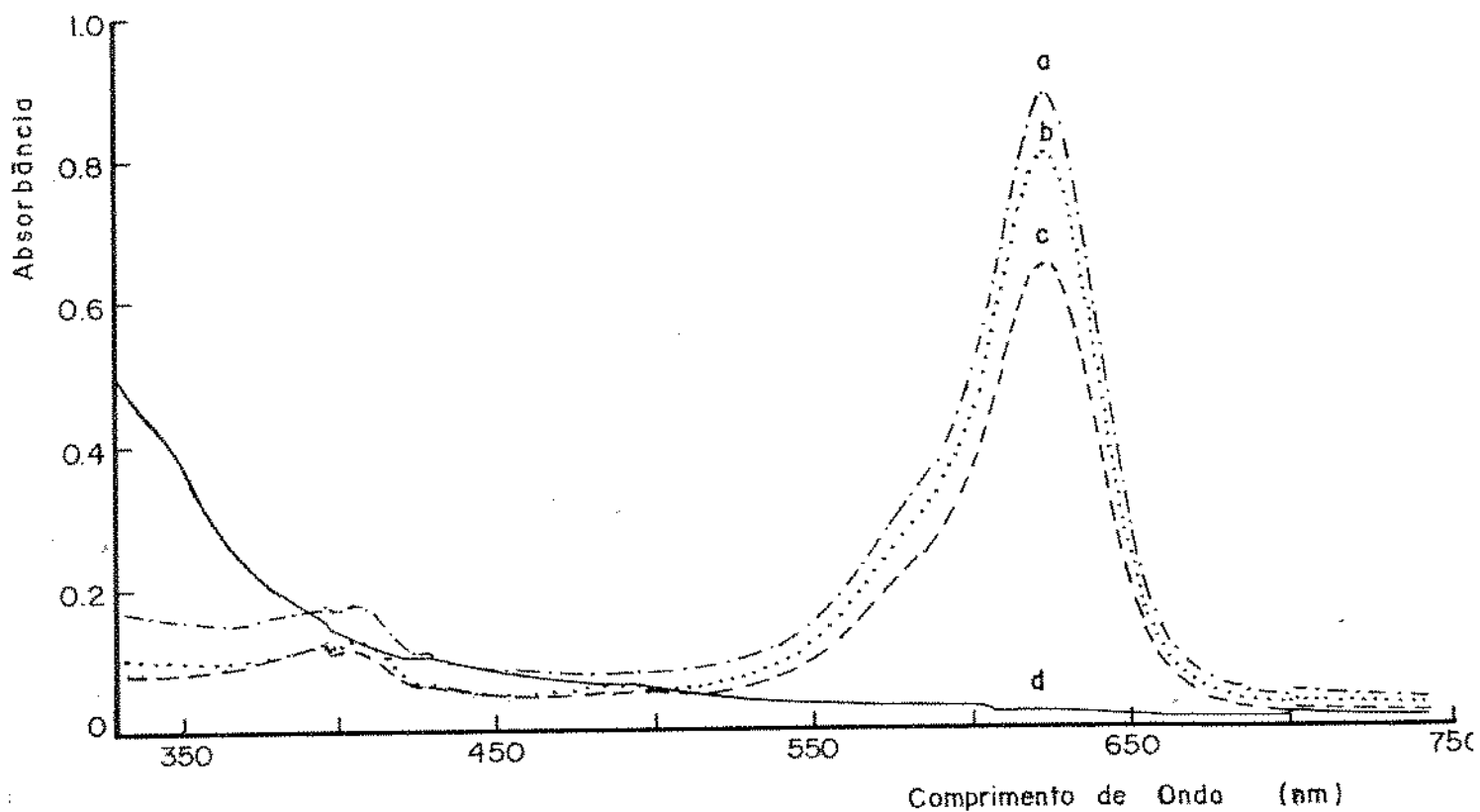


Figura 3 - Curvas de absorvância em função do comprimento de onda para as soluções de dieta com corante Azul Brilhante (a), corante puro (b), fezes coloridas (c) e fezes normais (d).

Adotou-se a formulação I, apresentada na Tabela 5 e o método de creme de dois estágios para o preparo dos biscoitos. Inicialmente, foram misturados a gordura vegetal hidrogenada, o açúcar e as gemas, deixando-se bater por 1 minuto em batedeira elétrica. Adicionou-se, aos poucos, a farinha de trigo previamente misturada com o resíduo fibroso intercalando-se com a água, batendo-se por 5 minutos. Os biscoitos foram assados a 200°C por aproximadamente 8 minutos.

A formulação I foi melhorada, em termos tecnológicos, adicionando-se os ingredientes apresentados na Tabela 5 (formulação II). Os biscoitos foram preparados misturando-se a gordura vegetal hidrogenada derretida com o açúcar, a lecitina de soja, as gemas e o malte por 1 minuto em batedeira. Adicionou-se ao creme obtido, a farinha de trigo misturada com o resíduo fibroso, intercalando-se com ácido cítrico, bicarbonato de sódio, bicarbonato de amônia e água, batendo-se por 5 minutos em batedeira elétrica. A massa foi esticada em tabuleiro de 0,4 cm de espessura e fez-se os biscoitos utilizando-se molde de 4,0 cm de diâmetro. Os biscoitos foram assados a 200°C por aproximadamente 8 minutos e avaliados quanto às suas características tecnológicas. Esta formulação foi testada em planta piloto (Cia. Campineira de Alimentos - Campinas/SP), sendo que o teor de água foi aumentado em 50%. Para o batimento do creme e da massa utilizou-se um misturador vertical de duas hastes, no qual os ingredientes foram homogeneizados durante 3 e 19 minutos, respectivamente. Foi utilizada a linha de produção de biscoito amanteigado, onde os biscoitos foram formados por corte em rolos e assados em forno contínuo com temperaturas inicial, média e final de 260°C, 248°C e 280°C, respectivamente, durante 3,6 minutos.

Tabela 5 - Formulações de biscoitos contendo resíduo fibroso de milho.

INGREDIENTES	% em relação ao peso da farinha de trigo	
	FORMULAÇÃO I	FORMULAÇÃO II
Resíduo fibroso de milho	100	100
Açúcar	80	80
Gordura vegetal hidrogenada	60	60
Gema de ovo	30	30
Água	40	40
Malte	--	2,0
Lecitina de soja	--	0,75
Bicarbonato de sódio	--	1,0
Bicarbonato de amônia	--	0,8
Ácido cítrico	--	0,5

10. Caracterização química do biscoito de fibra de milho

Foram realizadas as dosagens de proteína bruta, lipídios, umidade, cinza e fibra segundo os métodos descritos em 3.1; 3.2; 3.3; 3.4 e 5.3, respectivamente, para os biscoitos obtidos através da formulação I (Tabela 5).

11. Características tecnológicas do biscoito

Os biscoitos obtidos (no laboratório e na planta piloto) conforme descrito no item 9 (formulação II) foram submetidos à avaliação das seguintes características tecnológicas:

11.1. Teor de água evaporada

O teor de água evaporada foi obtido através dos pesos dos biscoitos antes e após o cozimento.

11.2. Taxa de expansão do biscoito

Após o resfriamento, o diâmetro e a espessura dos biscoitos foram medidos com paquímetro. A relação entre essas medidas fornece a taxa de expansão do biscoito.

11.3 Tensão de cisalhamento

Com o objetivo de se avaliar a textura do biscoito, utilizou-se o aparelho "Instron Universal Testing Machine" nas seguintes condições: velocidade do pistão = 5 cm/min e velocidade do papel = 10cm/min. A medida foi realizada após 24 horas do preparo dos biscoitos.

12. Avaliação sensorial

A formulação definitiva (formulação II), obtida no laboratório, conforme descrito no item 9, foi avaliada sensorialmente, realizando-se um teste de aceitação com 128 pessoas, através do uso de escala hedônica de nove pontos. O modelo de ficha utilizado encontra-se na Figura 4.

Figura 4 . Modelo de ficha para aplicação do teste sensorial de aceitação: Escola Hedônica.

Nome: _____ Idade : _____ Data: _____

Instruções: Você está recebendo um biscoito com alto teor de fibra, recomendada para pessoas portadoras de constipação intestinal; portanto, trata-se de um produto com finalidade essencialmente terapêutica. Após prová-la, usando a escala abaixo marque com um X o valor que corresponde a quanto você gostou ou desgostou. Comentários e sugestões sobre o produto serão bem-vindos. Após o teste, responda às questões que o seguem.

1. Desgostei muitíssimo
2. Desgostei muito
3. Desgostei moderadamente
4. Desgostei ligeiramente
5. Indiferente
6. Gostei ligeiramente
7. Gostei moderadamente
8. Gostei muito
9. Gostei muitíssimo

Comentários: _____

Sugestões: _____

Questões

1. Costuma ter constipação intestinal?

_____ Sim _____ Não

2. Em caso afirmativo, consumiria este produto diariamente, se o mesmo fosse recomendado para o tratamento da constipação intestinal?

13. Efeito do biscoito em indivíduos portadores de constipação intestinal crônica

Biscoitos, preparados conforme descrito no item 9 (formulação I), foram fornecidos a oito voluntários, servidores do Hospital das Clínicas da UNICAMP, diagnosticados como portadores de constipação intestinal crônica, sem qualquer outra patologia gastrointestinal.

O diagnóstico de constipação intestinal foi realizado por gastroenterologistas do referido hospital, segundo os critérios de KINGMA et alii (1981), ou seja, exoneração a cada quatro dias ou mais, ou eliminação de fezes extremamente sólidas e de pequeno volume, ou ainda, sensação de esvaziamento incompleto após a defecação.

Os voluntários foram submetidos a dois tipos de dietas, ambas por sete dias, sendo que na primeira semana consumiram dieta normal e na segunda a mesma dieta acrescida de cerca de 100 g de biscoito/dia, em substituição ao pão, o que correspondia a um consumo adicional de, aproximadamente, 22 g/dia de fibra (detergente neutro). Os indivíduos foram instruídos a manterem-se dentro de dieta constante e sem o uso de laxantes. As fezes foram coletadas nos dois períodos em sacos plásticos, os quais foram colocados em latas com tampa e guardados em geladeira a 4°C. Observou-se durante o experimento o número de evacuações diárias dos voluntários. As fezes foram pesadas, homogeneizadas e dosadas quanto ao teor de umidade (AOAC, 1976). As fezes secas foram dosadas com relação ao teor de fibra, pelo método de detergente neutro (VAN SOEST e WINE, 1967).

14. Tratamento estatístico

Para análise estatística dos dados obtidos na avaliação sensorial do resíduo fibroso, utilizou-se a tabela recomendada por ROESSLER et alii (1978).

Os dados obtidos para ganho de peso, consumo de dieta, peso fecal, Digestibilidade Aparente, Valor Biológico Aparente e Utilização Líquida da Proteína foram avaliados estatisticamente através de Análise de Variância e Teste de TUKEY para estabelecer as diferenças significativas (COCHRAN e COX, 1975). As curvas de crescimento (ganho de peso em função do tempo) foram obtidas através de ajuste pelo método de mínimos quadrados.

Na análise estatística dos dados obtidos para o tempo de trânsito intestinal aplicou-se o teste de Fischer (BOX et alii, 1978), para detectar diferenças entre os grupos, considerando o tempo inicial, quando ocorreu o primeiro aparecimento de fezes coloridas e o tempo de trânsito intestinal 50 (TTI 50), tempo em que 50% do corante consumido foi excretado.

Na verificação do efeito terapêutico do biscoito os valores obtidos para o número de defecações, o peso fecal e os teores de umidade e de fibra detergente neutro nas fezes foram comparados e analisados estatisticamente pelo Teste T de Student, para dados emparelhados (BOX et alii, 1978).

15. Aparelhos e equipamentos utilizados

- Agitador-aquecedor Fanem 258
- Balança analítica Sauter 414
- Balança semi-analítica Mettler P 1200
- Centrífuga Fanem 204 NR
- Classificador de tamanho equipado com 6 peneiras Produtest
- Despoldador Bertuzzi 147
- Destilador de proteínas
- Digestor Sarge Aparelhos Científicos Ltda.
- Espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer 5000
- Espectrofotômetro Micronal B 29511
- Estufa de secagem Fanem 315 SE
- Extrator Goldfish Lab Con Co 3500 M
- Forno elétrico Layr
- Instron Universal Testing Machine.
- Moinho Martelo Máquina Tigre SP Tipo CV 2 nº 8356
- Mufla Forlabo
- Secador de Bandejas Fanem 330.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Aplicação do teste sensorial pareado direcional para o resíduo fibroso de milho

Dos vinte julgamentos obtidos no teste sensorial pareado direcional, dezoito apontaram a amostra A como sendo a mais amarga, o que significa, segundo a análise estatística, que houve diferença significativa entre as amostras ao nível de 0,1%. Portanto, conclui-se que a lavagem do resíduo fibroso com água possibilitou a retirada da maioria dos componentes responsáveis pelo sabor amargo.

2. Composição química do resíduo fibroso

Os dados sobre a composição química do resíduo fibroso de milho estão apresentados na Tabela 6. Conforme era esperado, o material estudado apresentou elevado teor de fibra detergente neutro (celulose, hemicelulose e lignina) e baixo conteúdo de proteína, cinza e lipídios. Resultados semelhantes foram encontrados por SHAFER e ZABIK (1978) para farelo de milho obtido por moagem a seco.

Comparando-se o teor de fibra detergente neutro encontrado no resíduo fibroso de milho com os citados na literatura para farelos de milho, observa-se que nem sempre há concordância, o que pode ser devido às diferenças nos processos de obtenção e no grau de purificação dos mesmos e no estágio de maturação do milho. Com relação aos teores de fibra detergente ácido e lignina, os valores obtidos foram semelhantes àqueles encontrados por RASPER (1979) e SCHALLER (1977) para farelos de milho e por HELLER et alii (1977) para pericarpo de milho.

Durante o processo de obtenção, conforme já mencionado, o resíduo fibroso de milho foi submetido a uma extração intensa com água, de tal forma que grande parte dos sólidos solúveis, inclusive a fração fibrosa solúvel em água, deve ter sido removida. Além disso, os dados publicados na literatura indicam que essa fração é muito pequena no farelo de milho (RASPER, 1979). Assim, considerou-se que o valor encontrado para a fibra detergente neutro no resíduo corresponde ao seu teor de fibra dietética total, uma vez que o mesmo deve conter apenas a fração fibrosa insolúvel em água, a qual foi determinada pelo método adotado.

3. Componentes da fibra do resíduo fibroso

A partir dos valores encontrados para fibra detergente neutro, fibra detergente ácido e lignina, pode-se estimar a quantidade de cada componente da fibra do resíduo fibroso de milho. Esses resultados en-

contram-se na Tabela 7, na qual pode-se verificar que o principal componente encontrado no resíduo fibroso foi hemicelulose, seguida da celulose, representando 67,9% e 31,4% da fibra detergente neutro, respectivamente. A lignina foi o menor componente encontrado, correspondendo a apenas 0,7% da fibra detergente neutro. Os dados obtidos assemelham-se aos valores reportados por MONGEAU e BRASSARD (1982) para fibra de cereais.

4. Propriedades físico-químicas

4.1. Granulometria

A Tabela 8 contém os dados obtidos para a granulometria do resíduo fibroso, onde se observa que a maior parte do resíduo ficou retida na peneira de 28 mesh, seguida da peneira de 35 mesh. Observa-se que o resíduo fibroso não apresentou granulometria uniforme, possivelmente devido ao tipo de moinho utilizado para moagem do mesmo.

4.2. Densidade aparente

O valor encontrado para a densidade aparente do resíduo fibroso de milho foi de 0,44 g/ml. PARROTT e THRALL (1978) encontraram para fare-

Tabela 6 - Composição química do resíduo fibroso de milho.

COMPONENTES (*)	%
Umidade	7,26
Proteína	6,07
Cinza	0,94
Lipídios totais	2,53
FDN	72,70
FDA	23,34
LIG	0,50

(*) FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido;
LIG = lignina

Tabela 7 - Principais componentes da fibra do resíduo fibroso de milho

COMPONENTES	% (base úmida)
Hemicelulose	49,36
Celulose	22,84
Lignina	0,50

Tabela 8 - Distribuição percentual dos tamanhos de partícula do resíduo fibroso de milho.

Mesh	Abertura (mm)	Fração (%)
14	1,19	0,38
28	0,59	43,14
35	0,42	28,08
48	0,297	9,49
65	0,210	10,48
fundo	---	8,41

lo de trigo da AACC (AACC Certified Food Grade Bran) e para celulose microcristalina da FNC Corporation (Avicel 591) densidades iguais a 0,509 g/ml e 0,807 g/ml, respectivamente.

4.3. Capacidade de hidratação

O valor obtido para a capacidade de hidratação do resíduo fibroso encontra-se na faixa de 5,2 a 5,4 ml de água/g de amostra. Ao analisarem a capacidade de hidratação do farelo de trigo da AACC, PARROTT e THRALL (1978), encontraram os valores de 5,70 g/g em pH e 7,30 g/g em pH 7,33, mostrando, portanto, a influência do pH na capacidade de absorção da água desta fonte de fibra. ROBERTSON e EASTWOOD (1981) analisaram um material semelhante, encontrando um valor para a capacidade de hidratação de 5,8 g/g. SOSULSKI e CADEN (1982), utilizando o método de QUINN e PATON (1979), encontraram para farelo de trigo comercial uma capacidade de hidratação de 3,15 g/g.

A capacidade de hidratação depende do tipo de fibra e de sua granulometria, além do método utilizado para a medida da mesma. HELLER et alii (1977) observaram que a redução do tamanho de partícula de farelo de trigo provocou uma diminuição significativa no teor de hemicelulose, constituinte grandemente responsável pelas características hidrofílicas do farelo e conseqüentemente de sua capacidade de hidratação. Os mesmos autores observaram, entretanto, que o tamanho da partícula não teve nenhum efeito nos valores de hemicelulose de pericarpo de milho purificado.

5. Efeito do resíduo fibroso na utilização de proteína

5.1. Ganho de peso

Na Tabela 9 encontram-se os dados obtidos para o ganho de peso dos ratos submetidos ao estudo do efeito do resíduo fibroso na utilização de proteína. Pode-se observar, através desses dados, que com o aumento do consumo de fibra ocorreu um decréscimo no ganho de peso dos animais e, ainda, que a diferença no ganho de peso entre os grupos aumentou com o tempo do experimento. A análise estatística dos dados indicou que existe diferença significativa, ao nível de 5%, com relação ao ganho de peso, apenas entre os grupos I e III. As equações das retas que representam o ganho de peso em função do tempo, com os respectivos coeficientes de correlação múltipla ao quadrado, foram $Y_I = -11,573 + 6,884X$ $R^2 = 0,998$; $Y_{II} = -8,435 + 6,554X$ $R^2 = 0,997$; $Y_{III} = -6,137 + 6,080X$ $R^2 = 0,999$, para os grupos I, II e III, respectivamente. KEIM e RIES (1979) também observaram um decréscimo no ganho de peso com o aumento do consumo de celulose e lignina, porém verificaram efeito contrário com o consumo de hemicelulose, o que, segundo os autores, sugere que os ratos utilizaram hemicelulose como fonte de energia.

Tabela 9 - Ganho de peso dos ratos, em gramas, durante o ensaio biológico.

GRUPOS	RATOS Nº	Ganho de Peso						
		1	2	3	4	5	6	7
I	1	20	46	74	101	131	161	202
	2	23	41	68	102	125	159	176
	3	23	47	86	120	148	175	211
	4	28	48	79	109	140	166	199
	5	18	31	49	76	109	146	161
	6	18	33	55	77	102	126	148
	7	22	43	68	98	120	152	178
	8	18	42	64	93	121	151	188
Média		21	41	68	97	125	155	183
II	9	26	59	91	126	158	196	238
	10	23	45	72	102	126	159	192
	11	23	40	65	88	108	133	162
	12	19	30	54	79	107	127	146
	13	22	50	78	114	137	165	203
	14	20	40	50	86	116	140	173
	15	25	45	66	87	108	136	164
	16	16	32	54	80	100	120	164
Média		22	43	68	95	120	147	180
III	17	15	42	69	93	117	141	161
	18	24	39	71	96	125	150	172
	19	26	48	81	113	143	170	196
	20	20	38	61	84	105	126	147
	21	17	32	56	80	102	123	143
	22	22	46	79	106	130	157	186
	23	21	40	54	71	90	116	153
	24	19	36	60	88	109	133	160
Média		21	40	66	91	115	140	165

Os valores dispostos nas colunas 1 a 7 correspondem ao ganho de peso observado a cada quatro dias. Os grupos I, II e III representam os animais que consumiram dietas contendo 1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra de detergente neutro, respectivamente.

5.2. Consumo da dieta

Os valores médios para a quantidade de dieta consumida por cada grupo em cada período encontram-se na Tabela 10, enquanto que a Tabela 11 apresenta os valores individuais para o consumo da dieta no último período. Os dados obtidos indicam que o consumo das dietas foi praticamente o mesmo para os três grupos estudados, apesar de conterem quantidades diferentes de fibra, não havendo diferença significativa.

5.3. Peso fecal

As tabelas 12 e 13 apresentam, respectivamente, os valores para o peso médio das fezes de cada grupo durante o período de experimento e o peso individual das fezes no último período. Pelos resultados obtidos, observa-se que houve pouca variação no peso fecal dentro de um mesmo grupo, ocorrendo, no entanto, um considerável acréscimo com o aumento do consumo do resíduo fibroso de milho, de tal forma que, em relação ao controle, o grupo II teve um aumento no peso fecal de 91,5% e o grupo III de 196,3%. Através da análise estatística verificou-se que, com relação ao peso fecal, existe diferença significativa entre os três grupos ao nível de 5%. NYMAN e ASP (1982) observaram um acréscimo de 152% no peso fecal para os ratos que consumiram dietas contendo 10% de farelo de trigo em relação a uma dieta controle, isenta de fibra.

Tabela 10 - Dieta consumida pelos ratos, em gramas, durante o ensaio biológico.

GRUPOS	PERÍODOS						
	1	2	3	4	5	6	7
I	31,94	39,29	46,76	56,59	64,48	70,34	70,59
II	31,97	39,29	46,67	55,19	59,72	67,97	72,88
III	32,28	40,37	48,87	54,61	60,04	66,01	68,14

Cada período corresponde a quantidade de dieta ingerida, por cada grupo durante quatro dias. Os grupos I, II e III representam os animais que consumiram dietas contendo, 1,1%, 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Tabela 11 - Consumo individual de dieta no último período. (*)

GRUPOS	Ratos Nº	Dieta ingerida (g)
I	1	72,7
	2	66,5
	3	78,8
	4	77,7
	5	65,1
	6	60,9
	7	69,4
	8	73,6
Média		70,6
II	9	88,3
	10	77,6
	11	64,4
	12	65,4
	13	80,1
	14	66,5
	15	69,6
	16	71,1
Média		72,9
III	17	68,2
	18	72,5
	19	75,5
	20	61,0
	21	64,2
	22	74,8
	23	69,1
	24	59,8
Média		68,1

(*) O último período corresponde aos últimos quatro dias do ensaio biológico. Os grupos I, II e III representam os animais que consumiram dietas contendo 1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Tabela 12 - Excreção de fezes, em gramas, durante o ensaio biológico.

GRUPOS	PERÍODOS						
	1	2	3	4	5	6	7
I	2,27	1,53	2,00	2,59	2,06	2,69	2,70
II	4,06	3,09	4,23	3,65	3,57	4,78	5,17
III	6,70	6,07	7,05	7,65	6,25	7,80	8,00

Cada período corresponde à quantidade de fezes excretadas por cada grupo durante quatro dias. Os grupos I, II e III representam os animais que consumiram dietas contendo 1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Os valores estão apresentados em base seca.

Tabela 13 - Excreção das fezes no último período. (*)

GRUPOS	Ratos Nº	Peso das fezes (g)
I	1	3,00
	2	2,39
	3	3,12
	4	3,27
	5	2,45
	6	2,00
	7	2,47
	8	2,88
Média		2,70
II	9	6,39
	10	5,30
	11	4,52
	12	3,43
	13	6,55
	14	5,15
	15	4,52
	16	5,48
Média		5,17
III	17	8,54
	18	9,08
	19	9,60
	20	5,59
	21	6,57
	22	9,86
	23	8,14
	24	6,57
Média		8,00

(*) O último período corresponde aos últimos quatro dias do ensaio biológico. Os grupos I, II e III representam os animais que consumiram dietas contendo 1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Os valores estão apresentados em base seca.

5.4. Digestibilidade Aparente da proteína

Nas Tabela 14 e 15 estão apresentados, respectivamente, os valores médios para a Digestibilidade Aparente da proteína de cada grupo, do primeiro ao sexto período e os valores individuais no último período. Também são encontrados os valores de nitrogênio fecal, nitrogênio ingerido e nitrogênio absorvido. Observa-se, através dos mesmos, que ocorreu um aumento na excreção de nitrogênio fecal com o aumento do teor de resíduo fibroso na dieta, enquanto que o nitrogênio ingerido, praticamente, não variou entre os três grupos. Isso acarretou um decréscimo no nitrogênio absorvido e, conseqüentemente, na digestibilidade aparente da proteína, sendo que, neste caso, as diferenças foram significativas ao nível de 5%. Outros autores, utilizando fontes de fibra diferentes, verificaram efeito semelhante (KEIM e KIES, 1979; NOMANI et alii, 1979). Ainda, a análise estatística dos dados apresentados na Tabela 14 indicou que não houve diferença significativa entre os períodos observados para um mesmo grupo.

5.5. Valor Biológico Aparente da proteína

Os valores de nitrogênio absorvido, nitrogênio urinário, como também, o Valor Biológico Aparente da proteína encontram-se na Tabela 16. Os dados relativos ao nitrogênio urinário mostram que os valores médios para cada grupo são semelhantes, embora haja variação entre os

Tabela 14 - Valores de nitrogênio fecal, nitrogênio ingerido, nitrogênio absorvido e Digestibilidade Aparente da Proteína (DAP) do primeiro ao sexto período do ensaio biológico.

GRUPOS	PERIODOS	N fecal (g)	N ingerido (g)	N absorvido (g)	DAP (%)
I	1	0,098	1,041	0,942	90,58
	2	0,064	1,28	1,216	95,00
	3	0,077	1,52	1,443	94,93
	4	0,096	1,84	1,744	94,78
	5	0,091	2,10	2,004	95,67
	6	0,116	2,29	2,174	94,93
II	1	0,129	1,055	0,926	87,77
	2	0,101	1,30	1,199	92,23
	3	0,134	1,54	1,406	91,30
	4	0,117	1,82	1,703	93,57
	5	0,118	1,97	1,852	94,01
	6	0,153	2,24	2,087	93,17
III	1	0,163	1,033	0,870	84,22
	2	0,138	1,29	0,152	89,30
	3	0,139	1,56	1,421	91,09
	4	0,163	1,75	1,587	90,69
	5	0,161	1,92	1,759	91,61
	6	0,196	2,11	1,914	90,71

Cada período corresponde a quatro dias. Os grupos I, II e III representam os animais que consumiram dietas contendo, 1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Tabela 15 - Valores de nitrogênio fecal, nitrogênio ingerido, nitrogênio absorvido e Digestibilidade Aparente da Proteína (DAP) no último período (*).

GRUPOS	Ratos n ^o	N fecal (g)	N ingerido (g)	N absorvido (g)	DAP (%)
I	1	0,132	2,370	2,238	94,43
	2	0,109	2,168	2,059	94,97
	3	0,125	2,569	2,444	95,13
	4	0,126	2,533	2,407	95,03
	5	0,104	2,122	2,018	95,10
	6	0,091	1,985	1,894	95,42
	7	0,111	2,262	2,151	95,09
	8	0,126	2,399	2,273	94,75
Média		0,116	2,301	2,186	94,99
II	9	0,181	2,914	2,733	93,79
	10	0,183	2,561	2,378	92,85
	11	0,178	2,125	1,947	91,62
	12	0,082	2,158	2,076	96,20
	13	0,299	2,643	2,344	88,68
	14	0,173	2,195	2,022	92,12
	15	0,160	2,300	2,140	93,04
	16	0,198	2,346	2,148	91,56
Média		0,182	2,405	2,224	92,48
III	17	0,252	2,182	1,930	88,45
	18	0,256	2,320	2,064	88,97
	19	0,227	2,416	2,189	90,60
	20	0,173	1,952	1,779	91,14
	21	0,185	2,054	1,869	90,99
	22	0,213	2,394	2,181	91,10
	23	0,206	2,211	2,005	90,68
	24	0,204	1,914	1,710	89,34
Média		0,215	2,180	1,970	90,16

(*) O último período corresponde aos últimos quatro dias do ensaio biológico. Os grupos I, II e III representam os ratos que consumiram dietas contendo, 1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Tabela 16 - Valores de nitrogênio absorvido, nitrogênio urinário e Valor Biológico Aparente de Proteína (VBAP) no último período. (*)

GRUPOS	Ratos nº	N absorvido (g)	N urinário (g)	VBAP (%)
I	1	2,238	0,500	77,66
	2	2,059	0,525	74,50
	3	2,444	0,678	72,26
	4	2,407	0,457	81,01
	5	2,018	0,589	70,81
	6	1,894	0,467	75,34
	7	2,151	0,588	72,66
	8	2,273	0,438	80,73
Média		2,186	0,530	75,62
II	9	2,733	0,797	70,84
	10	2,378	0,629	73,55
	11	1,947	0,360	81,51
	12	2,076	0,358	82,76
	13	2,344	0,688	70,65
	14	2,022	0,462	77,15
	15	2,140	0,479	77,62
	16	2,148	0,542	74,77
Média		2,224	0,539	76,11
III	17	1,930	0,377	80,47
	18	2,064	0,456	77,91
	19	2,189	0,543	75,19
	20	1,779	0,361	79,71
	21	1,869	0,353	81,11
	22	2,181	0,505	76,85
	23	2,005	0,512	74,46
	24	1,710	0,362	78,83
Média		1,970	0,434	78,07

(*) O último período corresponde aos últimos quatro dias do ensaio biológico. Os grupos I, II e III representam os animais que consumiram dietas contendo 1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, respectivamente.

valores individuais. O Valor Biológico Aparente da proteína aumentou com o acréscimo de fibra na dieta, porém as diferenças não foram significativas, o que poderia indicar que, mesmo havendo uma perda maior de nitrogênio fecal com o aumento do consumo de fibra, os animais aproveitaram de forma semelhante o nitrogênio absorvido. Deve-se considerar também que, apesar das diferenças não serem significativas, os dados mostram uma tendência de melhora no aproveitamento do nitrogênio com o consumo de fibra. NYMAN e ASP (1982) observaram um decréscimo de 7,0% no Valor Biológico para os ratos que consumiram dieta contendo 10% de farelo de trigo, em relação a dieta controle isenta de fibra. Em ensaio realizado com humanos YU e MILLER (1981) verificaram que o consumo de 15 g de farelo de trigo por dia não afetou o balanço de nitrogênio.

5.6. Utilização Líquida da Proteína

Os valores obtidos para a Utilização Líquida da Proteína (NPU) encontram-se na Tabela 17. Este índice fornece uma medida da utilização global da proteína, ou seja, da interação entre a Digestibilidade e o Valor Biológico. Observa-se, através dos resultados obtidos, que houve pouca variação entre os grupos, sendo que não foram observadas diferenças significativas, o que indica que a proteína foi utilizada de forma semelhante pelos animais.

Tabela 17 - Valores para a Utilização Líquida da Proteína (NPU) no último período (*)

GRUPOS	Ratos No	NPU (%)
I	1	73,33
	2	70,75
	3	68,74
	4	76,98
	5	67,34
	6	71,89
	7	69,09
	8	76,49
Média		71,83
II	9	66,44
	10	68,29
	11	74,68
	12	79,62
	13	62,65
	14	71,07
	15	72,22
	16	68,46
Média		70,39
III	17	71,18
	18	69,32
	19	68,12
	20	72,65
	21	73,80
	22	70,01
	23	67,52
	24	70,43
Média		70,39

(*) O último período corresponde aos últimos quatro dias do ensaio biológico. Os grupos I, II e III representam os animais que consumiram dietas contendo 1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, respectivamente.

6. Grau de Digestibilidade da fibra do resíduo fibroso

A tabela 18 mostra os dados referentes à quantidade média de fibra ingerida, teor de fibra nas fezes, quantidade média de fibra excretada e porcentagem de fibra digerida pelos ratos de cada grupo no último período do ensaio biológico. Comparando-se os três grupos, observa-se que o teor de fibra excretado apresentou proporção semelhante ao consumido, de tal forma que houve pouca variação entre eles com relação à quantidade de fibra digerida. O aumento na excreção de fibras à medida que se aumentava o seu consumo pode ter contribuído para as diferenças verificadas, entre os grupos, quanto ao peso fecal. Verifica-se também que cerca de metade da fibra consumida foi degradada, possivelmente pela ação da flora bacteriana intestinal. No estudo realizado por NYMAN e ASP (1982), 63% do farelo de trigo consumido pelos ratos foi recuperado nas fezes, o que corresponde a um valor superior ao encontrado para o resíduo fibroso de milho. MILTON-THOMPSON e LEWIS (1971) observaram uma recuperação de 43% de celulose nas fezes quando 16 indivíduos consumiram 8,5 g/dia. Segundo ANDERSON e CHEN (1979) a digestibilidade da fibra depende de sua estrutura química, da flora bacteriana e do seu tempo de residência no cólon.

Tabela 18 - Quantidade média ingerida de fibra, teor de fibra nas fezes, quantidade média excretada de fibra e porcentagem de fibra digerida pelos ratos no último período do ensaio biológico. (*)

Grupos	Fibra Média Ingerida (g)	Teor de Fibra nas fezes (%)	Fibra Média Excretada (g)	Fibra Digerida (%)
I	0,79	17,5	0,47	40,5
II	4,12	37,9	1,96	52,4
III	7,83	48,3	3,86	50,7

(*) O último período corresponde aos últimos quatro dias do ensaio biológico. Os grupos I, II e III representam os ratos que consumiram dietas contendo 1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, respectivamente.

7. Interferência da fibra do resíduo fibroso na absorção de minerais

Os valores encontrados para o teor de cálcio e magnésio nas dietas e nas fezes do primeiro ensaio biológico estão apresentados na Tabela 19 e, na Tabela 20, podem ser encontradas as quantidades médias consumida e excretada e a porcentagem absorvida para o cálcio e magnésio de cada grupo no último período do mesmo ensaio. Através desses dados, observa-se que houve uma diminuição na absorção de magnésio de 13%, quando o consumo de fibra aumentou de 1,1% para 11,5%, havendo pouca variação entre os grupos I e II, o que também foi verificado entre os três grupos no caso do cálcio.

Quanto ao segundo ensaio realizado, a Tabela 21 apresenta os valores obtidos para o ganho de peso após dez e quinze dias, enquanto que a Tabela 22 apresenta os valores individuais para a quantidade de ração consumida no mesmo período e a Tabela 23 o peso fecal observado durante os últimos cinco dias do ensaio. Observa-se um comportamento semelhante ao do primeiro ensaio, com relação a esses dados. Os resultados obtidos para os teores de ferro, zinco, cálcio e magnésio nas dietas e nas fezes dos ratos, encontram-se na Tabela 24; os valores encontrados para a quantidade média excretada e consumida e a porcentagem absorvida para o ferro e zinco estão na Tabela 25, e aqueles referentes ao cálcio e magnésio na Tabela 26. Pelos dados obtidos, verifica-se que o aumento no consumo de fibra de 1,2% para 13,1% provocou uma diminuição na absorção de cálcio e magnésio de 8% e 11%, respectivamente. Portanto, pode-se dizer que esses resultados são semelhantes

Tabela 19 - Valores médios do conteúdo de cálcio e magnésio nas dietas e nas fezes do último período do ensaio biológico. (*)

Grupos	mg Ca/100 g de dieta	mg Ca/100 g de fezes	mg Mg/100 g de dieta	mg Mg/100 g de fezes
I	580	7427	173	1050
II	627	4044	133	438
III	626	2566	168	474

(*) O último período corresponde aos últimos quatro dias do ensaio biológico. Os grupos I, II e III representam os ratos que consumiram dietas contendo 1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Tabela 20 - Quantidade consumida, quantidade excretada e porcentagem absorvida de cálcio e magnésio pelos ratos no último período do primeiro ensaio biológico. (*)

	I	Grupos II	III
Consumo de Cálcio (mg)	409	456	427
Excreção de Cálcio (mg)	201	209	205
Absorção de Cálcio (%)	50,86	54,17	51,99
Consumo de Magnésio (mg)	122	97	115
Excreção de Magnésio (mg)	28	23	38
Absorção de Magnésio (%)	77,05	76,29	66,96

(*) . O último período corresponde aos últimos quatro dias do ensaio biológico. Os grupos I, II e III representam os ratos que consumiram dietas contendo 1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Tabela 21 - Ganho de peso dos ratos, em gramas, durante o ensaio biológico realizado para verificar o efeito da fibra na absorção de minerais.

Grupos (**)	Ratos N ^o	Ganho de Peso (*)	
		A	B
I	1	63	103
	2	64	100
	3	55	93
	4	59	99
	5	56	88
Média		59	97
II	6	62	92
	7	59	102
	8	54	90
	9	53	94
	10	52	82
Média		56	92

(*) A = ganho de peso após dez dias.

B = ganho de peso após quinze dias.

(**) Os grupos I e II representam os animais que consumiram dietas contendo 1,2% e 13,1% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Tabela 22 - Dieta consumida pelos ratos, em gramas, no ensaio biológico realizado para verificar o efeito da fibra na absorção de minerais.

Grupos (**)	Nº de Ratos	Período (*)	
		A	B
I	1	98,0	71,0
	2	107,5	63,5
	3	93,0	50,5
	4	98,5	68,5
	5	96,0	60,5
	Média	98,6	62,8
II	6	110,5	72,5
	7	108,5	73,0
	8	98,5	68,0
	9	104,0	74,0
	10	104,0	64,0
	Média	105,1	70,3

(*) A = durante os primeiros 10 dias do ensaio.

B = durante os últimos 5 dias do ensaio.

(**) Os grupos I e II representam os animais que consumiram dietas contendo 1,2% e 13,1% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Tabela 23 - Fezes excretadas, em gramas, no último período do ensaio biológico realizado para verificar o efeito da fibra na absorção de minerais.

Grupos	Nº de Ratos	Fezes excretadas (g)
I	1	2,88
	2	1,92
	3	2,15
	4	2,17
	5	2,56
	Média	2,34
II	6	10,40
	7	8,91
	8	7,74
	9	7,89
	10	7,18
	Média	8,42

Os grupos I e II representam os animais que consumiram dietas contendo, 1,2% e 13,1% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Tabela 24 - Valores médios para ferro, zinco, cálcio e magnésio nas dietas e nas fezes para o segundo ensaio biológico.

	Grupos	
	I	II
mg Fe/100 g de dieta	8,18	7,27
mg Fe/100 g de fezes	120	47
mg Zn/100 g de dieta	2,33	2,14
mg Zn/100 g de fezes	25	9,5
mg Ca/100 g de dieta	516	528
mg Ca/100 g de fezes	6405	2669
mg Mg/100 g de dieta	170	177
mg Mg/100 g de fezes	798	386

Os grupos I e II representam os ratos que consumiram dietas contendo, 1,2% e 13,1% de fibra fornecida pelo resíduo fibroso de milho, respectivamente.

Tabela 25 - Quantidade consumida, quantidade excretada e porcentagem absorvida de ferro e zinco pelos ratos no segundo ensaio biológico.

	Grupos	
	I	II
Consumo de Ferro (mg)	5,14	5,11
Excreção de Ferro (mg)	2,81	3,96
Absorção de Ferro (%)	45,83	22,50
Consumo de Zinco (mg)	1,46	1,50
Excreção de Zinco (mg)	0,59	0,80
Absorção de Zinco (%)	59,59	46,67

Os grupos I e II representam os ratos que consumiram dietas contendo, 1,2% e 13,1% de fibra fornecida pelo resíduo fibroso de milho, respectivamente.

Tabela 26 - Quantidade consumida, quantidade excretada e porcentagem absorvida de cálcio e magnésio pelos ratos no segundo ensaio biológico.

	Grupos	
	I	II
Consumo de Cálcio (mg)	324	371
Excreção de Cálcio (mg)	150	188
Absorção de Cálcio (%)	53,70	49,33
Consumo de Magnésio (mg)	107	124
Excreção de Magnésio (mg)	11	33
Absorção de Magnésio (%)	82,24	73,39

Os grupos I e II representam os ratos que consumiram dietas contendo 1,2% e 13,1% de fibra detergente neutro, respectivamente.

àqueles encontrados no primeiro ensaio. Quanto ao zinco e ao ferro, o aumento no consumo de fibra provocou um decréscimo na absorção de 22% e 50%, respectivamente, o que demonstra que, dos minerais estudados, a absorção de ferro foi a mais afetada pelo aumento do teor de fibra na dieta. Em geral, os dados encontrados na literatura mostram um decréscimo na absorção de zinco com o aumento do consumo de fibra (REINHOLD et alii, 1976; KIES et alii, 1979; SANDBERG et alii, 1982). Com relação aos demais minerais analisados, os resultados publicados variam muito, dificultando comparações. Alguns estudos a curto prazo sugerem que nas semanas iniciais o consumo de dieta com alto teor de fibra pode aumentar a excreção fecal de ferro, cálcio e magnésio (REINHOLD et alii, 1976; KELSAY, 1978). No entanto, SANDBERG et alii (1982) em estudo realizado com oito pacientes ileostomizados concluíram que a suplementação de um dieta, com baixo conteúdo de fibra, com 16g de farelo de trigo não afetou a absorção de cálcio, magnésio e ferro no intestino delgado. RENDLEMAN (1982) num estudo in vitro observou uma baixa capacidade por parte da celulose e hemicelulose para ligar íons cálcio. Segundo este autor, a hemicelulose teria algum efeito na absorção de cálcio e magnésio devido à presença de alguns resíduos de ácido urônico na sua composição química. FAIRWHEATHE-TAIT (1982) verificou que o acréscimo de 0,4% a 7,2% de fibra, proveniente de farelo de trigo na dieta provocou um decréscimo de 47,3% na absorção de ferro por parte dos ratos. Por outro lado, SANDSTEAD et alii (1978), não observaram nenhum efeito na absorção de ferro quando humanos passaram a consumir dietas contendo 26 g de farelo de trigo e 26 g de farelo de milho, durante 28 a 30 dias.

8. Medida do Tempo de Trânsito Intestinal

Na Tabela 27 encontram-se os pesos dos animais no primeiro e no vigésimo primeiro dias do ensaio biológico realizado com o objetivo de se verificar o efeito do resíduo fibroso de milho no Tempo de Trânsito Intestinal.

Os valores encontrados para o Tempo de Trânsito Intestinal inicial (TTII), que corresponde ao tempo decorrido entre o consumo de dieta contendo o corante Azul Brilhante e o aparecimento das primeiras fezes coloridas, estão apresentadas, na Tabela 28. Observa-se, através desses dados, que houve um decréscimo no TTII com o aumento do consumo de fibra, sendo que as diferenças foram significativas entre os grupos I e II, II e III e I e III nos níveis de significância de 0,1%; 1,5% e 0,1%, respectivamente. Efeito semelhante foi observado por LEE et alii (1979) para farelo de trigo e de milho em ratas.

O Tempo de Trânsito Intestinal também foi avaliado através da dosagem do corante nas dietas e nas fezes. Na Tabela 29 estão apresentados os dados da porcentagem de corante excretado em relação ao consumido, em função do tempo. Esses dados mostram que, para qualquer intervalo de tempo observado, a excreção do corante aumentou paralelamente à ingestão da fibra, sendo que para nenhum grupo houve excreção total do corante no final do período. Verificou-se também, que a quantidade total excretada do corante foi maior à medida que houve um aumento no consumo de fibra. Esta observação sugere que quanto maior for

Tabela 27 - Peso dos ratos, em gramas, no primeiro e no vigésimo primeiro dias do ensaio biológico realizado para se verificar o efeito do resíduo fibroso de milho no Tempo de Trânsito Intestinal.

Grupos (**)	Ratos No	P 1	P 2
I	1	143	245
	2	124	200
	3	127	220
	4	126	238
	5	137	240
	6	124	236
Média		130	230
II	7	140	248
	8	117	211
	9	113	225
	10	132	203
	11	131	230
	12	132	240
Média		128	226
III	13	138	247
	14	119	231
	15	118	199
	16	138	220
	17	132	227
	18	124	222
Média		128	224

Os grupos I, II e III representam os animais que consumiram dietas contendo 0,8%; 4,9% e 10,7% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Tabela 28 - Tempo de Trânsito Intestinal inicial dos ratos (TTII).

Grupos	Ratos Nº	TTII (h)
I	1	13,25
	2	14,50
	3	15,00
	4	13,83
	5	14,17
	6	15,00
Média		14,29
II	7	8,50
	8	7,50
	9	6,08
	10	9,00
	11	6,50
	12	7,42
Média		7,50
III	13	6,83
	14	6,08
	15	5,75
	16	6,17
	17	6,58
	18	5,75
Média		6,19

Os grupos I, II e III representam os animais que consumiram dietas contendo 0,8%; 4,9% e 10,7% de fibra detergente neutro, respectivamente.

Tabela 29 - Teor de corante Azul Brilhante excretado nas fezes em relação ao teor consumido nos intervalos de tempo estabelecidos para coleta das fezes.

Grupos	Rato (Nº)	TEMPO (h)										
		0	6	12	18	24,5	31	39	51	61	75	83
I	1	---	---	---	37,38	58,51	58,51	61,88	72,66	73,88	73,75	73,75
	2	---	---	---	19,25	71,22	76,62	82,05	84,91	85,40	85,82	85,82
	3	---	---	---	41,74	73,98	77,14	77,14	79,38	79,61	79,81	79,81
	4	---	---	---	17,14	58,51	62,92	86,55	91,31	91,31	92,11	92,11
	5	---	---	---	37,31	58,54	58,54	52,90	55,51	55,65	56,17	56,17
	6	---	---	---	18,21	38,25	48,23	48,23	63,83	63,83	69,70	70,26
	Média	---	---	---	27,22	58,58	62,33	68,12	74,68	74,81	76,23	76,32
II	7	---	---	57,21	63,72	72,87	72,87	72,87	74,48	74,48	74,48	74,48
	8	---	---	19,48	71,46	81,58	82,19	82,19	82,87	82,87	82,87	82,87
	9	---	---	31,78	58,35	79,95	82,23	82,23	83,98	83,98	83,98	83,98
	10	---	---	28,52	40,81	72,88	73,48	73,48	74,99	74,99	74,99	74,99
	11	---	---	22,29	59,27	71,43	72,48	75,32	77,63	77,63	77,63	77,63
	12	---	---	15,42	66,87	78,88	80,45	80,74	84,84	84,84	84,84	84,84
	Média	---	---	27,28	60,89	76,11	77,27	77,88	79,55	79,55	79,55	79,55
III	13	---	---	38,86	73,81	89,58	89,86	90,89	90,97	90,97	90,97	90,97
	14	---	---	39,62	78,42	91,40	91,93	92,14	98,85	98,85	98,85	98,85
	15	---	13,88	35,88	58,12	77,39	78,97	79,44	86,78	86,78	86,78	86,78
	16	---	---	54,99	63,24	78,27	78,42	78,56	74,28	74,28	74,28	74,28
	17	---	---	47,22	77,98	82,99	83,18	83,57	84,44	84,44	84,44	84,44
	18	---	28,17	59,25	87,14	98,13	98,58	98,58	91,52	91,52	91,52	91,52
	Média	---	20,62	45,84	72,97	83,61	84,16	84,48	86,79	86,79	86,79	86,79

Os grupos I, II e III representam os animais que consumiram dietas contendo 0,8%, 4,9% e 10,7% de fibra detergente neutro respectivamente.

o tempo de permanência do corante Azul Brilhante no trato gastrointestinal dos ratos, menor será sua recuperação nas fezes, provavelmente devido a uma maior absorção e/ou degradação do mesmo. Os dados também indicam que, para os três grupos, a maior parte do corante consumido foi excretada em aproximadamente 26 horas. A análise estatística para o TIII 50 (tempo necessário para que o 50% do corante consumido seja excretado) mostra que houve diferença significativa entre os grupos I e II, II e III e I e III nos níveis de significância de 0,2%; 1,17% e 0,1%, respectivamente.

9. Desenvolvimento de um produto rico em fibras

Os biscoitos foram preparados de maneira a se obter o máximo teor de fibra e o mínimo de gordura e açúcar possíveis. Sendo assim, as primeiras formulações testadas apresentaram teores de 5, 10 e 15% de gordura vegetal hidrogenada, 10% de açúcar, e 30 % de farinha de trigo, em relação ao peso do resíduo fibroso de milho. Nestes primeiros ensaios foi utilizado o resíduo fibroso não lavado e os biscoitos obtidos apresentaram sabor residual amargo e textura compacta e dura.

Após a lavagem do resíduo fibroso com água, aumentou-se a dificuldade de se obter a liga da massa. Desta forma, foi necessário aumentar o teor de gordura para 60% em relação ao peso do resíduo fibroso e adotar a proporção de 1:1 (p/p) para farinha de trigo e resíduo fibroso. Outra modificação adotada foi o uso de gordura vegetal hidrogenada

derretida durante o preparo dos biscoitos, o que contribuiu para uma melhoria na liga da massa e na distribuição da gordura. O teor de açúcar foi aumentado, para melhorar o sabor do produto, até atingir 80% em relação ao peso do resíduo fibroso. Ainda, para reduzir a compactação do produto, em vez do uso de ovos inteiros, passou-se a utilizar apenas a gema, melhorando, assim, a textura do biscoito.

Adotou-se a formulação I, descrita na Tabela 5, e com o propósito de se obter um melhor desenvolvimento da massa, esta formulação foi modificada pela adição dos ingredientes mencionados na Tabela 5 (formulação II), tendo-se obtido biscoitos menos compactos. Na Tabela 30 está apresentada a composição química do biscoito obtido através da formulação I, descrita na Tabela 5.

A formulação testada em planta piloto (formulação II da Tabela 5), apresentou alguns problemas tecnológicos. Obteve-se, após a mistura dos ingredientes, uma massa farinácea, com pouca capacidade de liga. Houve necessidade de se acrescentar mais água, o que contribuiu para uma maior aderência da massa no rolo moldador, dificultando a sua saída do mesmo. Este problema pode ter ocorrido também devido ao fato da quantidade de água utilizada ter prejudicado o desenvolvimento da massa. Segundo EL-DASH et alii (1982), biscoitos cortados por este método precisam ter alta quantidade de gordura, baixo teor de água, alto teor de açúcar e pouco desenvolvimento do glúten, para facilitar a extração da matriz.

Tabela 30 - Composição química do biscoito, em base seca.

COMPONENTES	%
Proteína	7,7
Lipídios	21,5
Cinza	0,5
Fibra detergente neutro	23,2

Como sugestão, poderiam ser testados outros tipos de moldadores ou outras linhas de produção de biscoitos, mais propícias para o tipo do produto proposto, além de se reduzir o teor de água necessário para a formação da liga da massa. A Figura 5 apresenta os biscoitos obtidos na planta piloto da Cia. Campineira de Alimentos - Campinas, SP.

10. Características tecnológicas do biscoito

10.1. Teor de água evaporada

O valor obtido para a perda de umidade durante o cozimento do biscoito obtido no laboratório foi de $15,9\% \pm 0,5\%$ e para o obtido em planta piloto foi de $15,3\%$. BRANLARD et alii (1985) consideraram como padrão o valor de 19% para a perda de umidade no cozimento de biscoitos. VRATAMINA e ZABIK (1978) observaram que houve um aumento na umidade de biscoitos à medida que se aumentou o teor de farelo de trigo, indicando que houve maior retenção de água no produto, o que foi atribuído pelos autores às características hidrofílicas da fibra.



Figura 5 - Biscoitos obtidos na planta piloto da Cia Campineira de Alimentos - Campinas/SP.

10.2 Taxa de expansão do biscoito

Segundo EL-DASH et alii (1982), este teste, mais conhecido como "Cookie Spread", é um bom indicador do comportamento da farinha durante o cozimento.

O valor obtido para a taxa de expansão dos biscoitos produzidos no laboratório e na planta piloto foram de $8,1 \pm 0,8$ e $11,7 \pm 0,2$, respectivamente. VRATAMINA e ZABIK (1978) verificaram que o aumento do teor de farelo de trigo numa formulação básica de biscoito provocou uma diminuição na taxa de expansão do mesmo. GORCZYCA e ZABIK (1978) observaram o mesmo efeito utilizando celulose como fonte de fibra em biscoitos. JELTEMA et alii (1983), também verificaram uma diminuição na taxa de expansão de biscoitos com o aumento do teor de hemicelulose, o que segundo os autores está relacionado com a presença de componentes com maior capacidade de ligar água. Segundo KISSEL e YAMASAKI (1975), o acréscimo de componentes que possuem maior capacidade de retenção de água do que farinha de trigo resulta numa competição pela água livre, presente na massa do biscoito, o que provoca uma dissolução parcial do açúcar adicionado à massa, limitando a taxa de expansão do biscoito.

10.3. Tensão de cisalhamento

Os valores encontrados para a tensão de cisalhamento, utilizada como um índice de dureza, para os biscoitos produzidos no laboratório e na planta piloto foram de $10,0 \pm 0,64$ kgf/cm e $5,8 \pm 0,4$ kgf/cm, respectivamente. A tensão de cisalhamento depende da área do biscoito e da força necessária para quebrá-lo, além das condições de aquecimento e resfriamento do produto. A diferença verificada entre os biscoitos pode ser devido ao fato dos mesmos apresentarem tamanhos diferentes. VRATAMINA e ZABIK (1978) verificaram que um aumento do teor de farelo de trigo na formulação de biscoitos conduz a uma diminuição da força necessária para quebrá-los, indicando que o aumento do farelo resulta num produto mais macio. GORCZYCA e ZABIK (1979) observaram o mesmo efeito ao utilizarem celulose como fonte de fibra na produção de biscoitos. Segundo esses autores, com o aumento do teor de celulose os biscoitos tornaram-se mais espessos e macios, devido a propriedade hidrofílica da celulose.

11. Avaliação sensorial

A Tabela 31 apresenta os dados obtidos no teste sensorial de aceitação para o biscoito de fibra de milho. Observa-se que o mesmo teve uma boa aceitação, uma vez que 37,5% das pessoas consultadas lhe atribuíram valor "7", o que significa que gostaram moderadamente e 39,8%

Tabela 31 - Resultados obtidos na avaliação sensorial (Escala Hedônica), dos biscoitos com alto teor de fibra.

VALORES ATRIBUIDOS	NUMERO DE PESSOAS (*)		
	A	B	C
" 5 "	-	1	1
" 6 "	6	12	18
" 7 "	16	32	48
" 8 "	29	22	51
" 9 "	4	6	10

(*) A = Número de pessoas com constipação intestinal.

B = Número de pessoas sem constipação intestinal.

C = Número total de pessoas.

responderam que gostaram muito, atribuindo valor "8". O valor médio atribuído pelos provadores aos biscoitos foi de 7,4 pontos. Cabe ressaltar que todas as pessoas que participaram do teste responderam que consumiriam diariamente o produto, caso fosse recomendado para o tratamento da constipação intestinal. Quanto aos comentários e sugestões apresentados pelos participantes do teste, 14% deles gostariam que o biscoito fosse mais doce, 4% sugeriram biscoito salgado e 5% propuseram para realçar o sabor (doce ou salgado). Quanto à textura, 16% dos provadores consideraram o biscoito muito seco. Provavelmente, o fato do resíduo fibroso absorver muita água (saliva, durante a mastigação) tenha provocado este tipo de sensação.

12. Uso terapêutico do biscoito

Na Tabela 32 estão apresentados os dados relativos à identificação, caracteres de constipação e exame físico dos oito voluntários que testaram o efeito do biscoito, com alto teor de milho, no funcionamento do intestino, enquanto que a Tabela 33 apresenta os valores obtidos para o número de evacuações, peso fecal, teor de umidade e de fibra detergente neutro das fezes dos mesmos. Observa-se, através destes dados, que houve um aumento no número de evacuações/dia, quando os indivíduos passaram a consumir o biscoito, o qual foi significativo ao nível de 0,5%, indicando que houve uma diminuição no tempo de trânsito intestinal dos mesmos. Quanto ao peso fecal, observou-se um aumento significativo ao nível de 2,5% com o consumo dos biscoitos, provavel-

Tabela 22 - Identificação e anamnese dos indivíduos portadores de constipação intestinal crônica que testaram o biscoito com alto teor de fibra de milho.

		NÚMERO							
		1	2	3	4	5	6	7	8
IDENTIFICAÇÃO	IDADE (anos)	26	27	51	50	25	25	23	23
	SEXO	F	F	F	M	F	F	F	F
	COR	B	P	B	B	Pd	B	B	B
CARACTERES DA CONSTIPAÇÃO	TEMPO COM CONSTIPAÇÃO INTESTINAL (anos)	20	7	15	5	20	15	10	8
	HÁBITO INTESTINAL	1x/7 d	1x/4 d	1x/8 d	1x/4 d	1x/4 d	1x/7 d	1x/7 d	1x/4 d
	FEZES DURAS	+	+	-	-	+	+	+	+
	ESVAZIAMENTO INCOMPLETO DO RETO APÓS DEFECACÃO	+	+	+	+	+	+	+	-
	DOR ABDOMINAL	+	+	-	+	-	+	-	-
	ACOMPANHAMENTO ABDOMINAL	+	+	-	+	+	+	+	-
	SANGRAMENTO	+	-	-	-	-	-	+	-
EXAME FÍSICO	PESO (Kg)	54	72	54	80,5	60,8	55,8	54	57,5
	ESTATURA (cm)	160	170	157	172	163	154	160	167
	PULSO (bat./min)	76	88	92	76	72	84	80	80
	EXAME FÍSICO GEPAL	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
	EXAME FÍSICO ANAL	FA	nl	nl	nl	nl	nl	FA	nl
	TOQUE RETAL	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl

F : feminino
M : masculino
B : branco
P : preto
Pd : pardo
nl : normal
FA : fissura anal.

Tabela 33 - Valores para número de evacuações, peso fecal e teores de umidade e de fibra detergente neutro das fezes de oito voluntários, submetidos às dietas N (normal) e F (acrescida de bolachas contendo o resíduo fibroso de milho).

INDIVÍDUOS Nº	Nº DE EVACUAÇÕES (x/24 h)		PESO FECAL (g/24 h)		UMIDADE DAS FEZES (%)		FDN (%)	
	DIETA N	DIETA F	DIETA N	DIETA F	DIETA N	DIETA F	DIETA N	DIETA F
1	0,22	0,67	24	38	64	75	16,46	36,98
2	0,30	1,70	20	243	60	75	29,36	32,02
3	0,25	0,75	25	155	80	83	19,36	37,66
4	0,50	1,00	133	132	86	82	11,82	45,16
5	0,12	0,33	16	41	70	71	24,38	40,61
6	0,25	1,00	50	165	69	76	16,54	24,20
7	0,25	0,50	22	52	59	62	16,87	25,09
8	0,33	0,50	16	113	72	81	12,49	22,69
Média	0,31	0,81	38	117	70	76	18,54	33,27

FDN = fibra detergente neutro.

mente devido ao aumento nos teores de umidade e de fibra detergente neutro nas fezes, os quais foram também significativos, aos níveis de 2,5% e 0,25%, respectivamente. De uma maneira geral, esses dados coincidem com aqueles encontrados na literatura com relação ao efeito de fibras no número de evacuações (KELSAY et alii, 1978; LETECHIA JUNIOR e ZATZ, 1981), no peso fecal (FUCHS et alii, 1976; BAIRD et alii, 1977; KELSAY et alii, 1978; PRYNNE e SOUTHGATE, 1979; YU e MILLER, 1981) e no teor de fibra detergente neutro (YU e MILLER, 1981). Quanto ao teor de umidade das fezes, KELSAY et alii (1978) e YU e MILLER (1981) observaram um aumento com o consumo de fibras, porém não significativo.

Os resultados obtidos demonstraram que o biscoito com alto teor de fibra poderia ser utilizado no tratamento da constipação intestinal crônica.

V. CONCLUSÕES

1. O resíduo fibroso de milho apresentou um teor de fibra detergente neutro de 72,7%, o que justifica a sua utilização no preparo de biscoitos com alto teor de fibra.
2. Quanto às propriedades físico-químicas, o resíduo fibroso apresentou baixa densidade aparente (0,44 g/ml) e alta capacidade de hidratação (5,3 ml de água/g de amostra).
3. Utilizando-se ratos Wistar, verificou-se que o aumento do consumo de fibra, proveniente do resíduo fibroso de milho, provocou: (A) decréscimo no ganho de peso dos animais, sendo que as diferenças foram significativas ao nível de 5% entre os grupos que consumiram dietas contendo 1,1% (controle) e 11,5% de fibra; (B) aumento significativo no peso fecal ao nível de 5% entre as três dietas testadas (1,1%; 5,7% e 11,5% de fibra detergente neutro); (C) diminuição da Digestibilidade Aparente da proteína, sendo que houve diferença significativa ao nível de 5%, entre as três dietas; (D) aumento no Valor Biológico da proteína, porém não significativo. Quanto à Utilização Líquida da Proteína (NPU), não foi observada diferença significativa com o aumento do consumo de fibra, o que indica que, mesmo havendo uma perda maior de nitrogênio fecal, os ratos Wistar parecem ter utilizado de maneira semelhante a proteína da dieta.

4. O grau de Digestibilidade da fibra do resíduo fibroso de milho foi em torno de 47%, não tendo sido verificada diferença com o aumento do consumo de fibra por parte dos ratos.
5. O aumento no consumo de fibra de 1,2% para 13,1%, na dieta de ratos Wistar, provocou um decréscimo na absorção de ferro, zinco, magnésio e cálcio em torno de 50%, 22%, 11% e 8%, respectivamente.
6. Os valores encontrados para o Tempo de Trânsito Intestinal Inicial para os ratos que consumiram dietas contendo 0,8%; 4,9% e 10,7% de fibra detergente neutro foram de 14,29 h; 7,50 h e 6,19 h, respectivamente, sendo que as diferenças foram significativas entre os três grupos.
7. No preparo dos biscoitos com alto teor de fibra chegou-se a uma proporção de farinha de trigo e resíduo fibroso de milho de 1:1 (p/p). Através desta relação, foram obtidos biscoitos com 23,2% de fibra detergente neutro (base seca), os quais, ao serem avaliados sensorialmente, apresentaram boa aceitação, uma vez que a nota média atribuída pelos provadores, numa escala de 1 a 9 pontos, foi de 7,4.
8. O uso de biscoitos por indivíduos portadores de constipação intestinal crônica teve resultado satisfatório, uma vez que observou-se um aumento no número de evacuações/dia, no peso fecal e nos teores de umidade e fibra detergente neutro nas fezes.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACTON, J. C.; BREYER, L.; SATTERLEE, L. D. 1982. Effect of dietary fiber constituents on the in vitro digestibility of casein. J. Food Sci. 47: 556.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREALS CHEMISTS - AACC 1976. Approved Methods 8 th ed. St Paul. Minn.

ANDERSON, J. W.; CHEN, W. J. L. 1979. Plant fiber: carbohydrate and lipid metabolism. Am. J. Clin. Nutr. 32: 346.

ANDERSON, N. E.; CLYDESDALE, F. M. 1980. An analysis of the dietary fiber content of a standard wheat bran. J. Food Sci. 45: 336

ANGELUCCI, E.; MANTOVANI, D. M. B. 1984. Análise de minerais em alimentos. Instituto de Tecnologia de Alimentos, ITAL, Campinas, SP.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURE CHEMISTS - AOAC 1975. Official methods of analysis 11th ed. Washington, D.C.

- BAIRD, M.; WALTERS, R. L.; DAVIES, P. S.; HILL, M. J.; DRASAR, B. S.; SOUTHGATE, D. A. T. 1977. The effects of two dietary fiber supplements on gastrointestinal transit, stool weight and frequency, and bacterial flora, and fecal bile acids in normal subject. *Metabolism* 26: 117.
- BIJLANI, R. L. 1985. Dietary fibre: consensus and controversy. *Progress in Food and Nutrition Science* 9: 343.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. 1978. *Statistics for experimenters. An introduction to design, data analysis, and model building* Wiley, New York. 653 pp.
- BRANLARD, G.; BENOUALID, K.; ROUSSET, M.; GREBAUT, J.; SEINCE, Y. 1985. Analyse d'un test de biscuiterie: étude préliminaire des criteres significatifs et prediction en selection. *Sciences des Aliments* 5: 155.
- BURKITT, D. P.; WALKER, A. R. P.; PAINTER, N. S. 1972. Effect of dietary fibre on stools and transit-times, and its role in the causation of disease. *Lancet* 30: 1408.
- BURKITT, D. P. 1973. Some diseases characteristic of modern Western civilization. *Br. Med. J.* 1: 274.
- COCHRAN, W. G.; COX, G. M. 1957. *Experimental Designs*. 2^o ed. Wiley, New York. 611 pp.

- COWGILL, G. R.; SULLIVAN, A. J. 1933. Further studies on the use of wheat bran as a laxative. J. Am. Med. Assoc. 100: 795.
- CUMMINGS, J. H. 1978. Nutrition implications of dietary fiber. Am. J. Clin. Nutr. 31: 521.
- CUMMINGS, J. H.; BRANCH, W.; JENKINS, D. J. A.; SOUTHGATE, D. A. T.; HOUSTON, H.; JAMES, W. P. 1978. Colonic response to dietary fibre from carrot, cabbage, apple, bran, and guar gum. Lancet 7: 5.
- DIMOCK, E. M. 1937. The prevention of constipation Brit. Med. J. 1: 906.
- DINTZIS, F. R.; LEGG, L. M.; DEATHERAGE, W. L.; BAKER, F. L.; INGLETT, G. E.; JACOB, R. A.; RECK, S. J.; MUNOZ, J. M.; KLEVAY, L. M.; SANDSTEAD, H. H.; SHUEY, W. C. 1979. Human gastrointestinal action on wheat, corn, and soy hull bran-preliminary findings. Cereal Chem. 56: 123.
- DUBOIS, D. K. 1978. The practical application of fiber materials in bread production. Bakers Digest 52: 30.
- EASTWOOD, M. A.; KAY, R. M. 1979. An hypothesis for the action of dietary fiber along the gastrointestinal tract Am. J. Clin. Nutr. 32: 364.
- EASTWOOD, M. A.; PASSMORE, P. 1983. Dietary fiber. Lancet 23: 202.

EL-DASH, A. A.; CAMARGO, C. O.; DIAZ, N. M. 1982. Fundamentos da Tecnologia de Panificação. Secretaria de Estado da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. São Paulo. 349 pp.

FAIRWHEATHE-TAIT, S. J. 1982. The effect of different levels of wheat bran on iron absorption in rats from bread containing similar amounts of phytate. Br. J. Nutr. 47: 243.

FUCHS, H. M.; DORFMAN, S.; FLOCH, M. S. 1976. The effect of dietary fiber supplementation in man. II. Alteration in fecal physiology and bacterial flora. Am. J. Clin. Nutr. 29: 1443.

GORCZYCA, C. G.; ZABIK, M. E. 1979. Highfiber sugar-snaps cookies containing cellulose and coated cellulose products. Cereal Chem. 56: 537.

HELLENDORRN, E. W.; NOORDHOFF, M. G.; SLAGMAN, J. 1975. Enzymatic determination of the indigestible residue (dietary fibre) content of human food. J. Sci. Food. Agric. 26: 1461.

HELLER, S. N.; RIVERS, J. M.; HACKLER, L. R. 1977. Dietary fiber: the effect of particle size and pH on its measurement. J. Food Sci. 42: 436.

JELTEMA, M. A.; ZABIK, M. E.; THIEL, L. J. 1983. Prediction of cookie qualite from dietary fiber components. Cereal Chem. 60: 227.

- KAY, R. M.; TRUSWELL, A. S. 1977a. Effect of citrus pectin on blood lipids and fecal steroid excretion in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 30: 171.
- KAY, R. M.; TRUSWELL, A. S. 1977b. The effect of wheat fibre on plasma lipid and faecal steroid-excretion in man. *Br. J. Nutr.* 37: 227.
- KEIM, J.; KIES, C. 1979. Effects of dietary fiber on nutritional status of weanling mice. *Cereal Chem.* 56: 73.
- KEYSAY, J. L. 1978. A review of research on effects of fiber intake on man. *Am. J. Clin. Nutr.* 31: 142.
- KEYSAY, J. L.; BEHALL, K. M.; PRATHER, E. S. 1978. Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subjects. I. Bowel transit time, number of defecations, fecal weight, urinary excretions of energy and nitrogen and apparent digestibilities of energy, nitrogen, and fat. *Am. J. Clin. Nutr.* 31: 1149.
- KEYSAY, J. L. 1981. Effect of diet fiber level on bowel function and trace mineral balances of human subjects. *Cereal Chem.* 58: 2.
- KIES, C.; FOX, H. M. 1977. Dietary hemicelulose interactions influencing serum lipid patterns and protein nutritional status of adult men. *J. Food. Sci.* 42: 440.

- KIES, C.; FOX, H. M.; BESHGETOOR; D. 1979. Effect of various levels of dietary hemicellulose on zinc nutritional status of men. Cereal Chem. 56: 133.
- KINGMA, J. J.; SILVA, J. N.; SANTOS, H. F. T. 1981. Constipação, fibra alimentar e fecaloma. In: Dani, R. e Castro, L. P. (ed.) Gastroenterologia Clínica. Ed. Guanabara, R. J. Vol.1, p. 541.
- KISSEL, L. T.; YAMAZAKI, W. T. 1975. Protein enrichment of cookie flours with wheat gluten and soy flour derivatives. Cereal Chem. 52: 638.
- LEE, W. Y.; BENNINK, M. R.; CHENOWETH, W. L. 1979. Steroid metabolism, transit time, and cecal bacteria in rats fed corn or wheat bran. Cereal Chem. 56: 279.
- LETECHIA JUNIOR, R.; ZATZ, R. M. 1981. Uso da fibra vegetal na terapia da constipação intestinal. Bol. SBCTA 15: 407.
- LEVEILLE, G. A. 1976. Dietary fiber. Cereal Foods World. 21: 255.
- LORENZ, K. 1976. Triticale bran in fiber breads. Bakers Digest 50: 27.
- MAIA, R. 1977. Fibras na dieta humana. Jornal Brasileiro de Medicina 33: 71.

MCQUEEN, R. E.; NICHOLSON, J. W. G. 1979. Modification of the neutral-detergent fiber procedure for cereals and vegetables by using x-amylase. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 62: 676.

MILTON-THOMPSON; G. J.; LEWIS, B. 1971. The breakdown of dietary cellulose in man. Gut 12: 853.

MONGEAU, R.; BRASSARD, R. 1982. Determination of neutral detergent fiber in breakfast cereals: pentose, hemicellulose, cellulose and lignin content. J. Food. Sci. 47: 550.

MORAES FILHO, J. P. P.; BETTARELLO, A. 1975. Dieta de fibras. Rev. Ass. Med. Brasil. 21: 303.

NBC-Nutricional Biochemicals Corporation Diet 1977 e 1978. Catalog of ICN, Cleveland, Ohio, EUA. p. 24.

NOMANI, M. Z.; FASHANDI; E. F.; DAVIS, G: K.; BRADAC, C J. 1979. Influence of dietary fiber on the growth and protein metabolism of the rat. J. Food. Sci. 44: 745.

NYMAN, M.; ASP, N.G. 1982. Fermentation of dietary fiber components in the rat intestinal tract. Br. J. Nutr. 47: 357.

PAINTER, N. S.; BURKITT, D. P. 1971. Diverticular disease of the colon: a deficiency disease of Western civilization. Brit. Med. J. 2: 450.

- PABROTT, M. E.; THRALL, B. E. 1978. Functional properties of various fibers: physical properties. J. Food Sci. 43: 759.
- POMERANZ, Y.; SHOGREN, M. D.; FINLEY, K. E. 1976. White wheat bran and brewer's spent gains in high-fiber bread. Bakers Digest. 50: 35.
- POMERANZ, Y. 1977. Fiber in breadmaking—a review of recent studies. Bakers Digest 51: 94.
- POMERANZ, Y.; SHOGREN, M. D.; FINLEY, K. E.; BECHTEL, D. B. 1977. Fiber in breadmaking—effects on functional properties. Cereal Chem. 54: 25.
- PRYNNE, C. J.; SOUTHGATE, D. A. T. 1979. The effects of a supplement of dietary fiber on faecal excretion by human subjects. Br. J. Nutr. 41: 495.
- QUINN, J. R.; PATON, D. 1979. A practical measurement of water hydration capacity of protein materials. Cereal Chem. 56: 38.
- RASPER, V. F. 1979. Chemical and physical properties of dietary cereal fiber. Food Tech. 33: 40.
- REINHOLD, J. G.; FARRADJI, B.; ABADI, P.; ISMAIL-BEIGI, F. 1976. Decreased absorption of calcium, magnesium, zinc and phosphorus by humans due to increased fiber and phosphorus consumption as wheat bread. J. Nutr. 106: 493.

- RENDLEMAN, J. A. 1982. Cereal complexes: binding of calcium by bran and components of bran. *Cereal Chem.* 59: 302.
- RIBEIRO, T. C.; CASTRO, L. P. 1977. Uso terapêutico da dieta de fibras. *Ars Cvrandi* 10: 76.
- ROBERTSON, J. A.; EASTWOOD, M. A. 1981. An investigation of the experimental conditions which affect water holding capacity of dietary fibre. *J. Sci. Food. Agric.* 32: 819.
- ROESSLER, E. B.; PANGBORN, R. M.; SIDEL, J. L.; STONE, H. 1978. Expanded Statistical Tables for estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests. *J. Food. Sci.* 43: 940.
- ROGERS, Q. R.; HARPER, A. E. 1965. Amino acid diets and maximal growth in the rat. *J. Nutr.* 87: 267.
- SANDBERG, A. S.; HASSELBLAD, C.; HASSELBLAD, K. 1982. The effect of wheat bran on the absorption of minerals in the small intestine. *Br. J. Nutr.* 48: 185.
- SANDSTEAD, H. H.; MUNOZ, J. M.; JACOB, R. A.; KLEVAY, L. M.; RECK, S. J.; LOGAN, G. M. Jr., DINTZIS, F. R.; INGLETT, G. E.; SHUEY, W. C. 1978. Influence of dietary fiber on trace element balance. *Am. J. Clin. Nutr.* 31: S180.

SCALA, J. 1974. Fiber: the forgotten nutrient. Food Tech. 28: 34.

SCALA, J. 1976. Has fiber a role do play in preventive medicine ?
Cereal Foods World 21: 356.

SCHALLER, D. 1977. Analysis of dietary fiber. Food Prod. Dev. 11: 70.

SCHNEEMAN, B. O. 1986. Dietary fiber: physical and chemical properties, methods of analysis, and physiological effects. Food Tech. 40: 104.

SCHWEIZER, T. F.; WURSCH, P. 1979. Analysis of dietary fiber. J. Sci. Food Agric. 30: 613.

SELVENDRAN, R. R.; RING, S. G.; DU PONT, M. S. 1981. Determination of the dietary fiber content of the EEC samples and a discussion of the various methods of analysis. The analysis of dietary fiber in food basic and clinical nutrition. In: James; W. P. T. e Theander, O. (ed.). Marcel Dekker, Inc. New York . Vol. 3. p. 95.

SHAFER, M. A. M.; ZABIK, M. E. 1978. Dietary fiber sources for baked products: Comparison of wheat brans and other cereal brans in layer cakes. J. Food Sci. 43: 375.

SOSULSKI, F. W.; CADDEN, A. M. 1982. Composition and physiological properties of several sources of dietary fiber. J Food Sci. 47: 1472.

- SOUTHGATE, D. A. T. 1969. Determination of carbohydrates in foods. II
Unavailable carbohydrates. J. Sci. Food Agric. 20: 331.
- SOUTHGATE, D. A. T. 1976. Measurement of unavailable carbohydrates:
structural polysaccharides. In: Determination of food carbohydrates.
Applied Science Publ. Ltd., London. Cop. 5, p. 61.
- SOUTHGATE, D. A. T. 1977. The definition and analysis of dietary fibre
Nutr. Rev. 35: 31.
- THEANDER, O. 1977. The chemistry of dietary fibres. Nutr. Rev. 35: 23.
- TROWELL, H. 1973. Dietary fibre ischaemic heart disease and diabetes
mellitus. Proc. Nutr. Soc. 32: 151.
- VAN SOEST, P. J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous
feeds. II. A rapid method for the determination of fibre and lig-
nin. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 46: 829.
- VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. 1967. Use of detergents in the analysis
of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall
constituents. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 50: 50.
- VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. 1968. Determination of lignin and
cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. J. Assoc.
Off. Anal. Chem. 51: 780.

- VAN SOEST, P. J.; McQUEEN, R. W. 1963. The chemistry and estimation of fibre. Proc. Nutr. Soc. 32: 123.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. 1977. What is fibre and fibre in food ? Nutr. Rev. 35: 12.
- VAN SOEST, P. J. 1978. Dietary fibers: their definition and nutritional properties. Am. J. Clin. Nutr. 31: S 12.
- VETTER, J. L. 1984. Fiber as a food ingredient. Food Tech. 38: 64.
- VRATAMINA, D. L.; ZABIK, M. E. 1978. Dietary fiber sources for baker products: bran in sugar-snap cookies. J. Food Sci. 43: 1590.
- WALKER, A. R. P. 1975. Effect of high crude fiber intake on transit time and the absorption of nutrients in south african negro schoolchildren. Am. J. Clin. Nutr. 28: 1161.
- WILLIAMS, R. D.; OLMSTEAD, W. H. 1936. The effect of cellulose, hemicellulose and lignin on the weight of the stool. A contribution to the study of laxation in man. J. Nutr. 11: 433.
- YU, M. H. M.; MILLER, L. T. 1981. Influence of cooked wheat bran on bowel function and fecal excretion of nutrients. J. Food Sci. 46: 720.