

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO ALIMENTAR E NUTRIÇÃO

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL DA FARINHA DE  
JATOBÁ (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.): DESENVOLVIMENTO E  
OTIMIZAÇÃO DE PRODUTOS ATRAVÉS DE TESTES SENSORIAIS  
AFETIVOS**

**Mara Reis Silva**  
Nutricionista

**Profa. Dra. Maria Aparecida Azevedo Pereira Da Silva**  
Orientadora

**Prof. Dr. Yoon Kill Chang**  
Co-orientador

PARECER

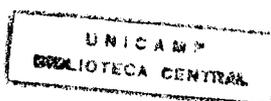
Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por MARA REIS SILVA e aprovada pela Comissão Julgadora em 13 de junho de 1997.

Campinas, 13 de junho de 1997.

  
Profa. Dra. Maria Aparecida de  
Azevedo Pereira da Silva  
Presidente da Banca

Engenharia de alimentos da Universidade Estadual de  
de Doutor em Ciência da Nutrição.

Campinas, 1997



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	TUNICAMP
	Si38c
V. Ex.	
TUMBO BC/	31547
PRDC.	281197
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	30/08/97
N.º CPD	

CM-00100162-9

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

Si38c

Silva, Mara Reis

Caracterização química e nutricional da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.): desenvolvimento e otimização de produtos através de testes sensoriais afetivos / Mara Reis Silva. -- Campinas, SP: [s.n.], 1997.

Orientador: Maria Aparecida A. Pereira da Silva  
Co-Orientador: Yoon Kill Chang  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Jatobá. 2. Farinha de jatobá. 3. *Hymenaea stigonocarpa* Mart. 4. Alimentos - composição. 5. Avaliação sensorial. 6. Biscoitos. 7. Processo de extrusão. 8. Fibras. I. Silva, Maria Aparecida Azevedo Pereira da. II. Chang, Yoon Kill. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

## ERRATA

Página 2, 1º parágrafo - **falta o seguinte texto** O interesse por novas fontes alternativas de nutrientes, aliado à necessidade de preservação de espécies nativas do cerrado, justifica maiores esforços no sentido de se estudar melhor o potencial ...

Página 89, 1º parágrafo (após Tabela), linha 1 - **onde se lê** Na Figura 1A e 2B... **lê-se** Na Figura 1A e 1B...

Página 108, linha 14 - **onde se lê** resultados que estão em acordo com... **lê-se** resultados que estão em desacordo com...

Página 110, linha 25 - **onde se lê** este comportamento foi adverso provavelmente... **lê-se** este comportamento foi devido provavelmente...

Página 111, Tabela 3 (rodapé) - **onde se lê** 1 = gostei extremamente, 9 = desgostei extremamente **lê-se** 9 = gostei extremamente, 1 = desgostei extremamente.

Página 123, linha 17 - **onde se lê** Uma formulação controle (Tabela 1) com adição de 10% de farinha de jatobá foi também elaborada e utilizada nesta etapa do estudo **lê-se** Uma formulação controle sem adição de farinha de jatobá foi também elaborada e utilizada nesta etapa do estudo.

Página 127, 1º parágrafo, linha 1 (após Tabela) - **onde se lê** A aparência de cada formulação foi julgada em blocos completos de forma independente das características de aroma, sabor e textura **lê-se** A aparência de cada formulação foi julgada em blocos completos casualizados de forma independente das características de aroma, sabor e textura.

P. 131, Tabela 3, 3ª coluna (Mascavo) - **onde se lê** 065,38 **lê-se** 65,38.

## BANCA EXAMINADORA

Tese defendida e aprovada, em      de      de 1997, pela banca examinadora constituída pelos professores



---

Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida Azevedo Pereira Da Silva  
Orientadora



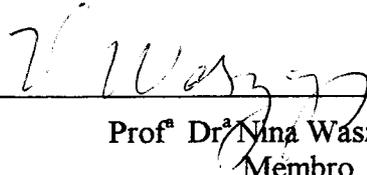
---

Prof. Dr. Jaime Amaya Farfan  
Membro



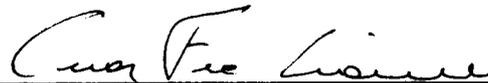
---

Prof.ª Dr.ª Maria Amélia Chaib Moraes  
Membro



---

Prof.ª Dr.ª Nina Waszczynskij  
Membro



---

Prof. Dr. César F. Ciacco  
Membro

---

Prof. Dr. Lázaro José Chaves  
Membro

---

Prof.ª Dr.ª Gláucia Maria Pastore  
Membro

*À minha mãe,  
pela dignidade e exemplo de vida,  
e pelo apoio que sempre me dispensou.*

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Goiás, pela minha liberação, e ao Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição da FEA/UNICAMP, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Coordenação do Programa Institucional de Capacitação de Docentes (PICD) da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À profª Drª Maria Aparecida Azevedo Pereira Da Silva, pela orientação.

Ao prof. Dr. Yoon Kill Chang, pelos comentários críticos e sugestões.

À todos colegas da UFG, que contribuíram de alguma forma para que este trabalho fosse realizado, em especial às professoras Margareth Veloso, Drª Milca Severino, Maria Altina Moreira, Iara Barreto e Adriane Telles.

À Sociedade Ecológica de Jataí/Goiás, em especial ao Sr. Binômio da Costa Lima, a Mariza Magalhães e Zenaide Gouveia Vilela (*in memorian*), por todo apoio, estímulo e inestimável colaboração.

Ao Instituto do Trópico Subúmido da Universidade Católica de Goiás e à Fundação Pró-Cerrado, pela colaboração.

Aos pesquisadores Dilza e Marcelo, do ITAL, ao prof. Dr. Yano e Estela, do Instituto de Biologia/UNICAMP, a Solange Canniatti, da ESALQ, ao prof. Dr. Lewis Greene, do Centro de Química de Proteína da Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto, às professoras Drª Túlia e Beatriz e à funcionária Lúcia, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP/São Paulo, à profª Drª Helena, do Departamento de Ciências dos Alimentos/FEA/UNICAMP, à profª Drª Débora, do DEPAN/FEA/UNICAMP e à Heloísa Fujihara, pela preciosa colaboração em parte deste trabalho.

Aos amigos Rosana Meireles, Maria Sebastiana, Martha Miranda, Erna Vogt, Ruth Liane, Cristina, Gersislei, Luis Carlos, Ivone, Elke, Maria Teresa, Mabel, Júlia, Lúcia, Elaine, Leonard, Francly e Maria do Carmo, pela inestimável colaboração, incentivo e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição e do Laboratório de Cereais do Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela colaboração, em particular a Soely, Liana, Francisco, Cidinha, Aracilda, Ana Paula, Helena e Kely.

Aos membros da banca examinadora, pela colaboração na correção e pelas valiosas sugestões.

A todos que, direta e indiretamente, contribuíram para que as metas deste trabalho fossem atingidas.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT GENERAL</b> .....	<b>iii</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>4</b>
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
1. Cerrado e jatobá .....	4
2. Leguminosas: Alguns aspectos na alimentação e nutrição .....	7
2.1 Leguminosas na nutrição humana .....	7
2.2 Perfil de aminoácidos e digestibilidade de proteínas das leguminosas .....	10
2.3 Fatores antinutricionais .....	12
2.3.1 Inibidores de proteases .....	13
2.3.2 Lectinas .....	18
2.3.3 Fitatos .....	21
2.3.4 Taninos .....	26
2.4 Fibra alimentar .....	33
3. Utilização tecnológica de leguminosas .....	43
4. Testes sensoriais afetivos .....	47
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>73</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL DA FARINHA DE JATOBÁ (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.)</b> .....	<b>73</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>73</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>74</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>75</b>

Material .....	75
Composição centesimal aproximada .....	75
Digestibilidade protéica .....	76
Análise de aminoácidos .....	77
Fitato .....	77
Inibidor de tripsina .....	77
Taninos .....	77
Lectinas .....	78
Minerais .....	78
Vitaminas .....	78
Cromatografia de açúcares .....	79
Análise de ácidos graxos .....	79
Análise ao microscópio ótico .....	80
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>81</b>
Composição centesimal aproximada .....	81
Digestibilidade “in vitro” da proteína e perfil de aminoácidos do jatobá .....	82
Fatores antinutricionais .....	83
Minerais .....	86
β-Caroteno .....	87
Ácidos ascórbico .....	87
Tocoferóis totais .....	88
Açúcares .....	88
Lipídios .....	88
Análise ao microscópio ótico .....	89
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>93</b>
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>97</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE “SNACKS” A PARTIR DE FARINHA MISTA DE JATOBÁ (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.) E AMIDO DE MANDIOCA (<i>Manihot esculenta</i> Crantz): OTIMIZAÇÃO DAS FORMULAÇÕES E DAS CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO ATRAVÉS DE METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E TESTES SENSORIAIS AFETIVOS .....</b>	<b>97</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>97</b>

INTRODUÇÃO .....	98
MATERIAL E MÉTODOS .....	100
Materiais .....	100
Composição química aproximada .....	100
Processamento .....	100
Propriedades físicas e funcionais dos extrusados .....	101
Teste de aceitação .....	102
Desenho experimental e análises estatísticas .....	102
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	104
Composição química aproximada .....	104
Índice de expansão .....	104
Índice de absorção em água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) .....	107
Viscosidade .....	110
Textura .....	111
Aceitação dos extrusados .....	113
CONCLUSÕES .....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	115
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>118</b>
<b>APLICAÇÃO DA FARINHA DE JATOBÁ (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.) NA ELABORAÇÃO DE BISCOITOS TIPO “COOKIE” COM ALTO TEOR DE FIBRA ALIMENTAR: OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÕES POR TESTES SENSORIAIS AFETIVOS .....</b>	<b>118</b>
RESUMO .....	118
1 - INTRODUÇÃO .....	119
2 - MATERIAL E MÉTODOS .....	120
2.1 - Material .....	120
2.2 - Formulação de biscoitos tipo “cookie” suplementados com farinha de jatobá ...	121
2.3 - Formulação de biscoitos tipo “cookie” com alto teor de fibra alimentar .....	123
2.4 - Caracterização química .....	123
2.4.1 - Farinha de jatobá .....	123

2.4.2 - Biscoitos tipo “cookie” com alto teor de fibra alimentar .....	124
2.5 - Caracterização física dos biscoitos tipo “cookie” suplementados com farinha de jatobá e alto teor de fibra alimentar .....	125
2.6 - Aceitabilidade dos biscoitos tipo “cookie” suplementados com farinha de jatobá e com alto teor de fibra alimentar .....	126
2.7 - Análise estatística .....	128
<b>3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>129</b>
3.1 - Composição centesimal aproximada da farinha de jatobá .....	129
3.2 - Caracterização física dos biscoitos tipo “cookie” suplementados com farinha de jatobá .....	130
3.3 - Aceitação dos biscoitos tipo “cookie” suplementados com farinha de jatobá ..	134
3.4 - Características físicas dos biscoitos tipo “cookie” com alto teor de fibra .....	143
3.5 - Aceitabilidade dos biscoitos com alto teor de fibra .....	144
3.6 - Caracterização química e nutricional dos biscoitos tipo “cookie” com alto teor de fibra .....	146
<b>4 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>148</b>
<b>5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>148</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>153</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>155</b>

## RESUMO GERAL

O jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) é uma leguminosa arbórea de ocorrência no cerrado brasileiro. Apesar da utilização do seu fruto na culinária regional, existem poucas informações disponíveis sobre sua composição química, seu valor nutricional e aproveitamento tecnológico. O presente estudo teve por objetivo avaliar o valor nutricional e o potencial de utilização da farinha de jatobá-do-cerrado como alimento. A composição química aproximada da farinha foi investigada procedendo-se à sua avaliação nutricional por métodos químicos. A aplicação tecnológica da farinha de jatobá foi avaliada investigando-se seu aproveitamento em produtos de panificação formulados com: (1) farinhas compostas de jatobá e amido de mandioca para produção de “snacks” através de extrusão termoplástica e (2) farinha composta de trigo e de jatobá para produção de biscoitos tipo “cookie”, contendo diferentes tipos de açúcares e alto teor de fibra. A otimização das formulações e das condições de processamento dos “snacks” foi feita através da metodologia de superfície de resposta, utilizando-se os resultados de testes sensoriais afetivos como variável dependente. Biscoitos formulados com farinha mista de trigo e jatobá, na proporção de 9:1 e adição de diferentes açúcares e aromatizantes foram otimizados por meio de testes sensoriais afetivos realizados em nível laboratorial em duas regiões geográficas distintas: Campinas (SP) e Goiânia (GO). Os resultados mostraram que a farinha de jatobá possui elevado teor de fibra alimentar, quantidades razoáveis de cálcio, magnésio, potássio e  $\beta$ -caroteno, e pequenas quantidades de proteínas, lipídios, ácido ascórbico e tocoferóis. A proteína da farinha de jatobá apresentou deficiência em vários aminoácidos essenciais quando comparada com as necessidades de aminoácidos sugerida pela FAO para crianças de 2-5 anos. A digestibilidade *in vitro* da proteína da farinha de jatobá foi considerada baixa, porém dentro dos níveis de digestibilidade das leguminosas cruas. Os níveis encontrados para os fatores antinutricionais analisados foram baixos, com exceção dos taninos. Os “snacks” produzidos com farinha mista de jatobá e amido de mandioca foram considerados aceitáveis nas formulações elaboradas com as condições jatobá:mandioca/umidade/temperatura de extrusão de 150:850/170 g kg<sup>-1</sup> /150°C. O biscoito formulado com farinha mista de trigo e jatobá na proporção de 9:1 e açúcar mascavo apresentou boa aceitação em testes de consumidores, sendo por esse motivo utilizado como formulação básica para fins de otimização de biscoito com níveis suplementares de fibra. Biscoitos elaborados a partir de farinha de trigo suplementada com níveis de 10, 15, 20 e 25%

de farinha de jatobá resultaram em produtos com bom teor de fibra alimentar e considerados aceitáveis por consumidores potenciais do produto. De um modo geral, a farinha de jatobá parece apresentar bom potencial de utilização para enriquecimento de produtos de panificação com fibra alimentar. Futuras pesquisas envolvendo a formulação de outros produtos de panificação poderão permitir uma suplementação tão ou mais eficiente de farinhas panificáveis com farinha de jatobá.

## ABSTRACT GENERAL

The "Jatobá-do-cerrado" tree (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) is a leguminous tree which grows in the Brazilian "cerrado" region. To date, few information concerning the fruit's chemical composition, nutritional value and technological utilization is available. Therefore, the purpose of this study was to assess the potential of jatobá flour for human nutrition. The proximate composition was determined and nutritional evaluation was carried out using chemical methods. The technological application of the flour was tested through its use in bakery products formulated with i) flours composed of jatobá and cassava starch for snack production through thermoplastic extrusion, and ii) flour composed of wheat and jatobá for the production of cookies, with different types of sugar and high fiber content. Optimization of formulations and processing conditions of the snacks was attained through Surface Response Methodology, using the sensory affective test results as dependent variable. Cookies formulated with mixed flour of wheat and jatobá in the proportion of 9:1 and addition of different sugars and aromas were optimized through sensory affective laboratory tests in two different geographic regions: Campinas (SP) and Goiânia (GO). The results suggest that jatobá flour has a high content of dietary fiber, and intermediate quantities of calcium, magnesium, potassium and  $\beta$ -carotene, as well as small quantities of proteins, fats, ascorbic acid and tocopherols. The jatobá flour protein was shown to lack various essential amino acids when compared with the FAO requirement pattern for children aged 2-5 years. The *in vitro* digestibility of the jatobá flour protein was found to be low, yet it falls within the levels of digestibility of raw legumes. The levels of antinutritional factors were low, except for tannins. The snacks produced with blends of jatobá flour and cassava starch were considered acceptable, according to the affective test for formulations under the following conditions: jatoba:cassava/moisture /temperature of 150:850/ 170g kg<sup>-1</sup> / 150° C. According to the results of the mean-value test, frequency-histogram test and Preference-Mapping test, the cookies formulated with blends of wheat and jatobá flours in the proportion of 9:1 and brown sugar was the most acceptable for optimization with supplementary levels of fibers. Cookies made of wheat flour supplemented with 10, 15, 20 and 25% of jatobá flour resulted in a product with a good level of dietary fiber and were considered adequate for potential consumers. However, acceptance diminished with higher amounts of jatobá flour. It was therefore concluded that

jatobá flour has good potential for enriching bakery products with dietary fiber. Further research, involving formulation of other bakery products, and use of additives may permit a more efficient supplementation of bakery flours with jatobá flour.

## INTRODUÇÃO GERAL

De todas as plantas utilizadas pela espécie humana, as leguminosas são consideradas a segunda maior família. Na alimentação humana, somente as gramíneas são mais importantes do que as leguminosas (DELWICHE, 1978; NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1979).

A família Leguminosae é uma das mais importantes sob o ponto de vista econômico, visto que fornece uma grande variedade de fontes alimentares, principalmente de sementes, forragens e madeira, nas regiões temperadas e tropicais do mundo (HEYWOOD, 1971).

As leguminosas do gênero *Hymenaea* pertencem à subfamília Caesalpinoideae e tribo Detarieae e tem sido consideradas como neotropicais (LEE & LANGENHEIM, 1974). Esse gênero compreende treze espécies brasileiras (RIZZINI, 1971). Embora, os exemplares dessa espécie não sejam mais facilmente encontrados, ainda são importantes pelas suas potencialidades (CANDIDO, 1993).

O jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) é uma leguminosa característica da região do cerrado brasileiro, que atinge cerca de 3-10 m de altura e pode chegar a 50 cm de diâmetro em pontos abrigados do cerrado (RIZZINI, 1971). Seus frutos, muito apreciados pelas populações rurais, fornecem uma polpa farinácea com emprego na culinária regional (ALMEIDA et al., 1987; LORENZI, 1992).

A região de cerrado abrange aproximadamente uma área de 204 milhões de hectares, distribuída principalmente nos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia, Piauí, Maranhão e Distrito Federal (SILVA et al., 1994).

As fruteiras nativas do cerrado ocupam lugar de destaque no ecossistema da região. Esses frutos são comercializados em feiras, com grande aceitação popular. Entretanto, a sua exploração tem sido feita de forma extrativista e muitas vezes predatória (SILVA et al. 1994), o que tem concorrido para a ameaça de extinção de algumas espécies, dentre elas o jatobá-do-cerrado.

Apesar da utilização do jatobá na alimentação humana, poucas informações científicas sobre o fruto são disponíveis até o presente momento, havendo assim uma grande demanda por estudos que caracterizem aspectos nutricionais e tecnológicos da farinha de jatobá.

melhor o potencial de uso das várias espécies nativas do cerrado, particularmente das que já encontram uso popular (TOGASHI & SGARBIERI, 1994).

Por outro lado, a demanda de alimentos processados prontos para o consumo, de boa qualidade nutricional, boas características organolépticas e longa vida de prateleira, está aumentando no mundo, em função da urbanização e da maior competitividade por parte das mulheres no mercado de trabalho (BOOTH, 1990). Os produtos obtidos por processo de panificação são os que encontram maiores condições para satisfazer estas necessidades (CHAVAN & KADAN, 1993).

Um dos benefícios nutricionais atribuídos às leguminosas refere-se à complementaridade de seus aminoácidos com aqueles dos cereais. Essa ocorrência tem conduzido à fortificação de produtos de panificação tradicionais (pães e biscoitos) e também de produtos de panificação de consumo apenas regional, com farinhas de leguminosas. Mais recentemente, atendendo a novas demandas do mercado consumidor, algumas tentativas têm sido feitas para selecionar fontes protéicas econômicas que também contribuam para o aumento do conteúdo de fibra alimentar em produtos de panificação (CHAVAN & KADAN, 1993).

Na formulação de farinhas mistas ou compostas, tão importante quanto o valor nutricional do alimento utilizado na fortificação é a sua aceitação cultural junto à população que consumirá o produto final produzido a partir da farinha fortificada (AKOBUNDU et al., 1988). Desta forma, é imprescindível que os alimentos escolhidos para a formulação de farinhas compostas sejam pesquisados em relação a sua composição química, características nutricionais e sensoriais para o desenvolvimento de tecnologia adequada, que permita sua utilização em produtos de panificação de forma eficiente.

Considerando a carência de dados sobre a composição química e nutricional da farinha de jatobá e visando a escolha de uma tecnologia apropriada para o aproveitamento do jatobá como recurso alimentar, este estudo teve por objetivos: (1) caracterizar química e nutricionalmente a farinha de jatobá e (2) investigar o uso potencial dessa farinha na produção de “snacks” e biscoitos tipo “cookie”, otimizando formulações e processos através de testes sensoriais afetivos.

Este trabalho foi apresentado sob a forma de artigos para publicação, sendo que, no primeiro capítulo, encontra-se a revisão geral de assuntos pertinentes à tese. No segundo,

apresentou-se a caracterização química e nutricional da farinha de jatobá. O terceiro capítulo relata os resultados referentes ao estudo da utilização da mistura de farinha de jatobá e amido de mandioca para elaboração de “snacks” e o quarto, a aplicação da farinha mista de trigo e jatobá na obtenção de biscoitos tipo “cookie”.

O artigo do capítulo dois, intitulado “Caracterização química e nutricional da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.)”, foi preparado conforme as normas para publicação da revista **Journal of Food Science**.

O segundo artigo, intitulado “Desenvolvimento de snacks a partir de farinha mista de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) e amido de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz): otimização das formulações e das condições de processamento através de metodologia de superfície de resposta e testes sensoriais afetivos”, encontrado no capítulo três, foi apresentado de acordo com as normas para publicação da revista **Journal Science Food and Agriculture**. Este artigo foi aprovado para publicação pelos editores da revista em dezembro de 1996.

No capítulo quatro, foi apresentado o artigo “Aplicação da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na elaboração de biscoitos tipo “cookie” com alto teor de fibra alimentar: otimização de formulações por testes sensoriais afetivos”, que está de acordo com as normas para publicação da revista **Ciência e Tecnologia de Alimentos da SBCTA** (Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos).

# CAPÍTULO 1

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1. Cerrado e jatobá

Entre os sete grandes domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do Brasil, inclui-se o domínio dos cerrados, situado principalmente no planalto central, com predominância de clima tropical subúmido, coberto por uma paisagem que varia desde campo até áreas florestadas (BARBOSA, 1996). O cerrado é uma unidade ecológica típica de zona tropical, caracterizado por uma vegetação de fisionomia e flora próprias (PINTO, 1993).

O cerrado constitui o segundo maior bioma da América do Sul e ocupa cerca de 2 milhões de quilômetros quadrados do território brasileiro, englobando os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal e regiões de Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia e São Paulo (PEIXOTO & CORADIN, 1993).

A vegetação do cerrado apresenta dois estratos, um arbóreo e outro formado por gramíneas, ervas e espécies arbustivas (CÂMARA, 1993). O cerrado apresenta uma série de ambientes ou subsistemas diversificados entre si pelo caráter fisionômico e pela composição vegetal e animal, os quais podem ser denominados de subsistema dos campos, do cerrado, do cerradão, das matas, das matas ciliares, das veredas e de ambientes alagadiços (BARBOSA, 1996).

Devido à sua vasta extensão territorial, à sua posição geográfica, heterogeneidade vegetal, e por ser cortado pelas três maiores bacias hidrográficas da América do Sul, o cerrado destaca-se por sua biodiversidade (ALHO & MARTINS, 1995). Estudos recentes têm demonstrado que o bioma é também um dos grandes responsáveis pela reciclagem de oxigênio do continente. Ao contrário da floresta amazônica, que consome quase todo o oxigênio que recicla, as formações de savana do bioma são capazes de processar CO<sub>2</sub> e liberar O<sub>2</sub> numa proporção equilibrada (JOSÉ, 1997).

A flora do cerrado é considerada a mais rica entre as savanas do mundo (ALHO & MARTINS, 1995). Estima-se em cerca de 4.000 a 10.000 o total de espécies de plantas para toda a região (PEREIRA, 1992). Recursos vegetais de caráter alimentício, medicinal e madeireiro entre outros podem ser citados em grande quantidade (BARBOSA, 1996).

Muitas plantas úteis do cerrado são comuns e bem conhecidas no meio rural, com seus usos fazendo parte das tradições e dos costumes regionais. Diversas espécies são utilizadas como sucedâneas de produtos industrializados e várias chegam a ser objeto de comércio nas cidades (PEREIRA, 1992).

Apesar disso, a maior parte dessas plantas foi estudada até o momento somente no aspecto morfológico, para fins de classificação botânica. Poucos estudos demonstram a utilidade comprovada das espécies na alimentação, na medicina, na produção de cortiça, de fibras, de óleos, no artesanato e na decoração (PEREIRA, 1992; ALHO & MARTINS, 1995). Alguns desses recursos vegetais, frutíferos ou não, constituem potenciais fontes de exploração econômica, visto que a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias podem viabilizar seu aproveitamento a curto prazo (BARBOSA, 1996).

O cerrado transformou-se, nas últimas duas décadas, na nova fronteira agrícola do país, devido aos estudos para manejo de solos através de calagem, adubação, irrigação e à boa topografia e textura, baixo custo da terra, boa rede de estradas e proximidade dos centros consumidores (DIAS, 1992).

Entretanto, a ocupação econômica do cerrado tem ocorrido sem planejamento adequado e em consequência do uso tradicional e abusivo de queimadas, extrativismo predatório, obtenção de carvão da vegetação nativa, monocultura de grãos como a soja para exportação, expansão urbana, construção de grandes barragens, expansão agropastoril e extrativismo mineral sem planejamento racional, uma grande extensão de terra com formações vegetais nativas tem sido eliminada, com risco iminente de extinção de um ecossistema ainda pouco estudado e conhecido (CÂMARA, 1993; MELLO FILHO, 1993; VERDESIO, 1993; ALHO & MARTINS, 1995).

O cerrado e a mata atlântica brasileiros estão entre as 17 vegetações mais ameaçadas do mundo, segundo a *Conservation International*, uma organização ambiental sediada em Washington / EUA. A destruição de mais de 75% da cobertura vegetal original de uma região rica em biodiversidade a coloca automaticamente na lista dos *hot spots* ou “pontos preferenciais de ação” da ecologia mundial. Do cerrado, restam hoje apenas 5% da cobertura vegetal original de um ecossistema que ocupava todo espaço do planalto central brasileiro (SOTERO, 1997).

A utilização racional e sustentável dos recursos biológicos (flora e fauna) do cerrado, constitui uma das medidas para a conservação de sua biodiversidade. Para este fim, é necessário proteger os recursos hídricos da região, estabelecer incentivos econômicos para o cultivo de espécies nativas de interesse alimentício, medicinal, forrageiro, madeireiro e ornamental e explorar racionalmente as espécies da fauna de potencial econômico (ALHO & MARTINS, 1995).

A conservação da biodiversidade do cerrado deve aliar-se ao desenvolvimento nacional. Através de um desenvolvimento baseado na racionalidade e na correta avaliação do potencial dos recursos naturais, pode-se resguardar o ecossistema para as gerações futuras (ALHO & MARTINS, 1995).

Segundo MAY (citado por BARTHAKUR et al., 1995), as florestas tropicais contêm uma imensa diversidade de espécies de plantas com potencial benéfico para a humanidade. Entretanto, 1 a 2% do total da área de florestas é destruída a cada ano, resultando na extinção de muitas espécies antes mesmo que tenham sido analisadas e avaliadas nas suas propriedades nutritivas e medicinais.

Aproximadamente uma centena de espécies vegetais dessa região fornecem ao homem frutos comestíveis, e um número incalculável é aproveitado como recurso alimentar pela fauna silvestre. Destacam-se a mangaba (*Hancarnia speciosa*), a cagaita (*Eugenia dysenterica*), o bacupari (*Salacia crassifolia*), o baru (*Dipteryx alata*), o marolo (*Annona crassiflora*), o pequi (*Caryocar brasiliense*), a guariroba (*Campomanesia* spp.), o araçá (*Psidium* spp.), o araticum (*Annona* spp.), o caju (*Anacardium* spp.), o murici (*Byrsonima* spp.) e o jatobá (*Hymenaea* spp.) (PEIXOTO & CORADIN, 1993).

O termo jatobá refere-se à denominação comum de espécies do gênero *Hymenaea*, das leguminosas Cesalpinóides (BRAGA, citado por FERREIRA et al., 1992). O gênero *Hymenaea* compreende cerca de 15 espécies tropicais americanas; destas, 13 são brasileiras. As árvores deste gênero fornecem frutos comestíveis, boas madeiras, valiosas resinas e cascas taníferas (RIZZINI, 1971).

O jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) é uma espécie da família Leguminosae e sub-família Caesalpinoideae encontrada no cerrado dos estados de Piauí, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo (LORENZI, 1992). A árvore e os

frutos do jatobá são apresentados na Figura 1. Esta espécie, como outras de jatobá, oferece uma multiplicidade de usos (ROCHA et al., 1992).

O jatobá produz frutos robustos, de tamanho variando entre 10 e 20 cm de comprimento e largura variando entre 4 e 6 cm e possuindo até 13 sementes (RIZZINI, 1971). Os frutos são comestíveis e apreciados pelas populações rurais que ingerem a polpa farinácea na forma “in natura” e como mingau. Esses frutos são também muito procurados por várias espécies da fauna local, sendo por isso úteis no plantio de áreas degradadas destinadas à recomposição da vegetação arbórea (LORENZI, 1992). Além de fornecer frutos com polpa farinácea, do jatobazeiro podem ser utilizadas a madeira, resina e casca (ALMEIDA et al, 1987).

Na região de Jataí - Goiás - a espécie é nativa e tem despertado o interesse da equipe de pesquisadores da Estação Ciência Mato do Açude no sentido de promover a preservação das espécies naturais e conseqüentemente do cerrado. O grupo visa a criação de tecnologias apropriadas para o aproveitamento de frutos nativos como recursos alimentares e fontes de desenvolvimento sustentado (INSTITUTO DO TRÓPICO SUBÚMIDO, 1992). As atividades conservacionistas são providas de cunho social, cultural e econômico, com a participação de crianças carentes nas atividades de utilização racional dos produtos encontrados no local.

Apesar da utilização culinária da farinha de jatobá na região, não existem informações suficientes sobre as características dos componentes químicos dessa farinha bem como de seu valor nutritivo, havendo assim uma grande demanda por estudos que caracterizem aspectos nutricionais e tecnológicos da farinha de jatobá.

## **2. Leguminosas: alguns aspectos na alimentação e nutrição**

### **2.1. Leguminosas na nutrição humana**

O cultivo de leguminosas é paralelo à civilização humana e ao surgimento da agricultura (DESHPANDE, 1992). A data da origem das leguminosas é desconhecida (RAVEN & POLHILL, 1981), no entanto, através de registros fósseis, acredita-se que a família tenha origem no período Cretáceo (HEYWOOD, 1971).

A



B



Figura 1. Árvore e frutos do jatobá-do-cerrado: A) árvore (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.),  
B) 1 - frutos, 2 - farinha extraída do fruto, 3 - sementes encontradas no fruto.

As leguminosas têm crescido em importância em muitas partes do mundo (NIELSEN, 1991). Nas regiões industrializadas, a utilização de grãos e sementes na alimentação tem sido associada à imagem de alimentação saudável (FARINU & INGRAO, 1991; MORROW, 1991).

Em geral, as leguminosas são fontes de carboidratos complexos, proteína, fibra alimentar, possuindo teores significativos de vitaminas e minerais e alto conteúdo energético (MORROW, 1991; NIELSEN, 1991). Entretanto, o valor nutritivo destas plantas é atribuído primariamente a seu conteúdo elevado em proteínas (FERNÁNDEZ-QUINTELA et al., 1993).

O perfil de aminoácidos das leguminosas, na maior parte das vezes, complementa o perfil de aminoácidos provenientes de cereais (NIELSEN, 1991). Nutricionalmente, as leguminosas são duas a três vezes mais ricas em proteínas do que os cereais (SALUNKHE et al., 1990).

As leguminosas apresentam altos níveis de carboidratos de absorção lenta, principalmente devido a seu conteúdo mais elevado de fibra solúvel, quando comparadas a cereais e tubérculos (MORROW, 1991).

Devido à sua importância na dieta humana, numerosos estudos têm sido conduzidos com relação à qualidade das proteínas das leguminosas sobre vários aspectos, tais como deficiência de aminoácidos sulfurados na dieta, atividade de inibidores de proteases e lectinas, efeitos de vários tratamentos, baixa digestibilidade de proteínas e o efeito complementar de misturas de leguminosas e amido de cereais e tubérculos (DESHPANDE & DAMODARAN, 1990).

A quantidade de espécies de leguminosas utilizadas como alimento e na produção de forragens representa uma pequena fração do seu potencial total. Portanto, outras espécies devem ser examinadas com respeito à sua aplicabilidade (DELWICHE, 1978).

Existem alguns fatores que limitam o uso de leguminosas como alimentos, quer devido ao efeito potencial deletério em termos nutricionais, toxicológicos e tecnológicos, quer devido à dificuldade na aceitação pelos consumidores (SATHE & SALUNKHE, 1984). Estes fatores incluem textura resistente ao cozimento, flatulência, sabor característico de soja crua, processamento demorado, presença de substâncias antinutricionais, baixa digestibilidade e ignorância de seu valor nutricional (ENE-OBONG, 1995).

## 2.2. Perfil de aminoácidos e digestibilidade de proteínas das leguminosas

O valor nutritivo de uma proteína depende de sua composição em aminoácidos, digestibilidade, biodisponibilidade dos aminoácidos essenciais, propriedades antinutricionais e ausência de toxicidade (SGARBIERI, 1996a). Mais especificamente, a determinação do valor protéico de um alimento corresponde à sua capacidade para satisfazer as necessidades do organismo em aminoácidos e assegurar crescimento e manutenção convenientes (CHEFTEL et al, 1989). Desta forma, a qualidade de uma proteína dependerá do balanço em aminoácidos essenciais, sua digestibilidade (BRESSANI & ELIAS, 1984; FRIEDMAN, 1996), utilização após a absorção e taxa de oxidação mínima obrigatória (FRIEDMAN, 1996).

As proteínas de origem vegetal têm uma composição em aminoácidos que é, de maneira geral, nutricionalmente menos favorável do que as proteínas animais (FRIEDMAN, 1996).

Embora as leguminosas tenham um lugar de destaque na alimentação humana, devido ao seu maior teor de proteína, se comparado aos cereais, vários estudos têm demonstrado a sua deficiência de aminoácidos essenciais (DESHPANDE, 1992; CALET, 1992; RACKIS & GUMBMANN, 1982).

O cômputo químico de aminoácidos e os testes biológicos mostram que as proteínas das leguminosas são deficientes em aminoácidos sulfurados, metionina e cistina (NIELSEN, 1991; ANTUNES & SGARBIERI, 1980; DESHPANDE, 1992), e o triptofano aparece na maioria das vezes como segundo limitante (DESHPANDE, 1992).

As análises de aminoácidos da soja [*Glycine max* (L) Merrill] realizadas por LAM-SÁNCHEZ et al. (1982) mostraram altos teores de lisina, destacando-se o cultivar IAC-2 com 7,354 g/16g de nitrogênio e baixos valores de metionina. ANTUNES & SGARBIERI (1980) encontraram deficiência de aminoácidos sulfurados: metionina e cisteína em feijões (*Phaseolus vulgaris* var. Rosinha G2). SOUZA et al. (1991a) observaram no feijão-guandu [*Cajanus cajan* (L) Mill sp] uma alta concentração de lisina (6,27%) e baixos teores de cistina (1,08%) e metionina (0,92%).

SOTELO et al. (1995a) avaliaram o perfil de aminoácidos de 10 leguminosas selvagens do México e concluíram que todas apresentaram baixos teores de aminoácidos sulfurados e triptofano. SOTELO et al. (1995b) relataram os aminoácidos sulfurados como

primeiro limitante em feijões (*Phaseolus vulgaris*) domésticos e selvagens. SOUZA et al. (1991b) observaram no feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L) D. C] um alto nível de lisina (5,90%) e baixos teores de aminoácidos sulfurados (1,62%). MOHAN & JANARDHANAN (1995) estudaram a qualidade nutricional de leguminosas selvagens provenientes da Índia e encontraram deficiências variadas de aminoácidos, tais como treonina, cistina, metionina, fenilalanina e lisina. LAURENA et al. (1991) observaram, na maioria das sete leguminosas nativas pesquisadas nas Filipinas, metionina como primeiro limitante e leucina, lisina, treonina ou tirosina como segundo limitante.

A dieta contendo proteína de leguminosa como única fonte protéica falha em sustentar a taxa de crescimento em animais e humanos, equivalente às proteínas padrões como a caseína e a proteína do ovo (DESHPANDE, 1992).

A digestibilidade protéica das leguminosas situa-se na faixa de 72 a 89%, sendo que, nos produtos de soja, os níveis mais altos de digestibilidade protéica variam entre 90 e 98%. O escore de aminoácidos, por sua vez, varia de 0,92 a 0,99, corrigido pela digestibilidade (FAO, 1991). Alguns fatores como presença de substâncias antinutricionais, estrutura da proteína e complexação com amido, hemicelulose, minerais e outras proteínas limitam a digestibilidade e reduzem a qualidade nutricional das leguminosas (DESHPANDE & NIELSEN, 1987). MÉNDEZ et al. (1993) sugerem que a baixa digestibilidade das proteínas de leguminosas pode ser causada pela interação de aminoácidos e proteínas com componentes da fibra alimentar insolúvel.

MELITO & TOVAR (1995) observaram diferenças entre a digestibilidade de caseína (95%) e a digestibilidade de proteínas de certas leguminosas (79 - 87%) tratadas termicamente. Estes autores sugerem que a ocorrência de paredes celulares envolvendo as frações protéicas, em leguminosas submetidas a tratamento térmico brando, reduz o acesso das enzimas digestivas a estes constituintes.

Para IKEDA et al. (1995), a estrutura química das proteínas de alimentos produzidos com soja pode ser um importante fator na baixa digestibilidade da proteína. As evidências experimentais revelaram baixos níveis de proteína solúveis e grupos sulfidril livres em produtos de soja com baixa digestibilidade da proteína.

DESHPANDE & NIELSEN (1987) estudaram a digestibilidade “in vitro” da faseolina extraída de extratos de feijões submetidos a 99° C por 30 minutos. Os autores encontraram

frações de albumina, obtidas por cromatografia de coluna DEAE-celulose, resistentes à ação de enzimas proteolíticas, provavelmente devido à presença de inibidores de protease.

Embora em seu estado “in natura” as leguminosas possuam baixo valor nutritivo (BRADY et al., 1978), uma melhora da digestibilidade da proteína e do seu potencial nutritivo pode ser obtido quando os grãos são submetidos aos processos de embeбimento (KATARIA et al., 1989; KON, 1979), retirada da casca (RANI & HIRA, 1993), germinação (KATARIA et al., 1989; MARERO et al., 1991; DANISOVÁ et al., 1994; KHALIL & MANSOUR, 1995), cozimento em calor úmido (ZIENA et al., 1991; LAURENA et al., 1991; EGBE & AKINYELE, 1990; HASDAI et al., 1989; ANTUNES & SGARBIERI, 1977; AYYAGARI et al., 1989) ou outras formas de tratamento por aquecimento (POEL et al., 1990; LAURENA et al., 1991; CHURELLA et al., 1976; MULIMANI & PARAMJYOTHI, 1993; TAN et al., 1984; DAVIS, 1981; TURNER & LIENER, 1975; KON, 1979).

A despeito das comprovações do baixo cômputo químico da proteína das leguminosas, DESHPANDE (1992) considera errôneo o conceito de que as proteínas provenientes de leguminosas são nutricionalmente inferiores, visto que a lisina é referida como o principal aminoácido deficiente na maioria das proteínas originárias de plantas, e raramente as leguminosas são consumidas como única fonte de nutrientes da dieta. A suplementação da dieta com aminoácidos sulfurados, obtida através da combinação de alimentos complementares como leguminosas e cereais, permite a obtenção de uma alimentação equilibrada em aminoácidos essenciais (UZZAN, 1994) e a redução das deficiências nutricionais das leguminosas.

### 2.3. Fatores antinutricionais

Os grãos de leguminosas contêm uma variedade de constituintes conhecidos como fatores antinutricionais que podem provocar efeitos fisiológicos adversos ou diminuir a biodisponibilidade de certos nutrientes (ELKOWICZ & SOSULSKI, 1982; FARINU & INGRAO, 1991).

LIENER (1994) classificou os fatores antinutricionais presentes na soja em instáveis ao calor - inibidores de proteases, lectinas, goitrogênicos e antivitaminas - e estáveis ao calor - fitatos, taninos, saponinas, estrógenos, fatores de flatulência, lisinoalanina e alérgenos.

Muitos dos fatores antinutricionais presentes em leguminosas podem ser eliminados ou inativados em grande extensão pela utilização de aquecimento apropriado e processamento como embeбimento, esterilização e cozimento em vapor úmido (ELKOWICZ & SOSULSKI, 1982; ENE-OBONG, 1995).

A germinação de grãos tem sido utilizada como tratamento efetivo na remoção de fatores antinutricionais em leguminosas, através da mobilização de compostos metabólicos secundários, que provavelmente funcionam como reserva de nutrientes, como fitatos e oligossacarídeos (VIDAL-VALVERDE et al., 1994; DANISOVÁ et al., 1994).

A maior questão sobre os riscos à saúde provocados por antinutrientes é o desconhecimento dos níveis de tolerância, do grau de variação do risco individual e da influência de fatores ambientais sobre a habilidade de detoxificação do organismo (BENDER, 1987), uma vez que danos crônicos leves, devidos à prolongada ingestão de antinutrientes, são muito difíceis de se avaliar. Além disso, existem muitas controvérsias em estudos de biodisponibilidade “in vivo”, a respeito da extrapolação de resultados de sistemas experimentais para seres humanos que se alimentam com dietas complexas (EMPSON et al., 1991).

Recentemente, o papel dos fatores antinutricionais tem sido questionado, com relação ao potencial de algumas destas substâncias em exercer funções benéficas ao organismo humano (THOMPSON & YOON, 1984; THOMPSON & GABON, 1987). A habilidade do ácido fítico em atuar como anticarcinogênico (GRAF & EATON, 1985; SHAMSUDDIN, 1992) e antioxidante (EMPSON et al., 1991) e mesmo a possível contribuição nutricional de lectinas e ácido fítico no tratamento de diabetes, através da ação inibidora de  $\alpha$ -amilases (THOMPSON & GABON, 1987), são exemplos da diversidade de atuação destas substâncias.

Entretanto, HEANEY & WEAVER (1991) acham prematura a indicação de suplementos dietéticos de substâncias antinutricionais como o fitato na dieta de indivíduos normais.

### 2.3.1. Inibidores de proteases

Os inibidores de proteases são proteínas de ampla distribuição no reino vegetal, capazes de inibir as atividades da tripsina, quimiotripsina, amilase e carboxipeptidase (XAVIER-FILHO & CAMPOS, 1989; BENDER, 1987). Geralmente, os inibidores são

denominados como inibidores da primeira enzima na qual foram testados, na maioria das pesquisas foi investigada a tripsina (SGARBIERI & WHITAKER, 1982).

A pesquisa de inibidores de proteases foi centrada, principalmente, nos inibidores de tripsina encontrados nas sementes de leguminosas, mais especificamente na soja, os quais foram suspostamente responsabilizados pelo baixo valor nutritivo de leguminosas cruas (XAVIER-FILHO & CAMPOS, 1989).

Os inibidores de proteases da soja são classificados em duas principais categorias: (1) os de alto peso molecular, com aproximadamente 20.000, que apresentam duas pontes dissulfeto, 181 resíduos de aminoácidos e possuem especificidade primária para tripsina e (2) os de peso molecular de aproximadamente 6.000 a 10.000, com alta proporção de ligação dissulfeto, 71 resíduos de aminoácidos e capacidade para inibir tripsina e quimiotripsina em sítios de ligação independentes. Estes inibidores são referidos como tipo Kunitz e Bowman-Birk (Figura 2), respectivamente (LIENER, 1994).

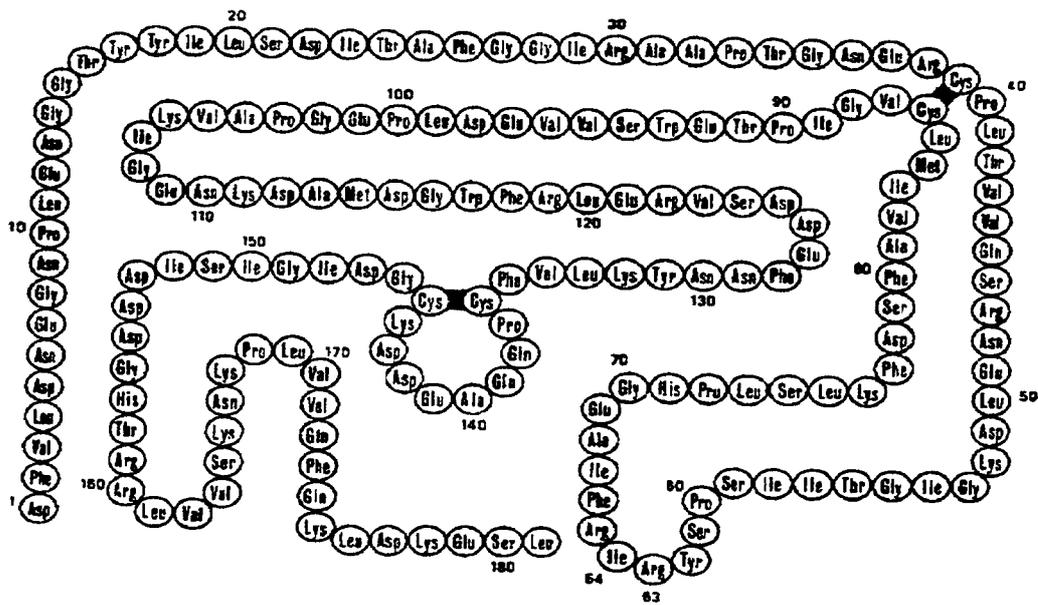
KOIDE & IKENAKA (1973) estabeleceram a seqüência completa de aminoácidos do inibidor de Kunitz da soja (Figura 2). Recentemente, foi obtida a seqüência completa de aminoácidos para iso-inibidores de tripsina de um número considerável de inibidores típicos de sementes de leguminosas, os quais foram adicionados às classes dos inibidores de Kunitz e Bowman-Birk (XAVIER-FILHO & CAMPOS, 1989).

A estabilidade térmica dos inibidores de proteases depende de seu peso molecular e do grau de estabilização da conformação ativa por pontes de dissulfeto (BELITZ & GROSH, 1988). O inibidor de Bowman-Birk da soja é mais estável ao calor e variações do pH do que o inibidor de Kunitz, devido às diferenças de tamanho e número de ligações dissulfeto (SGARBIERI & WHITAKER, 1982).

ANTUNES & SGARBIERI (1980) obtiveram inativação total de inibidor de tripsina em feijões (*Phaseolus vulgaris*) embebidos em água destilada por uma noite e submetidos a temperatura de 97° C por 7,5 minutos. Esse fato, demonstra, segundo os autores, que inativação total do inibidor de tripsina pode ser alcançada em feijões embebidos em água e aquecidos a 100°C por 5 a 10 minutos.

A tripsina humana é fracamente inibida pelo inibidor de Kunitz, na base de mol/mol (BENDER, 1987). Entretanto, o inibidor de Bowman-Birk é relativamente estável à exposição do suco gástrico humano (LIENER, 1986).

A



B

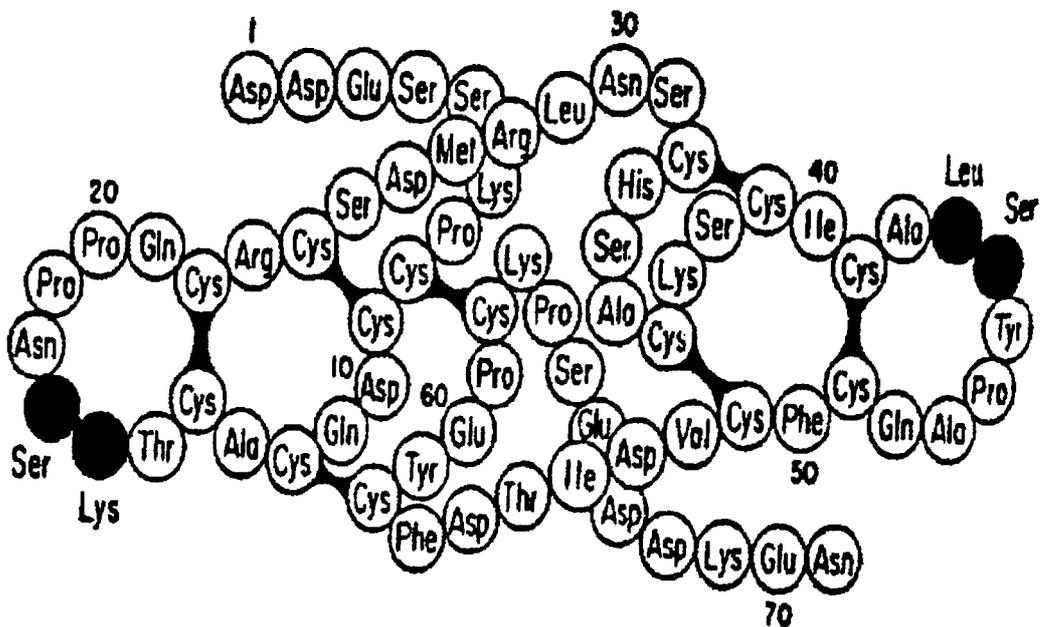


Figura 2. A) Estrutura primária do inibidor de Kunitz (Fonte: KOIDE & IKENAKA, 1973)  
 B) Seqüência de aminoácidos do inibidor de Bowman-Birk (Fonte: ODANI & IKENAKA citados por SGARBIERI & WHITAKER, 1982 )

Os inibidores de proteases de leguminosas, particularmente da soja, têm sido tema de vários estudos, devido a sua interferência em nutrição animal (RACKIS, 1974). Os efeitos nocivos dos inibidores de proteases em animais alimentados com leguminosa crua são complexos. Muitos estudos com animais monogástricos tem atribuído aos efeitos deletérios, principalmente, redução da taxa de crescimento e alterações metabólicas do pâncreas, à presença de inibidores de tripsina na alimentação à base de leguminosas (AL-WESALI et al., 1995)

Os resultados da pesquisa de GRANT et al., (1988) com ratos alimentados com proteína de soja mostraram considerável aumento do tamanho do pâncreas dos animais. LIDDLE et al. (1984) observaram elevação dos níveis de colecistoquinina em ratos, após a aplicação intragástrica de inibidor de tripsina extraído de soja.

As evidências experimentais induzem a aceitação do mecanismo de inibição retroativa do controle da secreção do pâncreas, para a explicação de hipertrofia pancreática em ratos com administração maciça de inibidor de tripsina. No mecanismo de inibição retroativa proposto para a regulação da secreção enzimática do pâncreas, os níveis de tripsina e/ou quimiotripsina livres no intestino delgado determinam a quantidade de secreção pancreática, isto é, quando o nível de tripsina abaixa a um certo limiar o pâncreas é induzido através da colecistoquinina a secretar mais enzima (RACKIS & GUMBMAN, 1982). O inibidor de tripsina bloqueia a ação da tripsina resultando em aumento excessivo da concentração plasmática de colecistoquinina, e desta forma, o pâncreas é continuamente estimulado a liberar mais enzima, provocando hipertrofia pancreática (LIDDLE et al., 1984).

Diferentemente de ratos e galinhas, a ingestão de farinha de soja e feijão crus por porcos da Índia, bezerros, cachorros e porcos não provoca hipertrofia pancreática, contudo, observa-se hiposecreção das enzimas pancreáticas e sérica, depressão do ganho de peso corporal ou perda de peso de animais (HASDAI et al., 1989).

No entanto, BENDER (1987) relata que existem discordâncias entre autores sobre a hipertrofia de pâncreas em animais. Uma vez que, alguns pesquisadores observaram aumento do número de células e outros aumento do tamanho das células ou ambos fenômenos. Em complementação, vaca, porco e cachorro não desenvolvem esses tipos de alteração do pâncreas, ao contrário de ratos e galinhas.

NITSAN & LIENER (1976) estudaram o efeito de dietas com farinha de soja crua e aquecida sobre os níveis de tripsina, quimiotripsina e amilase no pâncreas de ratos. Os autores concluíram que a ingestão de soja crua, ao contrário da soja cozida, estimulou a secreção das enzimas pancreáticas.

A inibição do crescimento em animais jovens alimentados com leguminosas cruas é provocada pela excessiva perda fecal de proteína secretada pelo pâncreas, visto que as enzimas pancreáticas são ricas em aminoácidos sulfurados e esta perda endógena não pode ser compensada pela ingestão de proteína de leguminosas (RACKIS & GUMBMANN, 1982).

CHURELLA et al., (1976) não observaram hipertrofia ou hiperplasia pancreática em ratos alimentados com fórmulas infantis à base de soja. Os autores sugerem que o tratamento térmico das fórmulas pesquisadas foi suficiente para reduzir o inibidor de tripsina a baixos níveis, portanto, sem qualquer significância nutricional.

MULIMANI & PARAMJYOTHI (1993) obtiveram redução da atividade de inibidor de tripsina e quimiotripsina em feijão-guandu (*Cajanus cajan L.*) através de aplicação de radiação ultravioleta por 90 minutos e aquecimento dos grãos previamente embebidos em água a 100° C por 5 minutos.

ABBEY et al. (1979a) relataram a possível existência de outros fatores além do inibidor de tripsina em feijão cru, capazes de causarem hipertrofia pancreática e elevação dos níveis de tripsina e quimiotripsina no intestino de ratos.

Embora a hipertrofia pancreática seja freqüentemente reportada em animais de laboratório, e supostamente desencadeada pela presença de inibidores de protease, não existem evidências de efeitos deletérios em seres humanos (DESHPANDE & NIELSEN, 1987). Ainda que, mesmo no caso de alguns grãos consumidos crus, como o amendoim (*Arachis hypogaea*) que comprovadamente possui inibidor de tripsina e quimiotripsina, não há qualquer relato de efeito nocivo a saúde (BENDER, 1987).

No entanto, LIENER et al., (1988) observaram um efeito estimulatório do inibidor de Bowman-Birk na atividade do pâncreas de seres humanos. Quando foi adicionado mais do que 4 mg de inibidor por mL de suco pancreático houve aproximadamente 95% de inibição da tripsina e 50% de inibição da elastase.

### 2.3.2. Lectinas

A definição de lectina mais completa foi formulada por KOCOUREK & HOREJSI (citados por ETZLER, 1985). De acordo com estes autores, lectinas são proteínas de natureza não imune, ou seja, não pertencentes ao sistema imunológico, porém capazes de reconhecer sítios específicos em moléculas e ligar-se reversivelmente a carboidratos, sem alterar a estrutura covalente das ligações glicosídicas dos sítios.

As lectinas ou hemaglutininas podem ser caracterizadas e detectadas por sua habilidade em aglutinar eritrócitos, em certos casos com alta especificidade (ASKAR, 1986; LIS & SHARON, 1973). Algumas lectinas são específicas em suas reações com grupos sanguíneos humanos ABO e MN e subgrupo A<sub>1</sub> (SHARON & LIS, 1972). Todos estes efeitos são produzidos pela habilidade das lectinas de se ligarem a tipos específicos de açúcares na superfície celular (DESHPANDE & DAMODARAN, 1990). Além dessas propriedades, as lectinas podem promover estimulação mitogênica de linfócitos e aglutinação de células cancerosas (LIS & SHARON, 1973; LIENER, 1981).

Embora muitas lectinas reconheçam e se liguem a açúcares simples tais como glicose, manose, galactose, N-acetilgalactosamina, N-acetilglucosamina ou fucose, a afinidade é muito maior para com os constituintes de glicoproteínas: ácido siálico e N-acetilgalactosamina contendo cadeias de glucanos, encontrados em animais e seres humanos (PEUMANS & VAN DAMME, 1996; NICOLSON, 1974).

As lectinas são encontradas em uma ampla variedade de espécies de plantas e animais, entretanto, estas substâncias estão presentes em maior quantidade nas sementes de leguminosas e gramíneas (MANCINI FILHO et al., 1979; PUSZTAI, 1989).

Exemplos de lectinas bem caracterizadas são: concanavalina A presente em “jack bean” (*Canavalia ensiformis*), aglutinina da soja e aglutinina do gérmen de trigo (SHARON & LIS, 1972).

O fato das lectinas terem larga distribuição em plantas sugere alguma importância fisiológica para estas substâncias (ETZLER, 1985; LIENER, 1976). As funções das lectinas podem ser variadas e parecem ter relação com os estágios de maturação e germinação das sementes (HOWARD et al., 1972). Também parecem ter relação com os mecanismos de defesa da planta contra o ataque de fungos (LIENER, 1976).

A inativação de lectinas ou redução da atividade hemaglutinante a valores negligenciáveis é usualmente obtida por métodos tradicionais de preparo doméstico ou processamento industrial dos alimentos (ASKAR, 1986; MUELENAERE, 1965; ANTUNES & SGARBIERI, 1977; PAK et al., 1978; OJIMELUKWE et al., 1995; NOAH et al., 1980).

Embora os efeitos tóxicos das lectinas de leguminosas possam geralmente ser eliminados por tratamento térmico apropriado, algumas condições, como calor seco são pouco efetivas para inativação de lectinas (LIENER, 1974).

BARCA et al. (1991) analisaram o teor de lectina de soja “in natura” e processada. Os níveis de lectina mais altos foram encontrados em soja crua (3.600 µg/g) e os mais baixos (3,75 a 12,92 µg/g) em produtos de proteína de soja texturizada. Como era esperado, os níveis de atividade de lectina de soja dependeram do processamento térmico.

MANCINI FILHO et al. (1979) obtiveram inativação total de lectina em uma solução purificada contendo 475 µg de proteína/mL, submetida a temperatura de 90° C durante 5 minutos. Estes autores sugerem que a alta sensibilidade térmica das lectinas em solução pode explicar a facilidade de inativação de lectinas em grãos de feijões, quando previamente embebidos em água.

A toxicidade e inibição do crescimento em animais alimentados com feijões crus, pode ser devido em parte ao efeito das lectinas (LIENER, 1974). Entretanto, deve-se enfatizar que nem todas as lectinas são necessariamente tóxicas ou possuem efeito inibitório sobre o crescimento de animais (LIENER, 1976).

PUSZTAI & PALMER (1977) sugeriram que o princípio tóxico do feijão (*Phaseolus vulgaris*) é idêntico a uma glicoproteína lectina e descartaram a toxicidade de outras proteínas, incluindo o inibidor de tripsina. Por outro lado, TURNER & LIENER (1975) pesquisaram em ratos, o efeito da lectina no valor nutricional da soja e sugeriram que, provavelmente, a lectina da soja é o fator que menos afeta o aproveitamento da soja crua como alimento. Finalmente, ABBEY et al. (1979b) sugeriram a existência de outros fatores, tais como as *fitohemaglutininas*, além do inibidor de protease em feijão-fava cru (*Vicia faba* L.), como prováveis desencadeadores de efeitos nocivos em ratos. Porém, LIMA et al. (1980) estudando as propriedades hemaglutinantes, mitogênicas e tóxicas de 16 variedades de feijão (*Phaseolus sp*) encontraram que, destas variedades somente cinco apresentaram toxicidade intraperitoneal

em ratos, com elevada capacidade aglutinante de hemácias de bovino e coelho e alta atividade mitogênica.

O mecanismo do efeito antinutricional das lectinas não é completamente entendido (SGARBIERI & WHITAKER, 1982). As alterações mais freqüentes, produzidas em animais experimentais após injeção de lectina, são o surgimento de inflamação intensa com destruição das células do epitélio, edema, hiperemia, hemorragia em tecidos linfáticos, degeneração gordurosa e necrose do fígado e lesões do miocárdio e sistema vascular (JAFFÉ, 1969).

PUSZTAI et al. (1979) e KING et al. (1982) observaram severo rompimento dos microvilos na bordadura em escova localizada nos enterócitos do intestino em ratos alimentados com dieta contendo lectina de feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Os estudos de ESSNER et al. (1978) com seis tipos de lectinas fluorescentes, em cólon de ratos, mostraram que as lectinas reagem primariamente com três componentes da mucosa intestinal: muco da cripta luminal, citoplasma e superfície das células absortivas.

JAFFÉ & BRÜCHER (1972) pesquisaram a toxicidade intraperitoneal e oral de lectinas de feijões crus (*Phaseolus vulgaris*) em ratos. Quatro tipos de lectina foram encontradas nos feijões, embora somente dois tipos tenham apresentado efeitos tóxicos. Ratos que receberam injeções intraperitoneais de extratos de lectinas tóxicas morreram e os animais alimentados com dietas contendo lectinas tóxicas apresentaram perda de peso, crescimento reduzido, baixa absorção de nitrogênio, alterações do baço e pâncreas e após duas semanas morreram.

FREED & BUCKLEY (1978) estudaram o efeito da aplicação intragástrica de 50 mg de concanavalina A em ratos. Os exames histológicos demonstraram hipersecreção das células mucosas com subseqüente extravasamento de muco no jejuno dos animais.

Em animais, efeitos tóxicos de lectinas após ingestão oral, podem ser devido a habilidade destas substâncias em ligar-se a sítios receptores específicos na superfície das células intestinais, acarretando interferência não específica na absorção de nutrientes (LIENER, 1981).

As alterações da função fisiológica causada por lectinas a nível de intestino, parece que são produtos da sua estabilidade aos processos digestivos e a especificidade pelas células da mucosa intestinal em diferentes regiões (NAKATA & KIMURA, 1985; BRADY et al., 1978).

Os possíveis efeitos adversos de lectinas em humanos podem ser inferidos somente de experimentos com animais de laboratório. Sob esse aspecto, as alterações observadas no intestino e outros órgãos de camundongos, ratos e porcos demonstraram que as lectinas são capazes de provocar reações específicas importantes sob o aspecto de segurança alimentar (PEUMANS & VAN DAMME, 1996). Entretanto, não há evidências de que as lectinas presentes nos alimentos apropriadamente processados sejam tóxicas ao homem (DESHPANDE, 1992).

### 2.3.3. Fitatos

Os fitatos representam uma classe complexa de compostos de ocorrência natural formados durante o processo de maturação de sementes e grãos de cereais (MAGA, 1982; TORRE et al., 1991).

Nas sementes de leguminosas o ácido fitico faz parte de aproximadamente 70% do conteúdo de fosfato, sendo estruturalmente integrado com proteínas e/ou minerais na forma de complexos (ZHOU & ERDMAN, 1995). Cerca de 75% do ácido fitico está associado com componentes da fibra solúvel presentes na semente (TORRE et al., 1991).

O ácido fitico é normalmente denominado ácido hexafosfórico mio-inositol ou cientificamente 1,2,3,4,5,6 hexaquis (diidrogênio fosfato) mio-inositol (IUPAC, 1968), com base na estrutura proposta pelo modelo de Anderson em 1914 (citado por REDDY et al., 1982), conforme a Figura 3. Sua molécula possui seis prótons fortemente dissociados com pK's menores do que 3,5 e seis prótons fracamente dissociados com pK's entre 4,6 a 10, sugerindo forte potencial quelante da estrutura (HOFF-JORGENSEN, citado por ERDMAN, 1979; NOLAN et al., 1987).

Durante a estocagem, fermentação, germinação, processamento e digestão dos grãos e sementes, o ácido fitico pode ser parcialmente desfosforilado para produzir compostos penta-fosfato (IP<sub>5</sub>), tetra-fosfato (IP<sub>4</sub>), tri-fosfato (IP<sub>3</sub>) e possivelmente inositol difosfato (IP<sub>2</sub>) e mono-fosfato (IP<sub>1</sub>), por ação de fitases endógenas (ZHOU & ERDMAN, 1995; BURBANO et al., 1995).

Somente IP<sub>5</sub> e IP<sub>6</sub> tem efeito negativo na biodisponibilidade de minerais. Os outros compostos formados têm baixa capacidade de ligar-se à minerais ou os complexos formados são mais insolúveis (SANDBERG et al., 1989).

O papel fisiológico do ácido fítico tem sido descrito como estoque de fósforo, reserva de grupos fosfatos reativos, estoque energético, fonte de cátions (CHERYAN, 1980) e iniciação da dormência (REDDY et al., 1982).

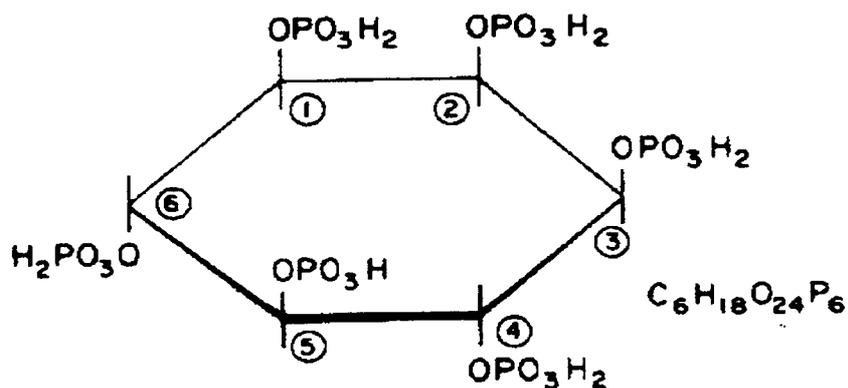


Figura 3. Estrutura do ácido fítico proposta por ANDERSON (citado por ERDMAN, 1979)

Alguns fatores, tais como, pH, concentração e presença de outros minerais influenciam a ligação de minerais com fitato (WYATT & TRIANA-TEJAS, 1994). Nos alimentos, sob condições naturais, o ácido fítico encontra-se fortemente carregado negativamente, o que confere alto potencial para complexação com moléculas carregadas positivamente como cátions e proteínas (CHERYAN, 1980). Entretanto, o ácido fítico pode formar complexos com proteínas em pH ácido ou alcalino, desde que, as proteínas estejam abaixo ou acima do pH isoeletrico (REDDY et al., 1982).

Estudos indicam que os complexos fitato-proteína são formados por interações eletrostáticas que envolvem os grupos  $\alpha$ -amino terminal,  $\epsilon$ -amino da lisina, imidazol da histidina, guanidil da arginina e carboxílico do ácido aspártico e ácido glutâmico (ALLI & BAKER, 1981; CHERYAN, 1980).

Sob certas concentrações de fitato, ao aumentar-se o pH pode ocorrer tanto a interação de fitatos com minerais ou proteínas (CHAMPAGNE & PHILLIPPY, 1989), como também a formação de complexos ternários proteína-metal-fitato (CHERYAN, 1980; GRAF, 1983).

A baixo pH, o ácido fítico precipita  $Fe^{3+}$  quantitativamente; em pH intermediário e alto, o ácido fítico forma complexos insolúveis com outros cátions polivalentes, reduzindo a biodisponibilidade de vários minerais (GRAF, 1983).

Sob condições fisiológicas, o ácido fítico é fortemente ionizado e capaz de interagir extensivamente com proteínas e íons metálicos (REDDY et al., 1982). Muitos desses complexos são insolúveis e biologicamente indisponíveis para seres humanos em condições fisiológicas normais (TORRE et al., 1991; GRAF & EATON, 1985). Em pH 7,4 o fitato forma complexos com metais preferencialmente na seguinte ordem decrescente:  $Cu^{++}$ ,  $Zn^{++}$ ,  $Co^{++}$ ,  $Mn^{++}$ ,  $Fe^{+++}$ ,  $Ca^{++}$  (OBERLEAS, 1973). A solubilidade dos complexos também é função da taxa molar mineral:fitato (GRYNSPAN & CHERYAN, 1989).

Geralmente, os cátions divalentes como cálcio, zinco, ferro e cobre formam com o ácido fítico sais insolúveis penta e hexa substituídos (TORRE et al., 1991). Complexos insolúveis ácido fítico-cálcio podem contribuir para reduzir a biodisponibilidade de outros minerais. O zinco ou ferro podem ligar-se com o complexo ácido fítico-cálcio para formar complexos ainda menos solúveis (ZHOU & ERDMAN, 1995).

HEANEY et al. (1991) estudaram a absorção de  $^{45}Ca$  marcado proveniente de soja com alto (2.445 mg) e baixo (352 mg) teores de fitato em 16 mulheres normais. Quinze mulheres apresentaram mais baixa absorção de cálcio quando ingeriram a dieta com alto teor de fitato.

GRYNSPAN & CHERYAN (1989) sugerem que a interação de cálcio, fitato e proteína de soja, parece ser afetada pelo pH do meio e pela concentração dos três componentes. A pH baixo o fitato associa-se com a proteína da soja para formar complexos insolúveis nos quais a participação do cálcio dependerá da sua concentração. Quando o cálcio está em excesso, este pode deslocar o fitato e torná-lo solúvel. O aumento da concentração de cálcio, precipita o fósforo como resultado da formação de complexos cálcio-fitato e a proteína permanece solúvel. Em pH acima de 6,5 a solubilidade do cálcio diminui

ZHOU et al. (1992) avaliaram o efeito inibitório do ácido fítico em produtos de soja sobre a biodisponibilidade de zinco em ratos e encontraram uma correlação linear negativa

( $p < 0,05$ ) entre percentagem de ácido fítico na farinha de soja e concentração de zinco na tibia de ratos. De fato, STUART et al. (1986) observaram que em ratos o zinco de fontes animais é mais biodisponível do que de fontes vegetais sendo que a retenção de zinco da dieta contendo proteína de ovo (85%) foi significativamente maior do que na dieta contendo proteína de soja (79%).

A despeito dos resultados de algumas pesquisas, existem discordâncias sobre a influência do fitato na biodisponibilidade de minerais. FORBES et al. (1984) sugerem que o fitato provavelmente não exerce efeito significativo na biodisponibilidade de zinco em seres humanos que ingerem uma dieta adequada. As evidências experimentais em ratos mostram que ocorre um efeito mínimo sobre o zinco ósseo em animais alimentados com dieta contendo razão fitato:zinco abaixo de 30, e geralmente, nas dietas normais de indivíduos humanos a razão fitato:zinco não excede 24.

HUNT et al. (1987) analisaram algumas características de alimentos de origem vegetal e animal que podem influenciar a biodisponibilidade de zinco. Os resultados da investigação destes autores revelaram que a biodisponibilidade de zinco foi similar para as duas classes de alimentos, portanto não confirmando o conceito geral de que o zinco é pouco disponível em alimentos vegetais comparado com alimentos animais.

BRUNE et al. (1992) estudaram a absorção de ferro de vários tipos de pão em seres humanos. Estes autores concluíram que o inositol tri, tetra, penta e hexafosfato inibem a absorção de ferro sendo que, a fermentação utilizada no processamento de pães melhora a biodisponibilidade de ferro.

HIRA & KAUR (1993) obtiveram menor relação molar fitato/zinco e fitato/cálcio em leguminosas e cereais cozidos em comparação aos grãos crus, devido ao decréscimo do conteúdo de fitato, principalmente em grãos que foram assados a 250° C.

Para KON (1979) o teor de fósforo orgânico em feijões submetidos ao embebedimento, não é somente dependente da dissolução do fitato na água de embebedimento, mas também da atividade da enzima fitase.

Em regiões onde leguminosas e cereais são consumidos após fermentação por leveduras, os minerais destes alimentos são liberados de sua ligação com o fitato (HEANEY & WEAVER, 1991). Produtos conhecidos por apresentar fitase em sua composição, como fermento biológico e trigo, também podem concorrer para liberação dos minerais de sua

ligação com o fitato (ERDMAN, 1981). Embora, animais como o rato apresente fitase em seu intestino (CHURELLA & VIVIAN, 1989), os seres humanos possuem capacidade limitada para hidrolisar a molécula de fitato (LONNERDAL et al., 1989), o que pode concorrer para efeitos nutricionais adversos.

Altos níveis de ingestão de fitato podem estar associados com efeitos nutricionais negativos ao homem (KHOKHAR et al., 1994; HEANEY & WEAVER, 1991), visto que estes compostos são conhecidos pela redução na biodisponibilidade de minerais e proteína (GRAF, 1983; ERDMAN, 1979; SERRAINO et al., 1985; ALLI & BAKER, 1981) e inibição de enzimas proteolíticas (MESSINA & BARNES, 1991; VAINTRAUB & BULMAGA, 1991; KNUCKLES et al., 1985; SINGH & KRIKORIAN, 1982) e amilolíticas (THOMPSON & YOON, 1984).

Surpreendentemente, ainda que, o ácido fítico seja capaz de precipitar cátions no pH intestinal, somente em raros casos a presença do ácido fítico na dieta pode estar diretamente associada com deficiências de minerais em seres humanos (GRAF, 1983).

Segundo DESHPANDE & DAMODARAN (1990) o fitato pode ser geralmente considerado bastante estável ao calor. Entretanto, KON & SANSHUCK (1981) estudando a qualidade de feijões cozidos, encontraram uma correlação negativa entre tempo de cozimento e teor de ácido fítico em feijões. Esse fato poderia explicar a baixa correlação entre presença de fitato na dieta e deficiências de minerais em humanos.

Por outro lado, pesquisas recentes sugerem um papel positivo dos fitatos com relação a redução do risco de câncer de cólon (MESSINA, 1991; SHAMSUDDIN, 1992; GRAF & EATON, 1985), prevenção de cálculo renal (OHKAWA et al., 1984) e ação antioxidante (EMPSON et al., 1991).

A habilidade do fitato em ligar-se a metais, particularmente ao ferro, pode explicar sua ação antioxidante e anticarcinogênci (MESSINA, 1991). O fitato é um poderoso inibidor da produção de radical hidroxila (-OH) mediada pelo ferro, devido a sua capacidade de formar quelato com o ferro tornando-o cataliticamente inativo (GRAF & EATON, 1985). Além disso, o ácido fítico altera o potencial redox do ferro mantendo-o na forma férrica ( $Fe^{3+}$ ). Este efeito oferece proteção contra danos oxidativos, visto que o  $Fe^{2+}$  causa produção de oxirradicais e peroxidação de lipídios, enquanto o  $Fe^{3+}$  é relativamente inerte (EMPSON et al., 1991).

Em função da propriedade antioxidativa, o ácido fitico pode ser usado como conservante natural muito versátil na indústria de alimentos, prevenindo a hidrólise de óleo de soja, rancidez em carnes e estabilizando agentes que conferem cor aos alimentos (GRAF, 1983).

Estudos “in vitro” demonstraram que  $IP_2$  e  $IP_3$  são efetivos na inibição da formação de cristais de hidroxiapatita, prevenindo a mineralização de tecidos (THOMAS & TILDEN, 1972). Desta forma, o ácido fitico pode funcionar como inibidor da formação de cálculos renais (ZHOU & ERDMAN, 1995).

#### 2.3.4. Taninos

Os ácidos fenólicos, cumarinas e flavonóides, pertencem a uma classe de metabólitos secundários, largamente distribuídos em plantas. Eles contêm pelo menos um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila, juntamente com outros substituintes (SALUNKHE et al., 1990). Os polifenóis de leguminosas e cereais são predominantemente taninos de origem flavonóide (DESHPANDE & CHERYAN, 1985).

O grupo de compostos flavonóides, do qual fazem parte os taninos, possuem uma estrutura básica,  $C_6-C_3-C_6$ , que incluem os mais diversos e numerosos compostos fenólicos de plantas: pigmentos antocianinas, flavonas, flavonóis, flavanonas e menos conhecidos auronas, chalconas e isoflavonas (DESHPANDE et al., 1986).

Fenóis comuns em plantas não são considerados tóxicos em quantidades e condições normais, com exceção dos fenóis poliméricos denominados taninos, que possuem a habilidade de complexar e precipitar proteínas de soluções aquosas (SALUNKHE et al., 1990).

SWAIN & BATE-SMITH citados por SARKAR & HOWARTH (1976) definem taninos como compostos fenólicos solúveis em água, com peso molecular entre 500 e 3000 e habilidade para precipitar proteína. Mais especificamente taninos são compostos de alto peso molecular, que contêm suficientes grupos hidroxila fenólica, para permitir a formação de ligações cruzadas estáveis com proteínas (DESHPANDE et al., 1986).

Na forma oxidada os taninos reagem com as proteínas através de hidrogênio e/ou ligações hidrofóbicas. Quando oxidados os taninos se transformam em quinonas, as quais formam ligações covalentes com alguns grupos funcionais das proteínas, principalmente os grupos sulfidrilo da cisteína e epsilon-amino da lisina (SGARBIERI, 1996b).

Os taninos podem ser classificados como hidrolisáveis e não hidrolisáveis (SINGLETON & KRATZER, 1973). Os taninos hidrolisáveis por hidrólise ácida liberam ácidos fenólicos: gálico, caféico, elágico e um açúcar (SGARBIERI, 1996b). O ácido tânico é um típico tanino hidrolisável, o qual é quebrado por enzimas ou de forma espontânea, a glicose e ácido gálico (SINGLETON & KRATZER, 1973).

Os taninos não hidrolisáveis ou condensados (flavolanos), apresentados na Figura 4, são polímeros dos flavonóides (SGARBIERI, 1996b), formados predominantemente por unidades de flavan-3-ols (catequina) e flavan 3,4-diols (leucoantocianidina), presentes em maior quantidade nos alimentos normalmente consumidos (SALUNKHE et al., 1990; SALUNKHE et al., 1982; DESHPANDE et al., 1986; SINGLETON & KRATZER, 1973).

Em geral, a produção de altos níveis de fenóis na planta está relacionada com o processo de cicatrização. Próximo a injúria, os fenóis são oxidados pela polifenoloxidase a quinonas e complexos polímeros fitomelanina marrom, que são freqüentemente mais tóxicos aos invasores do que os fenóis (SINGLETON, 1981).

Os taninos condensados estão presentes na fração fibra alimentar de diferentes alimentos e podem ser considerados indigeríveis ou pobremente digeríveis (BARTOLOMÉ et al., 1995). Em leguminosas e cereais os taninos tem recebido considerável atenção, por causa dos seus efeitos adversos na cor, sabor e qualidade nutricional (SALUNKHE et al., 1982).

Os taninos são caracterizados pela sua capacidade de se combinar com proteínas da pele inibindo o processo de putrefação, mais conhecido como processo de curtimento do couro (DESHPANDE et al., 1986). Também são considerados potentes inibidores de enzimas devido a sua complexação com proteínas enzimáticas (NACZK et al., 1994). Apresentam habilidade para interagir e precipitar proteínas como a gelatina, e parecem ser responsáveis pela adstringência de muitas plantas (STRUMEYER & MALIN, 1975).

Os compostos polifenólicos em feijões são primariamente localizados na cobertura da semente com quantidades baixas ou insignificantes nos cotilédones (SATHE & SALUNKHE, 1984). As diferenças de coloração entre feijões parece influenciar a concentração de taninos nos grãos (DESHPANDE & CHERYAN, 1985; BRESSANI et al. 1982). Alguns autores obtiveram maiores teores de taninos em leguminosas de cores diferentes comparadas com os grãos de cor branca (MOSELEY & GRIFFITHS, 1979; CHANG et al., 1994)

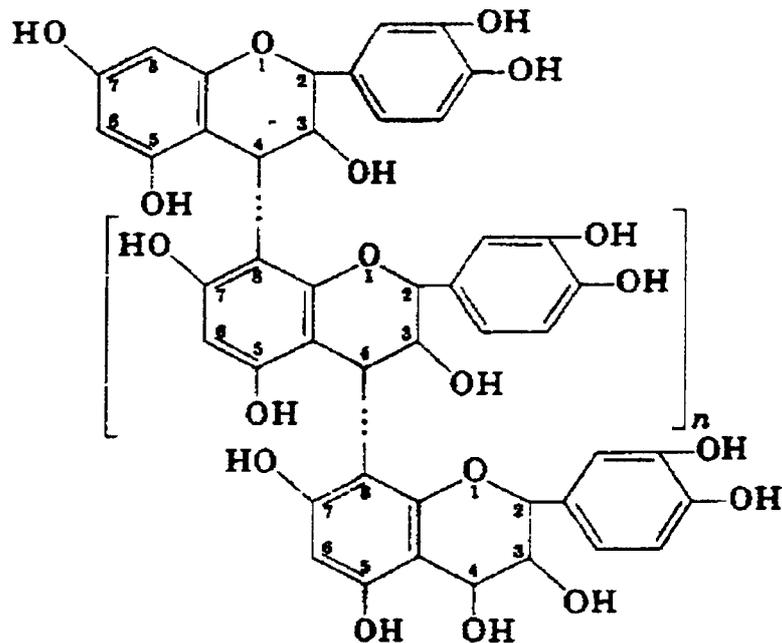


Figura 4. Estrutura química do tanino condensado (Fonte: SINGLETON & KRATZER, 1973).

A grande tendência dos taninos para formar complexos com proteínas ao invés de carboidratos e outros polímeros, pode explicar a baixa digestibilidade das proteínas de leguminosa, inibição do crescimento e aumento da excreção de nitrogênio fecal em animais (KAUR & KAPOOR, 1992; DESHPANDE & DAMODARAN, 1990; AW & SWANSON, 1985).

Os polifenóis ou taninos condensados, particularmente de genótipos coloridos, são mencionados com frequência como maiores limitantes do valor nutritivo de leguminosas, visto que estudos com animais alimentados com dietas ricas em polifenóis indicam redução da ingestão de alimentos e baixo quociente de eficiência protéica (DESHPANDE, 1992).

CHANG et al. (1994) encontraram aumento da concentração de taninos em caupi durante o processo de maturação, com o escurecimento das sementes em diferentes graus. Os autores relataram que a maioria dos taninos estava presente na casca. Conseqüentemente, o processo de descorticação pode reduzir em 96% o teor de taninos e o aquecimento em água por 30 minutos remove de 38 a 76% dos taninos. LUMEN & SALAMAT (1980) observaram

que o embebedimento de “winged bean” (*Psophocarpus tetragonolobus*) em solução de NaOH 1N foi o mais efetivo meio para redução de 70% dos taninos presentes em leguminosas. Sem o embebedimento de grãos 70% do tanino original permanece no feijão, mesmo após, o cozimento por 60 minutos. De acordo com os autores o tanino residual em feijões cozidos pode atuar como inibidor de tripsina resistente ao calor.

LAURENA et al. (1984) também sugere a presença de fatores estáveis ao calor no caldo de cozimento de caupi, e propõe que possivelmente tratam-se de taninos condensados, os quais reduzem a digestibilidade protéica e o valor nutritivo relativo de caupi.

BRESSANI et al. (1982) investigaram o destino de polifenóis durante o processo de cozimento de feijões. Os autores relataram que com a elevação da temperatura os polifenóis podem: ligarem-se com algumas proteínas, serem eliminados na água de cozimento, permanecerem livres, ou sofrerem polimerização (Figura 5). Ainda foram sugeridas as seguintes hipóteses: os polifenóis livres podem tanto influenciar indiretamente a digestão das proteínas por inibição da atividade enzimática como; durante o cozimento, os polifenóis podem penetrar no cotilédone e reagir com suas proteínas, tornando-as menos suscetíveis à hidrólise enzimática.

No processo de detoxificação de taninos em animais, metionina e colina reagem com taninos para formar monometil éteres, o que pode resultar em depleção de doadores de metil metionina e colina no organismo (REDDY et al., 1985).

DESHPANDE & SALUNKHE (1982) estudaram a digestibilidade “in vitro” de amido de várias leguminosas na presença de ácido tânico e catequina. À temperatura ambiente, para todas as leguminosas exceto para feijão vermelho, houve maior associação de ácido tânico do que de catequina com amido das leguminosas, aumentando a resistência do amido ao ataque da  $\alpha$ -amilase. Após o aquecimento a 95° C por 30 minutos houve redução da formação do complexo polifenóis-amido.

MARQUEZ & LAJOLO (1990) observaram baixa digestibilidade (62,8%) e excreção fecal de nitrogênio superior a 30% em estudo realizado com ratos alimentados com feijão (*Phaseolus vulgaris*) autoclavado a 121° C por 30 minutos. Os autores atribuem a esses resultados a provável ação de polifenóis, interação de fibras com a mucosa intestinal ou reações induzidas pelo aquecimento.

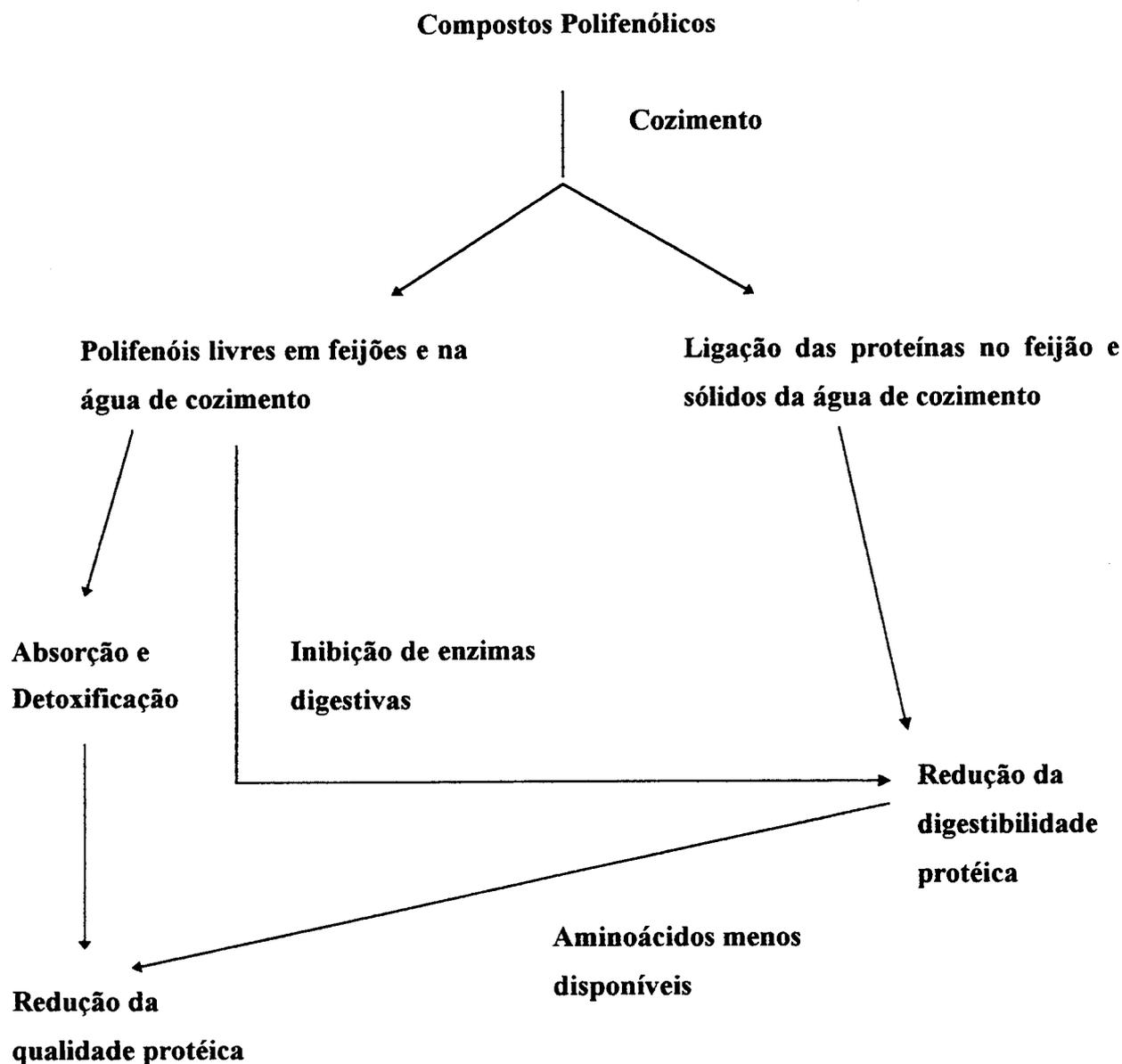


Figura 5. Destino de compostos polifenólicos no cozimento (BRESSANI et al., 1982).

RAO & DEOSTHALE (1982) estimaram o conteúdo de tanino em leguminosas submetidas a germinação, descorticação e cozimento. O método mais efetivo de remoção de tanino nas leguminosas estudadas foi descorticação dos grãos resultando em perda de 83 a 97% de tanino. Estes autores também encontraram liberação do tanino do grão para o caldo durante o processo de cozimento.

MARTIN-TANGUY et al. (1977) relataram que taninos condensados provenientes de feijão-fava (*Vicia faba* L.), podem ser considerados como substâncias inibidoras de crescimento e responsáveis pela baixa digestibilidade de compostos nitrogenados. De acordo com os autores, os taninos podem afetar o crescimento de animais por duas razões: por seu sabor adstringente influenciando o consumo e, sua habilidade em se ligar a proteínas afetando a digestibilidade e inibindo a atividade enzimática.

MOSELEY & GRIFFITHS (1979) estudaram em ratos, o efeito nutritivo de feijão fava (*Vicia faba*) de variedades provenientes de plantas com flores brancas e coloridas. Os autores concluíram que os cotilédones de ambas variedades continham níveis similares de compostos fenólicos totais, entretanto, o teor de tanino da casca vermelha dos feijões foi 16 vezes maior do que o teor da casca branca. Houve redução significativa do valor biológico em animais alimentados com variedades vermelhas em comparação com as variedades brancas, no entanto, não ocorreu diferença significativa entre variedades para digestibilidade verdadeira e o quociente de eficiência protéica (PER). Os autores sugerem a presença de antígenos específicos nos cotilédones com características diferentes de tanino para explicar os resultados.

VIDAL-VALVERDE et al. (1994) estudaram o efeito do processamento de lentilhas (*Lens culinaris*) sobre os fatores antinutricionais. Após o embebedimento das sementes em três condições: água destilada, 0,1% de ácido cítrico em pH 4,95 e 0,07% de bicarbonato de sódio em pH 7,85; houve aumento da concentração de taninos, sendo que o embebedimento em solução ácida apresentou maior concentração. Em seguida ao embebedimento, as sementes foram submetidas ao cozimento por 35 minutos a temperatura de ebulição em água destilada, resultando em retenção total do conteúdo de taninos observado no processo de embebedimento. Na germinação das sementes por 6 dias ocorreu aumento da concentração de taninos das duas variedades numa porcentagem de 152 a 162%.

JIMENEZ-RAMSEY et al. (1994) utilizaram <sup>14</sup>C marcado em taninos condensados de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) para estudarem a absorção em galinhas. Estes autores reportaram que não houve absorção de taninos condensados no trato intestinal das aves. Eles atribuíram os efeitos tóxicos observados em aves consumidoras de sorgo com alto teor de tanino aos efeitos intraluminais dos taninos condensados.

WELSCH et al. (1989) observaram redução do transporte de D-glicose dependente de Na<sup>+</sup> e inibição de atividade metabólica nas vesículas da membrana da bordadura em escova no intestino de ratos tratados com monômeros de taninos condensados sob condições “in vitro”.

BRAVO et al. (1992) estudaram o efeito da polpa de maçã sobre o peso e composição das fezes de ratos e concluíram que a presença de compostos fenólicos na dieta teste (6 g/kg de matéria seca) não influenciou a taxa de crescimento ou a ingestão de alimentos dos ratos. Além disso, pareceu aos pesquisadores que os compostos fenólicos foram parcialmente degradados no trato intestinal, visto que somente 68,6% dos taninos ingeridos foram recuperados nas fezes. O aumento da perda fecal de nitrogênio, segundo os autores, pode ser atribuído à influência de taninos e fibra alimentar.

Os taninos são inibidores de enzimas não específicos, no entanto, a autoclavagem por 5 minutos e o rápido cozimento de “winged bean” (*Psophocarpus tetragonolobus*) reduz o teor de taninos e inibidor de tripsina, aumentando a digestibilidade “in vitro” para 76 a 90,7% em comparação com a digestibilidade de 68,8 a 72,9% dos grãos crus (TAN et al., 1984).

GRIFFITHS (1979) avaliaram “in vitro” a inibição potencial de extrato de casca de feijão-fava (*Vicia faba*) sobre enzimas digestivas. Os autores encontraram inibição de tripsina, lipase e  $\alpha$ -amilase, e concluíram que a inibição enzimática de extratos de casca de sementes de feijão de variedades coloridas foi devido a presença de taninos.

GRIFFITHS & MOSELEY (1980) investigaram o efeito de polifenóis da casca de “field beans” em variedades de alto e baixo conteúdo de taninos na atividade de enzimas do intestino de ratos. Os resultados mostraram que a atividade de tripsina e  $\alpha$ -amilase foram significativamente reduzidas em ratos alimentados com dieta de alto teor de tanino, indicando que, a inibição enzimática pode também contribuir para a redução do valor nutritivo “in vivo” observada em dietas com alto teor de tanino. Entretanto, não houve inibição da atividade da lipase.

As evidências experimentais dos estudos de RAO & PRABHAVATHI (1982) e SIEGENBERG et al. (1991) confirmam prévias observações de que os compostos polifenólicos inibem significativamente a absorção de ferro. Para SIEGENBERG et al. (1991) o efeito negativo do tanino na absorção de ferro pode ser efetivamente prevenido pela administração simultânea de ácido ascórbico.

PROULX et al. (1993) não observaram em ratos, efeito negativo de taninos na absorção de  $^{45}\text{Ca}$  marcado em três variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris*) crus e cozidos. Para os autores a explicação dos resultados não é clara, entretanto, segundo os autores os taninos podem preferencialmente se ligarem ao ferro deixando o cálcio livre.

A dieta do ser humano, de uma maneira geral, possui vários alimentos contendo considerável quantidade de taninos, tais como feijões secos, ervilhas, cereais, folhas, vegetais verdes, café, chá, cidra e alguns tipos de vinhos (REDDY et al., 1985). Em poucos exemplos, efeitos nocivos em seres humanos parecem ser o resultado do consumo anormal de fenóis de plantas (SINGLETON, 1981). Os efeitos de taninos em seres humanos são desconhecidos (PRICE et al., 1980; CHANG et al., 1994). Embora, substâncias que formam complexos com compostos nitrogenados provavelmente devem influenciar a digestão e absorção de nutrientes (CHANG et al., 1994).

Entretanto, BRESSANI et al. (1982) relataram que o efeito de polifenóis de leguminosas na digestibilidade das proteínas é relativamente pequeno, pois somente influenciam 7% da digestibilidade verdadeira de proteínas, enquanto outros fatores como inibidor de tripsina pode influenciar 25% da digestibilidade das proteínas. Contudo, algumas considerações epidemiológicas indicam alguma evidência da relação entre câncer esofágico e ingestão elevada de taninos (SINGLETON & KRATZER, 1973).

Recentemente, MAESTRO DURÁN & BORJA PADILHA (1993) revisaram os inconvenientes de antioxidantes sintéticos em alimentos e a atividade antioxidante natural de compostos fenólicos. Para os autores, perante a crescente oposição do emprego de antioxidantes sintéticos na alimentação é aconselhável a substituição dos mesmos por compostos naturais com atividade antioxidante como os compostos fenólicos que apresentam atividade antioxidante para muitos compostos facilmente oxidáveis.

#### 2.4. Fibra alimentar

TROWELL et al. (1976) definiram fibra alimentar como polissacarídeos de plantas e lignina resistentes a hidrólise por enzimas digestivas humanas. Para ROBERFROID (1993) o termo fibra alimentar é genérico e abrange uma ampla variedade de substâncias com diferentes propriedades físicas e vários efeitos fisiológicos.

Embora existam várias definições para fibra alimentar, a vantagem da definição fisiológica de TROWELL et al. (1976), é a de que não se restringe à estrutura química ou métodos analíticos (ROSS, 1994; LANZA & BUTRUM, 1986). Entretanto, para GORDON (1989), a definição de Trowell pode ser inadequada, uma vez que elimina outros polímeros importantes que não são de origem de plantas, tais como produtos da reação de Maillard,

amido resistente e povidexrose, embora a inclusão destes polímeros na definição de fibra alimentar represente muitas controvérsias.

Para HALL (1989), a fibra alimentar total, quimicamente consiste de várias quantidades de celulose, hemicelulose, pectinas, gomas, mucilagens, e outros compostos que freqüentemente são incluídos no cômputo total de fibra como amido resistente, produtos da reação de Maillard e lignina. THEANDER et al. (1993) sugerem que também seja incluído no conceito de fibra alimentar componentes menores, tais como, ácido acético e ácidos fenólicos. Fortes evidências científicas indicam que alguns amidos escapam da digestão no intestino delgado e atuam como outros componentes da fibra alimentar. Devido a estes fatos, vários pesquisadores tem diferenciado as frações de fibra alimentar como polissacarídeos que não sejam amido, amido resistente e lignina (LEE & PROSKY, 1992).

LEE et al. (1996) relataram as decisões da sessão para discussão final da AOAC “International Workshop” sobre definição e análise de carboidratos complexos/fibra alimentar promovido nos Estados Unidos (EUA) no ano de 1995. De acordo com os autores, houve um acordo geral entre os participantes dos EUA, Canadá e Europa, de que a fibra alimentar deve ser incluída na definição de carboidratos complexos e os oligossacarídeos resistentes são parte da fibra alimentar.

A adição de fibra alimentar, incluindo oligossacarídeos resistentes, na definição de carboidratos complexos pode abrir uma nova linha de pesquisa nas áreas de nutrição, tecnologia e análise de alimentos. Além disso, métodos analíticos devem ser desenvolvidos para determinação de carboidratos complexos que incluam amido disponível (LEE & PROSKY, 1996).

SOUTHGATE (citado por INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1989) classificou a fibra alimentar, de acordo com as suas funções desempenhadas na planta, em estruturais e não estruturais. Os maiores componentes da fibra alimentar são encontrados na parede celular de plantas, os quais incluem os compostos estruturais como celulose, hemicelulose, pectina e lignina. Os compostos não estruturais são sintetizados nas plantas em resposta à injúria ou para prevenir a desidratação das sementes e incluem gomas e mucilagens associadas com o endosperma e espaço intracelular.

A celulose é um polímero de glicose sem ramificação, sendo considerada o polissacarídeo mais simples entre as fibras. Os demais polissacarídeos contêm uma variedade

de glicosídeos além da glicose e, alto grau de ramificação. A lignina é o mais complexo polímero não polissacarídeo, e contém unidades fenilpropano derivadas de álcool sinapil, coniferil, cinamil e p-cumaril estruturadas de forma tridimensional (SCHNEEMAN, 1986). A Tabela 1 apresenta os componentes químicos encontrados na maioria das substâncias consideradas como fibra alimentar.

As propriedades das fibras, solubilidade, viscosidade, hidratação, troca catiônica e adsorção de moléculas, são governadas pelos fenômenos de difusão no interior das moléculas dependendo dos parâmetros físicos (SALVADOR & CHERBUT, 1992).

As características físicas das fibras em termos de solubilidade/insolubilidade incluem relativa solubilidade e funcionalidade da fibra alimentar solúvel afetada pelo tamanho do polímero e peso molecular; funcionalidade da fibra alimentar insolúvel afetada por tamanho da partícula e distribuição (GORDON, 1989).

A solubilidade das fibras em água depende de vários fatores. Os grupos hidroxila são fundamentais na reação com a água. A regularidade estrutural das cadeias lineares não permite que a água se disperse nas macromoléculas em razão de fortes ligações intermoleculares, como é o caso da celulose. A presença de cargas elétricas em ácidos urônicos provoca o fenômeno de repulsão eletrostática das formas salinas, permitindo maior dispersão das moléculas com conseqüente solubilidade (SALVADOR & CHERBUT, 1992).

A lignina, celulose e alguns tipos de hemicelulose são constituintes típicos da fibra alimentar insolúvel, enquanto as pectinas, gomas, algumas hemiceluloses e outros polissacarídeos são consideradas solúveis em água (OLSON et al., 1987; ANDERSON et al., 1990; SCHNEEMAN, 1987). A maioria da fibra alimentar consumida pelas pessoas é fornecida pela parede celular de frutas, vegetais, cereais e leguminosas (SELVENDRAN & VERNE, 1990).

Entre os alimentos integrais, as leguminosas, aveia e cevada contêm um equilíbrio de fibras solúveis e insolúveis. Os cereais apresentam alto teor de fibras insolúveis e baixo de solúveis, enquanto as frutas tem altos teores de fibras solúveis e baixos teores de fibras insolúveis (HUGHES, 1991).

A capacidade da fibra se ligar a água ou habilidade de expandir seu volume em contato com a água é dependente do tamanho da partícula, distribuição e pH, e conseqüentemente pode mudar em diferentes alimentos ou partes do intestino (GORDON, 1989).

Tabela 1. Classificação química de fibra alimentar

Componente da Fibra	Compostos Químicos	
	Cadeia Principal	Cadeia Lateral
<b>Polissacarídeos:</b>		
Celulose (ligação $\beta$ -1,4)	Glicose	nenhuma
Hemicelulose:		
Arabinoxilana	Xilose	Arabinose
Galactomanana	Manose	Galactose
Glicomanana	Galactose	Ácido glicurônico
Substâncias Pécicas	Ácido galacturônico	Galactose, glicose, ramnose, arabinose, xilose, fucose
Beta-glicanos (ligação $\beta$ -1,3 e $\beta$ -1,4)	Glicose	nenhuma
Mucilagens	Galactose, manose Glicose, manose Arabinose, xilose	Galactose
Gomas	Galactose Ácido glicurônico, manose Ácido galacturônico, ramnose	Xilose Fucose Galactose
Polissacarídeos de Algas	Manose Xilose Ác. gulurônico, ác. manurônico Glicose	Galactose
<b>Não Polissacarídeos:</b>		
Lignina	Álcool sinapil Álcool coniferil Álcool p-cumaril	

Fonte: INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS (1989)

A capacidade da fibra alimentar em trocar cátions, tem sido definida como o número de miliequivalentes de íons de hidrogênio ligado por grama (mEq/g) de fibra alimentar total (GORDON, 1990). Esta capacidade da fibra varia segundo sua origem vegetal, assim em leguminosas e frutas, os ácidos urônicos respondem pela capacidade de trocar cátions e em certas fibras provenientes de cereais, esta atividade depende da presença de fitatos (SALVADOR & CHERBUT, 1992).

A redução da biodisponibilidade de minerais e absorção de eletrólitos associada com alta ingestão de fibra é devido ao seu aumento de excreção fecal ligados a fibra da dieta (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1989; NORMAND et al., 1987). Entretanto, TOMA & CURTIS (1986a) relataram que parecem existir muitas inconsistências em estudos sobre o efeito da fibra na biodisponibilidade de zinco, cálcio e ferro. Provavelmente o prejuízo na absorção de minerais, provocado pela fibra é devido em sua maior parte à associação com ácido fítico e compostos polifenólicos (LAJOLO et al., 1988).

PERSSON et al. (1991) observaram em estudo “in vitro” que fibra solúvel de cereais tem uma capacidade pronunciada de se ligar a minerais entre pH 5 e 7. Quando houve tratamento de cereais com fitase, houve redução considerável da capacidade de ligação a pH < 6. Ainda a pH acima deste, apreciável capacidade de ligação permaneceu, o que provavelmente indica a participação de outros componentes da fração solúvel interferindo na biodisponibilidade de minerais.

JOSHI & AGTE (1995) estudaram a relação dos componentes de fibra como fatores independentes e sua capacidade em se ligar a minerais, utilizando análise de regressão múltipla. Os resultados indicaram uma associação significativa de lignina e  $Zn^{++}$  mas não de celulose e hemicelulose.

ELHARDALLOU & WALKER (1995) verificaram em estudo “in vitro” a ligação da fração fibra de algumas leguminosas amiláceas com o cálcio, e este efeito foi aumentado com adição de ferro, zinco, magnésio e cobre juntamente com o cálcio e o cozimento das leguminosas.

De uma maneira geral, é provável que as alterações na biodisponibilidade de nutrientes causados pela fibra sejam importantes quando as dietas são deficientes nesses nutrientes, (TOMA & CURTIS, 1986a; LAJOLO et al., 1988) como ocorre na maioria dos países Latino Americanos, onde a dieta é principalmente de origem vegetal (LAJOLO et al., 1988).

SHAW et al. (1995) relataram que a dieta vegetariana rica em produtos de soja e restrita em alimentos animais, limita a biodisponibilidade de ferro e não é adequada para manter o balanço de ferro em homens e mulheres jovens.

A adsorção de moléculas orgânicas tais como os ácidos biliares, é determinada “in vivo” como a habilidade para aumentar a excreção de ácidos biliares e esteróides nas fezes. Estudos “in vitro” demonstraram que: (1) a lignina é efetiva para a adsorção de ácidos biliares, (2) pectina e outros polissacarídeos ácidos, também, seqüestram ácidos biliares e (3) a celulose tem baixa capacidade adsorvente destes ácidos (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1989). Como a via primária do metabolismo do colesterol no organismo é a formação de ácidos biliares no fígado, a habilidade de certas fibras ligarem-se aos ácidos biliares impedindo a sua entrada novamente na circulação, tem sido sugerida por alguns autores para explicar o mecanismo de redução do colesterol sérico através da ingestão de fibra (NORMAND et al., 1987).

As principais características físicas das fibras são o tamanho das partículas e sua porosidade, as quais determinam a área de superfície disponível para ação de secreções digestivas e bactérias do cólon (SALVADOR & CHERBUT, 1992).

A habilidade das fibras para aumentar a viscosidade está relacionada com a sua capacidade de reter água, o que pode ser um importante atributo das fibras solúveis, visto que o aumento da viscosidade afeta a mistura da massa alimentar no estômago e intestino delgado alterando as condições de digestão e absorção dos alimentos (SCHNEEMAN, 1987).

LARSEN et al. (1993) investigaram em ratos alimentados com dietas aprotéicas contendo celulose e carboximetilcelulose, o efeito da viscosidade das fibras sobre a excreção da proteína endógena. Os autores observaram que o aumento da viscosidade da dieta está associado com o aumento do fluxo endógeno de nitrogênio e aminoácidos no íleo terminal dos animais. Entretanto, MOD et al. (1985) observaram aumento da excreção fecal de nitrogênio em ratos com dietas suplementadas com celulose e hemicelulose, consideradas de baixa viscosidade. De acordo com os autores, possivelmente a excreção de N foi causada pela redução da digestibilidade da proteína.

As ações fisiológicas das fibras solúveis e insolúveis são em parte atribuídas às diferentes propriedades físicas (HOPEWELL et al., 1993). De fato, os efeitos fisiológicos causados pelas fibras como alteração do trânsito gastrointestinal, alteração da sensação de

saciedade, ação no nível de colesterol sanguíneo, glicemia e insulina pós-prandial, flatulência e alteração na biodisponibilidade de nutrientes são decorrentes de um conjunto de propriedades físicas desempenhadas em função dos componentes químicos que as compõem (LAJOLO et al., 1988; INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1989).

Fibras insolúveis, tais como, a celulose e hemicelulose são mais efetivas em atuar como laxativas, aumentar o tempo de trânsito intestinal e o volume da massa alimentar, embora possam também limitar a absorção de minerais e possivelmente vitaminas (SLAVIN, 1987; OLSON et al., 1987). As fibras insolúveis, também podem aumentar a excreção fecal de ácidos biliares e indiretamente aumentar o metabolismo de colesterol no fígado (ROBERFROID, 1993).

KIKUCHI & YAJIMA (1992) estudaram o tempo de retenção gastrointestinal em ratos alimentados com dietas contendo vários tipos de celulose e observaram que um aumento da capacidade de retenção de água acelera o trânsito de alimentos sólidos devido a habilidade da celulose de reter água na massa alimentar sólida. Da mesma forma, LUPTON et al. (1993) observaram redução do trânsito intestinal de seres humanos recebendo dieta suplementada diariamente com 30 gramas de farelo de cevada. Os autores identificaram o alto teor de fibra insolúvel do farelo de cevada como o responsável pela redução do tempo de trânsito intestinal, embora, indivíduos que receberam suplementos com 20 gramas de celulose microcristalina não tenham apresentado o mesmo resultado.

RANHOTRA et al. (1991) relataram que o peso fecal de ratos foi fracamente correlacionado ( $r=0,22$ ) com conteúdo de fibra solúvel da dieta e altamente correlacionado ( $r=0,97$ ) com fibra alimentar total e fibra insolúvel ( $r=1,00$ ).

As fibras solúveis podem retardar a taxa de esvaziamento gástrico pós-prandial e aumentar a viscosidade do conteúdo do estômago (ROBERFROID, 1993; OLSON et al., 1987). O mesmo efeito das fibras solúveis sobre o trânsito do intestino delgado pode ser observado, com a conseqüente redução da digestão e absorção de macronutrientes, principalmente, amido e glicose (ROBERFROID, 1993; SCHNEEMAN, 1987).

As bactérias do cólon podem fermentar as fibras solúveis e metabolizar estes compostos até hidrogênio, metano, dióxido de carbono e ácidos graxos de cadeia curta. As fibras insolúveis não são, ou são marginalmente fermentadas pelas bactérias do cólon (ROBERFROID, 1993). De acordo com STEPHEN (1994) o amido resistente pode também

ser fermentado pela microflora intestinal, o que está em desacordo com os resultados de RANHOTRA et al. (1996). Estes últimos autores, em experimento com ratos alimentados com amido resistente, sugerem que este composto não sofre fermentação bacteriana no intestino grosso de ratos e conseqüentemente não resulta em formação de ácidos graxos de cadeia curta e produção de energia.

SILJESTROM & BJORCK (1990) analisaram o teor de amido resistente de algumas leguminosas e encontraram um conteúdo aproximado de 6% do total de amido. Em purês infantis autoclavados, à base de ervilha, esses autores reportaram que, o teor de amido resistente pode alcançar 8% do amido total. Entretanto, o significado fisiológico e nutricional de amido resistente ainda precisa ser melhor avaliado (MELITO & TOVAR, 1995; SILJESTROM & BJORCK, 1990).

As células da mucosa no cólon podem utilizar os ácidos graxos de cadeia curta produzidos pela flora bacteriana em presença de fibra, especialmente o butirato, para produção de energia (SCHNEEMAN, 1987).

O tratamento térmico durante o processamento comercial e cozimento doméstico pode afetar as propriedades físico-químicas da fibra alimentar (THED & PHILLIPIS, 1995). Como resultado da alteração da estrutura química das fibras durante o processamento dos alimentos pode ocorrer alteração da capacidade de ligação em água e compostos orgânicos ou capacidade de trocar íons (CHANG & MORRIS, 1990a).

VIDAL-VALVERDE & FRIAS (1991) estudaram o efeito do processamento térmico sobre a fibra alimentar de grão-de-bico (*Cicer arietinum*), feijão roxo (*Phaseolus vulgaris*) e lentilha (*Lens culinaris*). Após o embeбimento e cozimento dos grãos por ebulição ou sob pressão, os autores obtiveram aumento significativo de fibra insolúvel em grão-de-bico e feijão roxo, exceto para o conteúdo de lignina de grão-de-bico cozidos sob pressão. O teor de hemicelulose aumentou significativamente no cozimento normal de grão-de-bico e ao contrário, diminuiu em feijão roxo e lentilha.

MÉNDEZ et al. (1992) analisaram fibra insolúvel e solúvel de feijões submetidos ao embeбimento e cocção sob pressão e encontraram aumento nos valores da fração fibra e de seus componentes. As autoras sugerem a formação de complexos com proteínas e a presença de polímeros de Maillard contribuindo para elevar o teor de fibra de feijões.

VEENA et al. (1995) relataram que a fermentação, germinação e cozimento sob pressão das leguminosas grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), caupi (*Vigna unguiculata*) e “greengram” (*Vigna radiata*) tende a aumentar o teor de fibra alimentar total comparado com os teores das leguminosas cruas, provavelmente devido à presença de amido resistente e resíduos de fibra.

CHANG & MORRIS (1990b) observaram aumento da fibra insolúvel e nenhuma alteração do teor de fibra solúvel de soja submetida a autoclavagem e aquecimento por microondas. Os autores também sugerem que o aumento da fibra insolúvel deve ter sido causado pela reação de Maillard em função do alto teor de proteína da soja. Os processamentos reduziram o teor de fibra alimentar total de farelo de aveia e o teor de fibra solúvel do milho.

A fragmentação de arabinosilana, formação de amido resistente e o amido quimicamente modificado em alimentos amiláceos processados termicamente aumenta o valor da fibra alimentar. Em complementação, a reação de Maillard conduz à formação de produtos poliméricos que aumentam ao valor de lignina Klason (THEANDER et al., 1993).

Recentemente, tem ocorrido grande interesse na fibra alimentar, como resultado de sugestões sobre suas relações benéficas em doenças cardiovasculares, diabetes, câncer de cólon e diverticulose (THED & PHILLIPS, 1995; BEST, 1991).

Dados epidemiológicos mostrando que certas doenças degenerativas são negativamente associadas com fibra alimentar, são difíceis de interpretar por causa da relação inversa entre fibra, proteína e gordura na dieta, dietas com maior concentração de fibra tendem a apresentar menor quantidade de proteína e gordura (SLAVIN, 1987). Também é possível que a dieta com alto teor de fibra, apresente baixo nível de substâncias carcinogênicas ou baixo teor de gordura, que podem confundir os resultados (DWYER, 1993).

Embora, as evidências epidemiológicas que relacionam fibra alimentar e câncer de cólon sejam complicadas por problemas inerentes a sua validade e sensibilidade, os experimentos com animais dão suporte aos resultados epidemiológicos que sugerem a redução do risco de câncer de cólon através da diminuição da ingestão de gordura (REDDY, 1995).

A ligação e inativação dos ácidos biliares por fibra alimentar é uma das hipóteses para explicar o mecanismo envolvido nos supostos efeitos benéficos da fibra na etiologia do câncer

de cólon, visto que os ácidos biliares podem ser carcinogênicos à nível intestinal (HUGHES, 1991).

Dietas com alto teor de carboidrato e fibra parecem beneficiar os pacientes diabéticos devido a redução na glicose sérica e resposta da insulina, embora as pesquisas não sejam conclusivas a respeito do mecanismo responsável pelos efeitos benéficos (TOMA & CURTIS, 1986b). A inclusão de pectina em refeições ou bebidas compostas por carboidrato, segundo REISER (1987) reduz significativamente a glicose sérica e resposta da insulina de indivíduos normais e diabéticos.

LILJEBERG et al. (1996) observaram em seres humanos saudáveis que consumiram produtos de cevada e aveia, efeitos diversos sobre o nível de glicose pós-prandial e resposta da insulina. Os autores concluíram que os produtos derivados da cevada elaborados com alto teor de fibra (15 a 24,8%) induzem significativamente a redução do nível de glicose pós-prandial e resposta da insulina. Ao contrário, os produtos elaborados com aveia e cevada com mais baixos teores de fibra não diferiram dos testes realizados com pão branco.

NISHIMUNE et al. (1991) baseados em resultados de correlações, sugerem uma maior função hipoglicêmica da fibra solúvel em comparação com a fibra insolúvel dos alimentos, mas ressaltaram que, a fração insolúvel pode ter um desempenho menor, porém significativo.

As evidências epidemiológicas que associam fibra alimentar e doença cardíaca coronariana são menos consistentes do que os dados relacionados com colesterol sanguíneo (HUGHES, 1991), devido a dificuldade de separar os efeitos da ingestão de fibra e carboidrato do efeito causado pelo menor consumo de gordura nas populações estudadas (HOPEWELL et al., 1993). Ao contrário, a ampla gama de estudos experimentais relacionando o efeito da fibra solúvel sobre lipídios séricos, suportam as evidências de que, a fibra solúvel contribui para redução do colesterol total e LDL-colesterol em seres humanos normo e hiperlipêmicos (HOPEWELL et al., 1993; STOY et al., 1993; GLORE et al., 1994).

Várias investigações têm mostrado que os alimentos ricos em fibra solúvel como aveia e feijões tem efeito significativo na redução do colesterol sérico em humanos (ANDERSON et al., 1990; HUGHES, 1991). JENKINS et al. (1983) sugerem o uso potencial de sementes de leguminosas na dieta de pacientes hipercolesterolêmicos. Segundo estes autores a ingestão de 140 g de leguminosas por 4 meses reduz o nível de colesterol sérico de pacientes hiperlipidêmicos.

HORN et al. (1991) relataram que em revisão de estudos na área de fibra e colesterol, os resultados registraram redução de 6 a 19% do colesterol plasmático total, quando foi adicionada na dieta fibra solúvel proveniente de leguminosas, pectina, guar, aveia, farelo de aveia e goma de “locust bean”.

UBEROI et al. (1992) investigaram em ratos a ação de fibras de leguminosas e cereais sobre colesterol e gordura. Esses pesquisadores concluíram que as fibras de leguminosas são agentes hipocolesterolêmico, hipolipidêmico e anti-aterogênicos superiores às fibras de cereais.

Alguns mecanismos como modificação da absorção e metabolismo de ácidos biliares, interferência na absorção e metabolismo de lipídios, produção de ácidos graxos de cadeia curta pela fermentação da fibra no cólon e alteração na concentração ou sensibilidade da insulina e outros hormônios são propostos para explicar o efeito de redução de colesterol pela fibra alimentar (ANDERSON et al., 1990).

Embora, o mecanismo de atuação exato da fibra sobre lipídios séricos não seja ainda claro, parece evidente que a fibra solúvel tem um importante papel na manutenção de níveis lipídicos séricos desejáveis para a prevenção de aterosclerose (HOPEWELL et al., 1993).

### **3. Utilização tecnológica de leguminosas**

Historicamente, o processamento de leguminosas em regiões em desenvolvimento tem se dado a nível doméstico, utilizando uma variedade de métodos como embebibimento, cozimento, moagem, torrefação, assamento, germinação e fermentação, para eliminar substâncias tóxicas, remover a casca da semente e abrandar o cotilédone (DESHPANDE & DAMODARAN, 1990). Os feijões secos são consumidos em diferentes formas: cozidos inteiros, fritos, embebidos e fritos, embebidos e cozidos e germinados e cozidos (REDDY et al., 1984).

Entretanto, em regiões tecnologicamente mais avançadas, métodos industriais, tais como classificação por ar de farinhas de feijões, enlatamento, preparação de concentrados e isolados protéicos são com frequência utilizados no processamento de leguminosas (DESHPANDE & DAMODARAN, 1990).

A indústria de alimentos está continuamente experimentando diferentes tecnologias e ingredientes para produzir novos alimentos ou melhorar algumas propriedades já existentes.

Neste sentido os isolados e concentrados protéicos de leguminosas estão tendo grande aceitação (FERNÁNDEZ-QUINTELA et al., 1993).

Além de sua interessante característica nutritiva, as proteínas vegetais, são dotadas de um amplo espectro de propriedades fisicoquímicas, reológicas, sensoriais e de textura de grande interesse para as indústrias de alimentos (UZZAN, 1994).

Os avanços na investigação e produção de concentrados e isolados protéicos a partir de sementes de leguminosas são cada vez mais numerosos, tornando-os mais disponíveis para o emprego na suplementação protéica de diversos alimentos (CANTORAL et al., 1995).

As principais aplicações dos concentrados e isolados protéicos de leguminosas são em misturas com outras fontes de proteína de origem animal, como fontes protéicas em alimentos vegetarianos e dietéticos e como aditivos em alguns alimentos para alcançar determinadas propriedades funcionais (FERNÁNDEZ-QUINTELA et al., 1993).

O uso de proteínas vegetais como ingredientes, provavelmente, iniciou-se com a soja, que é utilizada em vários alimentos, principalmente em produtos de panificação e misturas com cereais. Elas também podem ser incorporadas em produtos cárnicos e derivados do leite, onde as propriedades de emulsificação, geleificação e espessamento são importantes (NINGSANOND & OORAIKUL, 1989).

O reconhecimento dos atributos benéficos de grãos de leguminosas, deve-se tanto à complementaridade de seus aminoácidos com os aminoácidos dos cereais como aos bons níveis de fibra alimentar que favorecem a função intestinal e contribuem para reduzir o colesterol sérico (DESHPANDE & DAMODARAN, 1990; PATEL & RAO, 1995). Esses efeitos tem propiciado renovada atenção para a fortificação de produtos tradicionais de panificação, tais como, pães, bolachas ou “cookies” e também produtos de panificação regioniais populares, utilizando leguminosas produzidas localmente e ainda inexploradas (PATEL & RAO, 1995).

Várias farinhas podem ser misturadas à farinha de trigo para uso nos produtos de panificação, esta mistura é denominada de farinha composta (RUITER, 1978). A substituição de outras farinhas por farinha de trigo no processo de panificação é, geralmente, praticável com a adição de 5 a 10% sem causar grandes transtornos tecnológicos ou prejudicar a qualidade dos produtos (SNYDER & KWON, 1987).

Entre as farinhas de cereais, a farinha de trigo é a base para a elaboração dos produtos de panificação por suas características únicas de formação de massa viscoelástica na presença

de água em contato com o glúten, habilidade em reter gás e transformação propriamente dita da massa em pão (HOSENEY & ROGERS, 1990).

Em muitas regiões onde o trigo não é produzido de forma suficiente para atender o consumo da população, a incorporação de outras farinhas ao trigo é empreendida por razões econômicas (NAVICKIS, 1987), sem que se deixe de ressaltar porém, a importância da utilização de uma farinha que possa oferecer ao consumidor um produto de boas qualidades organolépticas e nutricionais (SILVEIRA et al., 1981).

A maioria dos estudos que relatam a preparação de produtos de panificação, formulados com farinhas compostas, faz uso de farinhas extraídas de grãos (LEELAVATHI et al., 1991). Alguns investigadores tem relatado estudos de misturas de farinha de trigo com grãos germinados de ervilha, lentilha e fava (HSU et al., 1982); soja (SNYDER & KWON, 1987; GONZALEZ-AGRAMON & SERNA-SALDIVAR, 1988; GUY, 1984; MISRA et al., 1991), “faba bean” (YOUSSEF & BUSHUK, 1986), feijão “great northern” (SATHE et al., 1981) e “red cowpea” (NINGSANOND & OORAİKUL, 1989).

A adição de farinha de oleaginosas, como a soja, em sistemas tradicionais de pão, melhora a qualidade da proteína e o valor nutritivo geral do produto (SERNA-SALDIVAR et al., 1988a).

Concentrados e isolados protéicos não são muito utilizados na preparação de farinhas compostas, devido ao seu custo elevado e a necessidade de maquinaria sofisticada para a sua fabricação, além de serem geralmente, menos vantajosos do que as farinhas com respeito a reologia e propriedades sensoriais dos produtos suplementados (CHAVAN & KADAN, 1993).

Menos comuns são os estudos da mistura de uma leguminosa com cereal diferente de trigo. SING & SING (1991) estudaram as propriedades funcionais da mistura de sorgo e amendoim. BUCK et al. (1987) analisaram a mistura de glúten de milho com soja em produtos panificáveis. SERNA-SALDIVAR et al. (1988b) avaliaram o valor nutritivo de tortilhas formuladas com a mistura de farinha de soja desengordurada e milho. AKOBUNDU et al. (1988) investigaram as características panificáveis das misturas de amido com soja e caupi. Na maioria dos estudos os autores dificilmente obtiveram um desenvolvimento satisfatório da massa e as propriedades funcionais das farinhas mistas foram afetadas de forma significativa.

Os produtos suplementados mais freqüentemente são pães, biscoitos e bolos. Entre os produtos prontos para consumo, os biscoitos tipo “cookie” possuem vários atrativos como

grande consumo, relativamente longa vida de prateleira e boa aceitação, particularmente entre crianças (TSEN, 1976).

Os biscoitos tipo “cookie” podem suprir quantidades suficientes de nutrientes e tem sido formulados com intenção de se proceder sua fortificação com fibra ou proteína, por causa do forte apelo nutricional que existe hoje em dia com relação aos alimentos que ingerimos (JAMES et al., 1989).

Recentemente muitos produtos novos como: “snacks”, cereais para o desjejum, farinhas pré-gelatinizadas, amidos modificados, alimentos infantis, tem sido produzidos por processo de extrusão (HSIEH et al., 1990; SENOUCI & SMITH, 1986; MERCIER & FEILLET, 1975)

A extrusão termoplástica do alimento é definida como um processo contínuo, no qual o cisalhamento mecânico é combinado com calor para gelatinizar o amido e desnaturar o material protéico, quando então são “plasticizados” e reestruturados, com a finalidade de criar novas texturas e formas (EL-DASH, 1981). O processo de extrusão tem sido largamente utilizado nos últimos anos para a elaboração de produtos leves e expandidos, provenientes de cereais e materiais crus ricos em amido ou proteína (GUY, 1987; HSIEH et al., 1990).

Uma das vantagens da extrusão térmica é a possibilidade de utilização de mais de um material cru no processamento de alimentos, para otimização das propriedades nutricionais e funcionais e redução de custos (VOORT et al., 1984).

“Snacks” e cereais prontos para o desjejum podem contribuir significativamente para a dieta humana, visto que, apresentam facilidade de preparo e estocagem e tem forte apelo ao paladar de crianças e adultos. Estes produtos podem ser uma alternativa para suplementação protéica. Várias misturas de cereais e farinhas protéicas tem sido desenvolvidas na produção de produtos extrusados (EL-DASH, 1981).

AGUILERA & KOSIKOWSKI (1978) utilizaram uma mistura de milho, soja e soro de leite para produção de “snacks” e cereais prontos para o desjejum. MOLINA et al. (1983) extrusaram dois tipos de farinhas mistas: de milho e soja, e arroz e soja para suplementação de alimentos infantis e encontraram boa aceitação dos produtos obtidos. JANSEN et al. (1978) desenvolveram produtos com mistura de farinha de soja e milho extrusadas com a finalidade de introduzir a baixo custo, proteínas de alta qualidade na dieta.

De acordo com JEFFERS et al. (citados por YOUSSEF & BUSHUK, 1986) a fortificação de farinhas de trigo e milho com farinhas provenientes de leguminosas melhora a qualidade nutricional da farinha composta. Tentativas tem sido feitas para selecionar fontes protéicas econômicas que também contribuam para o conteúdo de fibra alimentar destes produtos de panificação (CHAVAN & KADAN, 1993).

A substituição de parte da farinha de trigo por farinha extraída de leguminosas como caupi (*Vigna sinensis*), “red cowpea” (*Vigna unguiculata*), “black gram” (*Phaseolus mungo*), “greengram” (*Phaseolus aureus* Roxb.), grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e extrato de amendoim fermentado tem sido relatado por alguns autores na elaboração de biscoitos tipo “cookie” (MUSTAFA et al., 1986; NINGSANOND & OORAIKUL, 1989; PRINYAWIWATKUL et al., 1996; PATEL & RAO, 1995; SINGH et al., 1993; DODOK et al., 1993; LEE & BEUCHAT, 1991).

A percentagem de farinha de trigo necessária para garantir bons resultados em farinhas compostas depende da qualidade e quantidade da proteína do trigo e da natureza do produto envolvido (RUITER, 1978). É necessário, portanto que os alimentos escolhidos para formulação de farinhas compostas sejam pesquisados em relação a composição química e características físicas e nutricionais para o desenvolvimento de tecnologia adequada, que permita a sua utilização em produtos de panificação de forma eficiente.

Entretanto, é muito importante observar que, na seleção de componentes que não sejam farinha de trigo, a aceitação cultural dos alimentos utilizados na complementação sejam considerados juntamente com o seu potencial nutritivo (AKOBUNDU et al., 1988). Assim as farinhas extraídas de algumas leguminosas, que embora promissoras em termos de fortificação, não fazem parte do hábito alimentar da população, como no caso da soja, podem causar problemas na elaboração de produtos devido ao sabor característico que estes alimentos conferem ao produto final (YOUSSEF & BUSHUK, 1986).

#### **4. Testes sensoriais afetivos**

A preferência dos indivíduos por determinados alimentos é o resultado do relacionamento sinérgico entre ambientes biológicos, ecológicos e socioculturais (PARRAGA, 1990).

O alimento tem uma composição química e física, a qual determina as propriedades sensoriais que são percebidas pelo indivíduo, tais como aparência, sabor, odor e textura (SHEPHERD, 1990). Tanto fatores intrínsecos ao alimento como sabor ou de caráter social e cultural, como expectativa, satisfação e conveniência, afetam a escolha do alimento e podem atenuar ou aumentar as razões nutricionais para a escolha de um alimento em particular (BARKER et al., 1995).

A área de avaliação sensorial abrange um agrupamento de testes e métodos que asseguram informações úteis para o cientista que trabalha com alimentos (LAWLESS, 1994). Esses testes sensoriais são usados com muitos objetivos: controle de qualidade, processamento, desenvolvimento e otimização de produtos, pesquisa de sabor e conhecimento das reações do consumidor perante o produto (PIGGOTT, 1995)

Para STONE (1988) existem três tipos básicos de métodos usados na análise sensorial: métodos discriminativos, descritivos e afetivos. Testes sensoriais discriminativos são procedimentos comparativos para uso no estudo de discriminação de atributos sensoriais similares (FRIJTERS, 1984). As análises descritivas abrangem os mais informativos testes sensoriais, pois descrevem e quantificam diferenças entre atributos sensoriais importantes no produto (LAWLESS, 1994; SIDEL & STONE 1993).

LAND (1988) define aceitabilidade de um produto como o nível de compra ou consumo continuado por uma população específica.

A proposta primária dos testes afetivos é avaliar a resposta pessoal (preferência e/ou aceitação) dos consumidores habituais ou potenciais, em relação a um produto ou característica específica de um produto (MEILGAARD et al., 1988). Na classe hedônica incluem-se os testes de aceitação, que quantificam as reações de gostar ou desgostar do produto (LAWLESS, 1994).

A análise sensorial faz distinção entre equipe de consumidores e equipe de especialista ou pessoas treinadas. A equipe de consumidores é composta por pessoas sem nenhum treinamento especial e o teste é algumas vezes restrito aos consumidores usuais do produto. A equipe de especialistas é formada por pessoas selecionadas e treinadas através de critérios específicos ou através de experiência (MEISELMAN, 1993).

Nos testes de aceitação a escala hedônica é utilizada para indicar graus de aceitabilidade dos provadores. Melhores resultados são obtidos com escala de número balanceado de categorias positivas e negativas (MEILGAARD et al., 1988).

A escala hedônica de nove pontos foi desenvolvida pelas Forças Armadas dos Estados Unidos da América em 1940, e é a mais conhecida na área de pesquisa de alimentos (MEISELMAN, 1984). Esta escala oferece bons resultados quando utilizada em pesquisa de otimização de produto. Os resultados coletivos utilizados na escala hedônica podem ser analisados por um amplo número de procedimentos estatísticos univariados e multivariados (SIDEL et al., 1994).

Dados unidimensionais pressupõem dois grupos de estatísticas, um expressa o centro do grupo e o outro descreve o afastamento do centro, os mais freqüentemente usados são respectivamente a média e o desvio padrão. Os dados hedônicos podem também ser apresentados graficamente como histograma de freqüência (SMITH, 1984).

Tradicionalmente, os resultados obtidos em testes de aceitação têm sido tratados estatisticamente através de análises univariadas. A principal desvantagem relacionada com as análises univariadas de dados hedônicos é a pressuposição implícita de que todos os indivíduos mostram um comportamento similar frente aos produtos avaliados e que um simples valor médio e pequenas variações ao redor desse valor é representativo de todas as opiniões dos consumidores amostrados (GREENHOFF & MACFIE, 1994).

Enquanto, a análise univariada fornece informações segmentadas por atributo sensorial, a análise multivariada é mais global. Diferentemente da Análise de Variância Univariada (ANOVA), que trata cada atributo de forma independente, a análise multivariada leva em consideração as correlações entre os atributos e amostras. Na ANOVA cada valor de F é analisado como se fosse independente de todos os outros valores de F, quando de fato pode haver correlação entre um ou mais atributos analisados (POWERS, 1988).

Dados multidimensionais são gerados em análise sensorial quando diferentes aspectos da qualidade do alimento, tais como, aparência, cor, odor, textura e sabor são examinados conjuntamente, podendo inclusive incluir-se atributos não sensoriais como °Brix das amostras, acidez titulável, entre outros. As diferentes notas de aroma e sabor geradas no levantamento do perfil de sabor de um produto podem incluir 30 ou mais descritores da qualidade sensorial

do produto. Esses dados podem ser globalmente analisados com vantagens através de técnicas multivariadas (SMITH, 1984; MEILGAARD et al., 1988).

A escala multidimensional pode ser considerada uma técnica poderosa para análise de preferência e percepções dos consumidores (SCHIFFMAN citado por FALAHEE & MACRAE, 1995).

O Mapa de Preferência multidimensional é uma classe alternativa de método desenvolvido por GREENHOFF & MACFIE (1994) que supera as desvantagens da análise univariada em dados hedônicos. Nessa nova técnica cada provador é individualmente representado dentro de um modelo estatístico (MACFIE & THOMSON, 1988). A principal vantagem do Mapa de Preferência sobre a metodologia tradicional é a avaliação global das preferências individuais sem considerar observações das respostas individuais meramente como médias (MACFIE & THOMSON, 1988). Além disso, o Mapa de Preferência é um procedimento simples e rápido para se administrar experimentalmente, e conseqüentemente, economiza tempo e recursos financeiros na obtenção de informações sensoriais de um painel de consumidores (FALAHEE & MACRAE, 1995). A base de dados desse mapa é coletada através da avaliação hedônica de seis ou mais produtos pelos consumidores (GREENHOFF & MACFIE, 1994).

O Mapa de Preferência resulta na produção de um mapa espacial, que reflete a relação entre as amostras em termos de suas características percebidas. Cada amostra é representada por um ponto no mapa, e as distâncias entre os pontos são calculadas para encontrar uma representação ótima de similaridade entre as amostras (FALAHEE & MACRAE, 1995). O modelo da escala multidimensional reflete as similaridades do produto em função da proximidade espacial (LAWLESS et al., 1995). A técnica do Mapa de Preferência é um meio útil para revelar as dimensões da percepção, assegurar a visualização das opiniões individuais e segmentar a população em grupos de similaridade de preferência (NUTE et al., 1988).

Existem duas maneiras distintas de análise de dados para a obtenção do Mapa de Preferência, conhecidas como análises interna e externa (MACFIE & THOMSON, 1984).

Na análise interna de preferência o objetivo é encontrar uma representação multidimensional das amostras testadas, tendo-se como base somente os dados de aceitação/preferência, representando-se também cada um dos consumidores de forma que se possa observar as preferências individuais de cada um deles. (MACFIE & THOMSON, 1988).

No Mapa de Preferência interno as amostras representadas como pontos são incluídas em um espaço multidimensional, onde cada indivíduo é representado por um vetor no espaço e a ordem de projeção das amostras sobre os vetores fornece o “ranking” de preferência de cada indivíduo (MACFIE & THOMSON, 1988).

Na análise externa de preferência realiza-se uma regressão dos dados de aceitação para cada indivíduo, contra as coordenadas das amostras obtidas através de uma análise de Componentes Principais de dados descritivos ou instrumentais. Os modelos de regressão podem ser lineares ou envolver termos quadráticos com ou sem interações, e indicarão um vetor de preferência (modelo linear ou vetorial), ou um ponto ideal de aceitação (modelo do ponto ideal) para cada indivíduo (GREENHOFF & MACFIE, 1994).

## Referências Bibliográficas

- ABBEY, B. W., NORTON, G., NEALE, R. J. Effects of dietary proteinase inhibitors from field bean (*Vicia faba* L.) and field-bean meal on pancreatic function in the rat. **Br. J. Nutr.**, v. 41, n. 1, p. 39-45, 1979a.
- ABBEY, B. W., NEALE, R. J., NORTON, G. Nutritional effects of field bean (*Vicia faba* L.) proteinase inhibitors fed to rats. **Br. J. Nutr.**, v. 41, n. 1, p. 31-38, 1979b
- AGUILERA, J. M., KOSIKOWSKI, F. V. Extrusion and roll-cooking of corn-soy-whey mixtures. **J. Food Sci.**, v. 43, n. 1, p. 225-227, 230, 1978.
- AKOBUNDU, E. N. T., UBBAONU, C. N., NDUPUH, C. E. Studies on the baking potencial of non-wheat composite flours. **J. Food. Sci. Technol.**, v. 25, n. 4, p. 211-214, 1988.
- ALHO, C. J. R., MARTINS, E. S. (Ed.) **De grão em grão, o cerrado perde espaço: cerrado impactos do processo de ocupação.** Brasília: Fundo Mundial Para a Natureza, 1995. 66 p.
- ALLI, I., BAKER, B. E. Constitution of leguminous seeds. A note on protein-phytic acid interactions during isolation of acid-soluble protein from *Phaseolus* beans. **J. Sci. Food Agric.**, v. 32, n. 6, p. 588-592, 1981.
- ALMEIDA, S. P., SILVA, J. A., RIBEIRO, J. F. **Aproveitamento alimentar de espécies nativas dos cerrados: araticum, baru, cagaita e jatobá.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1987. 83 p.
- AL-WESALI, M., LAMBERT, N., WELHAM, T., DOMONEY, C. The influence of pea seed trypsin inhibitors on the in vitro digestibility of casein. **J. Sci. Food Agric.**, v. 68, n. 4, p. 431-437, 1995.

- ANDERSON, J. W., DEAKINS, D.A., FLOORE, T. L., SMITH, B. M., WHITIS, S. E. Dietary fiber and coronary heart disease. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 29, n. 2, p. 95-147, 1990
- ANTUNES, P. L., SGARBIERI, V. C. Processing effects on the nutritive value of soybean seeds and products. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. xxvii, n. 1, p. 33-47, 1977.
- ANTUNES, P. L., SGARBIERI, V. C. Effect of heat treatment on the toxicity value of dry bean (*Phaseolus vulgaris* var. Rosinha G2) proteins. **J. Agric. Food Chem.**, v. 28, n. 5, p. 935-938, 1980.
- ASKAR, A. Faba beans (*Vicia faba* L.) and their role in the human diet. **Food Nutr. Bull.**, v. 8, n. 3, p. 15-24, 1986.
- AW, T. L., SWANSON, B. G. Influence of tannin on *Phaseolus vulgaris* protein digestibility and quality. **J. Food Sci.**, v. 50, n. 1, p. 67-71, 1985
- AYYAGARI, R., RAO, B. S. N., ROY, D. N. Lectins, trypsin inhibitors, BOAA and tannins in legumes and cereals and the effects of processing. **Food Chem.**, v. 34, n. 3, p. 229-238, 1989.
- BARBOSA, A. S. **Sistema biogeográfico do cerrado: alguns elementos para sua caracterização.** Goiânia: Ed. Universidade Católica de Goiás, 1996. 43 p.
- BARCA, A. M. C., VÁZQUEZ-MORENO, L., ROBLES-BURGUEÑO, M. R. Active soybean lectin in foods: isolation and quantification. **Food Chem.**, v. 39, n. 3, p. 321-327, 1991.
- BARKER, M. E., THOMPSON, K. A., MCCLEAN, S. I. Attitudinal dimensions of food choice and nutrient intake. **Br. J. Nutr.**, v. 74, n. 5, p. 649-659, 1995.
- BARTHAKUR, N. N., ARNOLD, N. P., ALLI, I. The indian laburnum (*Cassia fistula* L.) fruit: an analysis of its chemical constituents. **Plant Foods Hum. Nutr.**, v. 47, n. 1, p. 55-62, 1995.
- BARTOLOMÉ, B., JIMÉNEZ-RAMSEY, L. M., BUTLER, L. G. Nature of the condensed tannins present in the dietary fibre fractions in foods. **Food Chem.**, v. 53, n. 4, p. 357-362, 1995.
- BELITZ, H., GROSCH, W. **Química de los alimentos.** España: Acribia, 1988. Cap 16: leguminosas.
- BENDER, A. E. Effects on nutritional balance: antinutrients. In: WATSON, D. H. **Natural toxicants in food: progress and prospects.** London: Ellis Horwood International Publishers, 1987. p. 110-124.
- BEST, D. Whatever happened to fiber? **Prepared Foods**, v. 160, n. 11, p. 54-58, 1991.
- BOOTH, G. **Snack food.** New York, Van Nostrand Reinhold, 1990. p. 3-70.

- BRADY, P. G., VANNIER, A. M., BANWELL, J. G. Identification of the dietary lectin, wheat germ agglutinin, in human intestinal contents. **Gastroenterology**, v. 75, n. 2, p. 236-239, 1978.
- BRAVO, L., SAURA-CALIXTO, F., GONI, I. Effects of dietary fibre and tannins from apple pulp on the composition of faeces in rats. **Br. J. Nutr.**, v. 67, n. 3, p. 463-473, 1992.
- BRESSANI, R., ELÍAS, L. G. Relacion entre la digestibilidad y el valor proteinico del frijol comun (*Phaseolus vulgaris*). **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. xxxiv, n. 1, p. 189-197, 1984.
- BRESSANI, R., ELÍAS, L. G., BRAHAM, J. E. Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. **J. Plant Foods**, v. 4, n. 1, p. 43-55, 1982.
- BRUNE, M., ROSSANDER-HULTÉN, L., HALLBERG, L., GLEERUP, A., SANDBERG, A. Iron absorption from bread in humans: inhibiting effects of cereal fiber, phytate and inositol phosphates with different numbers of phosphate groups. **J. Nutr.**, v. 122, n. 3, p. 442-449, 1992.
- BUCK, J. S., WALKER, C. E., WATSON, K. S. Incorporation of corn gluten meal and soy into various cereal-based foods and resulting product functional, sensory, and protein quality. **Cereal Chem.**, v. 64, n. 4, p. 264-269, 1987.
- BURBANO, C., MUZQUIZ, M., OSAGIE, A., AYET, G., CUADRADO, C. Determination of phytate and lower inositol phosphates in spanish legumes by HPLC methodology. **Food Chem.**, v. 52, n. 3, p. 321-325, 1995.
- CALET, C. Les légumes secs, apport protidique. **Cah. Nutr. Diét.**, v. xxvii, n. 2, p. 99-108, 1992.
- CÂMARA, I. G. Conservação dos cerrados. In: MONTEIRO, S. KAZ, L. (Coord.) **Cerrado vastos espaços: flora e fauna do Brasil**. Rio de Janeiro: Livrarte, 1993. p. 45-51.
- CANDIDO, J. F. Jatobá: (*Hymenaea stilbocarpa* Hayne). In: CANDIDO, J. F, GOMES, J. M., BERNARDO, A. L. **Cultura de espécies florestais - II**. Viçosa: UFV, 1993. p. 87-114.
- CANTORAL, R., FERNÁNDEZ-QUINTELA, A., MARTÍNEZ, J. A., MACARULLA, M. T. Estudio comparativo de la composición y el valor nutritivo de semillas y concentrados de proteína de leguminosas. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. 45, n. 3, p. 242-248, 1995.
- CHAMPAGNE, E. T., PHILLIPPY, B. Q. Effects of pH on calcium, zinc, and phytate solubilities and complexes following in vitro digestions of soy protein isolate. **J. Food Sci.**, v. 54, n. 3, p. 587-592, 1989.
- CHANG, M. C., MORRIS, W. C. The effect of heat treatments on dietary fiber as assessed by scanning electron microscopy. **J. Food Process. Preserv.**, v. 14, n. 5, p. 335-343, 1990a.
- CHANG, M. C., MORRIS, W. C. Effect of heat treatments on chemical analysis of dietary fiber. **J. Food Sci.**, v. 55, n. 6, p. 1647-1650, 1990b.

- CHANG, M. J., COLLINS, J. L., BAILEY, J. W., COFFEY, D. L. Cowpeas tannins related to cultivar, maturity, dehulling and heating. **J. Food Sci.**, v. 59, n. 5, p. 1034-1036, 1994.
- CHAVAN, J. K., KADAN, S. S. Nutritional enrichment of bakery products by supplementation with nonwheat flours. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 33, n. 3, p. 189-226, 1993.
- CHEFTEL, J., CUQ, J., LORIENT, D. **Proteínas alimentarias**. Zaragoza: Acribia, 1989. Cap. 5: Propiedades nutricionales de las proteínas.
- CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v.13, n. 4, p. 297-335, 1980.
- CHURELLA, H. R., VIVIAN, V. M. Effect of phytic acid level in soy protein based infant formulas on mineral availability in the rat. **J. Agric. Food Chem.**, v. 37, n. 5, p. 1352-1357, 1989.
- CHURELLA, H. R., YAO, B. C., THOMSON, W. A. B. Soybean trypsin inhibitor activity of soy infant formulas and its nutritional significance for the rat. **J. Agric. Food Chem.**, v. 24, n. 2, p. 393-397, 1976.
- DANISOVÁ, C., HOLOTNÁKOVÁ, E., HOZOVÁ, B., BUCHTOVÁ, V. Effect of germination on range of nutrients of selected grains and legumes. **Acta Aliment.**, v. 23, n. 3, p. 287-298, 1994.
- DAVIS, K. R. Effect of processing on composition and *Tetrahymena* relative nutritive value of green and yellow peas, lentils, and white pea beans. **Cereal Chem.**, v. 58, n. 5, p. 454-460, 1981.
- DELWICHE, C. C. Legumes: past, present, and future. **Bioscience**, v. 28, n. 9, p. 565-570, 1978.
- DESHPANDE, S. S. Food legumes in Human nutrition: a personal perspective. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 32, n. 4, p. 333-363, 1992
- DESHPANDE, S. S., CHERYAN, M. Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. **J. Food Sci.**, v. 50, n. 4, p. 905-910, 1985.
- DESHPANDE, S. S., CHERYAN, M., SALUNKHE, D. K. Tannin analysis of food products. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 24, n. 4, p. 401-449, 1986.
- DESHPANDE, S. S., DAMODARAN, S. Food legumes: chemistry and technology. **Adv. Cereal Sci. Technol.**, v.x, p. 147-241, 1990.
- DESHPANDE, S. S., NIELSEN, S. S. In vitro digestibility of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins: the role of heat-stable protease inhibitors. **J. Food Sci.**, v. 52, n. 5, p. 1330-1334, 1987.
- DESHPANDE, S. S., SALUNKHE, D. K. Interactions of tannic acid and catechin with legume starches. **J. Food Sci.**, v. 47, n. 6, p. 2080-2081, 2083, 1982.

- DIAS, B. F. S. (Coord.) **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: IBAMA, 1992. Cap. 2: Cerrados: uma caracterização.
- DODOK, L., ALI, M. A., HOZOVÁ, B., HALASOVÁ, G., POLACEK, I. Importance and utilization of chickpea in cereal technology. **Acta Aliment.**, v. 22, n.2, p. 119-129, 1993.
- DWYER, J. Dietary fiber and colorectal cancer risk. **Nutr. Rev.**, v. 51, n.5, p. 147-148, 1993.
- EGBE, I. A., AKINYELE, I. O. Effect of cooking on the antinutritional factors of lima beans (*Phaseolus lunatus*). **Food Chem.**, v. 35, n. 2, p. 81-87, 1990.
- EL-DASH, A. A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: POMERANZ, Y., MUNCK, L. **Cereals a renewable resource: theory and practice**. St. Paul: The American Association of Cereal Chemists, 1981. p. 165-216.
- ELHARDALLOU, S. B., WALKER, A. F. Binding of Ca by three starchy legumes in the presence of Ca alone or with Fe, Zn, Mg and Cu. **Food Chem.**, v. 52, n. 4, p. 379-384, 1995.
- ELKOWICZ, K., SOSULSKI, F. W. Antinutritive factors in eleven legumes and their air-classified protein and starch fractions. **J. Food Sci.**, v. 47, n. 4, p. 1301-1304, 1982
- EMPSON, K. L., LABUZA, T. P., GRAF, E. Phytic acid as a food antioxidant. **J. Food Sci.**, v. 56, n. 2, p. 560-563, 1991
- ENE-OBONG, H. N. Content of antinutrients and in vivo protein digestibility of the african yambean, pigeon and cowpea. **Plant Foods Hum. Nutr.**, v. 48, n. 3, p. 225-233, 1995.
- ERDMAN, J. W. Oilseed phytates: nutritional implications. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, v. 56, n. 8, p. 736-741, 1979.
- ERDMAN, J. W. Bioavailability of trace minerals from cereals and legumes. **Cereal Chem.**, v. 58, n. 1, p. 21-26, 1981.
- ESSNER, E., SCHREIBER, J., GRIEWSKI, R. A. Localization of carbohydrate components in rat colon with fluoresceinated lectins. **J. Histochem. Cytochem.**, v. 26, n. 6, p. 452-458, 1978.
- ETZLER, M. E. Plant lectins: molecular and biological aspects. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, v. 36, p. 209-234, 1985.
- FALAHEE, M., MACRAE, W. Consumer appraisal of drinking water: multidimensional scaling analysis. **Food Qual. Prefer.**, v. 6, n. 4, p. 327-332, 1995
- FAO. **Protein quality evaluation**. Rome: FAO, 1991.66p.
- FARINU, G. O., INGRAO, G. Gross composition, amino acid, phytic acid and trace element contents of thirteen cowpea cultivars and their nutritional significance. **J. Sci. Food Agric.**, v. 55, n. 3, p. 401-410, 1991

- FERNÁNDEZ-QUINTELA, A., LARRALDE, J., MACARULLA, M. T., MARCOS, R., MARTÍNEZ, J. A. Leguminosas y concentrados de proteína: nuevas perspectivas y aplicaciones. *Alimentaria*, v. 30, n. 239, p. 59-63, 1993.
- FERREIRA, F. A., DEMUNER, N. L., REZENDE, D. V. Mancha de folha, desfolha e antracnose do jatobá (*Hymenaea* spp.) causadas por *Erythrogloeum hymenaeae*. *Fitopatol. Bras.*, v. 17, n. 1, p. 106-109, 1992.
- FORBES, R. M., PARKER, H. M., ERDMAN, J. W. Effects of dietary phytate, calcium and magnesium levels on zinc bioavailability to rats. *J. Nutr.*, v. 114, n. 8, p. 1421-1425, 1984.
- FREED, D. L., BUCKLEY, C. H. Mucotractive effect of lectin. *Lancet*, v. 18, n. 1, p. 585-586, 1978
- FRIEDMAN, M. Nutritional value of proteins from different food sources. A review. *J. Agric. Food Chem.*, v. 44, n. 1, p. 6-29, 1996.
- FRIJTERS, J. E. R. Sensory difference testing and the measurement of sensory discriminability. In: PIGGOTT, J. R. *Sensory analysis of foods*. New York: Elsevier Applied Science, 1984. p. 117-140.
- GLORE, S. R., TREECK, D. V., KNEHANS, A. W., GUILD, M. Soluble fiber and serum lipids: a literature review. *J. Am. Diet. Assoc.*, v. 94, n. 4, p. 425-436, 1994.
- GONZALEZ-AGRAMON, M., SERNA-SALDIVAR, S. O. Effect of defatted and soybean solate fortification on the nutritional, physical, chemical and sensory properties of wheat flour tortillas. *J. Food Sci.*, v. 53, n. 3, p. 793-797, 1988.
- GORDON, D. T. Functional properties vs physiological action of total dietary fiber. *Cereal Foods World*, v. 34, n. 7, p. 517-525, 1989.
- GORDON, D. T. Total dietary fiber and mineral absorption. In: KRITCHEVSKY, D., BONFIELD, C., ANDERSON, J. W. *Dietary fiber: chemistry, physiology, and health effects*. New York: Plenum Press, 1990. p. 105-128.
- GRAF, E. Applications of phytic acid. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 60, n. 11, p. 1861-1867, 1983.
- GRAF, E., EATON, J. W. Dietary suppression of colonic cancer: fiber or phytate? *Cancer*, v. 56, n. 15, p. 717-718, 1985.
- GRANT, G., WATT, W. B., STEWART, J. C., BARDOCZ, S., PUSZTAI, A. Intestinal and pancreatic responses to dietary soybean (*Glycine max*) proteins. *Biochem. Soc. Trans.*, v. 16, n. 4, p. 610-611, 1988.
- GREENHOFF, K., MACFIE, H. J. H. Preference mapping in practice. In: MACFIE, H. J. H., THOMSON, D. M. H. *Measurement of food preferences*. London: Blackie Academic & Professional, 1994. p. 137-166.
- GRIFFITHS, D. W. The inhibition of digestive enzymes by extracts of field bean (*Vicia faba*). *J. Sci. Food Agric.*, v. 30, n. 5, p. 458-462, 1979.

- GRIFFITHS, D. W., MOSELEY, G. The effect of diets containing field beans of high or low polyphenolic content on the activity of digestive enzymes in the intestines of rats. **J. Sci. Food Agric.**, v. 31, n. 3, p. 255-259, 1980.
- GRYNSPAN, F., CHERYAN, M. Phytate-calcium interactions with soy protein. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, v. 66, n. 1, p. 93-97, 1989.
- GUY, E. J. Evaluation of the bread-baking quality and storage stability of 12% soy-fortified wheat flour containing sweet cheese whey solids. **Cereal Chem.**, v. 61, n. 2, p. 83-88, 1984.
- GUY, R. C. E. Extrusion cooking versus conventional baking. In: BLANSHARD, J. M. V., FRAZIER, P. J., GALLIARD, T. **Chemistry and physics of baking**. London: Royal Society of Chemistry, 1987. p. 227-235.
- HALL, J. M. A review of total dietary fiber methodology. **Cereal Foods World**, v. 34, n. 7, p. 526-528, 1989.
- HASDAI, A., NITSAN, Z., VOLCANI, R. Growth, digestibility, and enzyme activities in the pancreas and intestines of guinea-pigs fed on raw and heated soya-bean flour. **Br. J. Nutr.**, v. 62, n. 3, p. 529-537, 1989.
- HEANEY, R. P., WEAVER, C. M. Reply to M. Messina. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 54, n. 3/4, p. 763, 1991.
- HEANEY, R. P., WEAVER, C. M., FITZSIMMONS, M. L. Soybean phytate content: effect on calcium absorption. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 53, n. 3-4, p. 745-747, 1991.
- HEYWOOD, V. H. The Leguminosae: a systematic purview. In: HARBORNE, J. B., BOULTER, D., TURNER, B. L. **Chemotaxonomy of the Leguminosae**. New York: Academic Press, 1971. p. 1-19.
- HIRA, C. K., KAUR, A. P. Phytate/zinc and phytate x calcium/zinc ratios of common cereals, legumes and their combinations. **J. Food Sci. Technol.**, v. 30, n. 3, p. 213-215, 1993.
- HOPEWELL, R., YEATER, R., ULLRICH, I. Soluble fiber: effect on carbohydrate and lipid metabolism. **Progress. Food Nutr. Sci.**, v. 17, p. 159-182, 1993
- HORN, L. V., MOAG-STAHLEBERG, A., LIU, K., BALLEW, C., RUTH, K., HUGHES, R., STAMLER, J. Effects on serum lipids of adding instant oats to usual american diets. **Am. J. Public Health**, v. 81, n. 2, p. 183-188, 1991.
- HOSENEY, R. C., ROGERS, D. E. The formation and properties of wheat flour dough. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 29, n. 2, p. 73-93, 1990.
- HOWARD, I., SAGE, H. J., HORTON, C. B. Communication: studies on the appearance and location of hemagglutinins from a common lentil during the life cycle of the plant. **Arch. Biochem. Biophys.**, v. 149, n. 1, p. 323-326, 1972.

- HSIEH, F., PENG, I. C., HUFF, H. E. Effects of salt, sugar and screw speed on processing and product variables of corn meal extruded with a twin-screw extruder. **J. Food Sci.**, v. 55, n. 1, p. 224-227, 1990.
- HSU, D. L., LEUNG, H. K., MORAD, M. M., FINNEY, P. L., LEUNG, C. T. Effect of germination on electrophoretic, functional and bread-baking properties of yellow pea, lentil and faba bean protein isolates. **Cereal Chem.**, v. 59, n. 5, p. 344-350, 1982.
- HUGHES, J. S. Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. **Food Technol.**, v. 45, n. 9, p. 122-124, 126, 1991.
- HUNT, J. R., JOHNSON, P. E., SWAN, P. B. Dietary conditions influencing relative zinc availability from foods to the rat and correlations with in vitro measurements. **J. Nutr.**, v. 117, n. 11, p. 1913-1923, 1987.
- IKEDA, K., MATSUDA, Y., KATSUMARU, A., TERANISHI, M., YAMAMOTO, T., KISHIDA, M. Factors affecting protein digestibility in soybean foods. **Cereal Chem.**, v. 72, n. 4, p. 401-405, 1995.
- INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Dietary fiber. **Food Technol.**, v. 43, n. 10, p. 133-139, 1989.
- INSTITUTO DO TRÓPICO SUBÚMIDO. Estação Ciência Mato do Açude. **Culinária do Cerrado: parte I.** Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 1992. 24 p.
- IUPAC. Commission on the Nomenclature of Organic Chemistry. The nomenclature of cyclitols. **Eur. J. Biochem.**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 1968
- JAFFÉ, W. G. Hemagglutinins. In: LIENER, I. E. **Toxics constituents of plant foodstuffs.** New York: Academic Press, 1969. p. 69-101,
- JAFFÉ, W. G., BRÜCHER, O. Toxicidad y especificidad de diferentes fitohemaglutininas de frijoles (*Phaseolus vulgaris*). **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. xxii, n. 2, p. 267-281, 1972.
- JAMES, C., COURTNEY, D. L. D., LORENZ, K. Rice bran-soy blends as protein supplements in cookies. **Int. J. Food Sci. Technol.**, v. 24, n. 5, p. 495-502, 1989.
- JANSEN, G. R., HARPER, J. M., O'DEEN, L. Nutritional evaluation of blended foods made with a low-cost extruder cooker. **J. Food Sci.**, v. 43, n. 3, p. 912-915, 1978.
- JENKINS, D. J. A., WONG, G. S., PATTEN, R., BIRD, J., HALL, M., BUCKLEY, G., MCGUIRE, V., REICHERT, R., LITTLE, J. A. Leguminous seeds in the dietary management of hyperlipidemia. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 38, n. 4, p. 567-573, 1983.
- JIMENEZ-RAMSEY, L. M., ROGLER, J. C., HOUSLEY, T. L., BUTLER, L. G., ELKIN, R. G. Absorption and distribution of <sup>14</sup>C-labeled condensed tannins and related sorghum phenolics in chickens. **J. Agric. Food Chem.**, v. 42, n. 4, p. 963-967, 1994.
- JOSE, P. Cerrado libera mais oxigênio que Amazônia. **O Popular.** Goiânia, 26 janeiro 1997. Caderno B, p. 12B.

- JOSHI, S., AGTE, V. Comparative in vitro binding of minerals by the fibres from pulses, cereals and vegetables. **J. Food Sci. Technol.**, v. 32, n. 3, p. 213-214, 1995.
- KATARIA, A., CHAUHAN, B. M., PUNIA, D. Antinutrients and protein digestibility (in vitro) of mungbean as affected by domestic processing and cooking. **Food Chem.**, v. 32, n. 1, p. 9-17, 1989.
- KAUR, D., KAPOOR, A. C. Nutrient composition and antinutritional factors of rice bean (*Vigna umbellata*). **Food Chem.**, v. 43, n. 2, p. 119-124, 1992.
- KHALIL, A. H., MANSOUR, E. H. The effect of cooking, autoclaving and germination on the nutritional quality of faba beans. **Food Chem.**, v. 54, n. 2, p. 177-182, 1995.
- KHOKHAR, S., PUSHPANJALI, FENWICK, G. R. Phytate content of indian foods and intakes by vegetarian indians of Hisar region , Haryana state. **J. Agric. Food Chem.**, v. 42, n. 11, p. 2440-2444, 1994.
- KIKUCHI, H., YAJIMA, T. Correlation between water-holding capacity of different types of cellulose in vitro and gastrointestinal retention time in vivo of rats. **J. Sci. Food Agric.**, v. 60, n. 2, p. 139-146, 1992.
- KING, T. P., PUSZTAI, A., CLARKE, E. M. W. Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) lectin-induced lesions in rat small intestine. **J. Comp. Pathol.**, v. 92, n. 3, p. 357-373, 1982.
- KNUCKLES, B. E., KUZMICKY, D. D., BETSCHART, A. A. Effect of phytate and partially hydrolyzed phytate on in vitro protein digestibility. **J. Food Sci.**, v. 50 , n. 4, p. 1080-1082, 1985.
- KOIDE, T., IKENAKA, T. Studies on soybean trypsin inhibitors: 3. amino-acid sequence of the carboxyl-terminal region and the complete amino-acid sequence of soybean trypsin inhibitor (Knitz). **Eur. J. Biochem.**, v. 32, n. 3, p. 417-431, 1973
- KON, S. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. **J. Food Sci.**, v. 44, n. 5, p. 1330-1334, 1340, 1979.
- KON, S., SANSHUCK, D. W. Phytate content and its effect on cooking quality of beans. **J. Food Process. Preserv.**, v.5, n. 3, p. 169-178, 1981.
- LAJOLO, F. M., MENEZES, E. W., FILISETTI-COZZI, T. M. C. C. Considerações sobre carboidratos e fibra. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. xxxviii, n. 3, p. 519-542, 1988.
- LAM-SÁNCHEZ, A., DURIGAN, J. F., OLIVEIRA, J. E. D., BRESSANI, R. Avaliação nutricional e tecnológica de material de soja [*Glycine max* (L) Merrill] introduzido. **Científica**, v. 10, n. 1, p. 87-97, 1982.
- LAND, D. G. Negative influences on acceptability and their control In: THOMSON, D. M. H. **Food acceptability**. New York, Elsevier Applied Science, 1988. p. 475-483.
- LANZA, L. BUTRUM, R. R. A critical review of food fiber analysis and data. **J. Am. Diet. Assoc.**, v. 86, n. 6, p. 732-740, 1986.

- LARSEN, F. M., MOUGHAN, P. J., WILSON, M. N. Dietary fiber viscosity and endogenous protein excretion at the terminal ileum of growing rats. **J. Nutr.**, v. 123, n. 111, p. 1898-1904, 1993.
- LAURENA, A. C., DEN, T. V., MENDOZA, E. M. T. Effects of condensed tannins on the in vitro protein digestibility of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] **J. Agric. Food Chem.**, v. 32, n. 5, p. 1045-1048, 1984.
- LAURENA, A. C., RODRIGUEZ, F. M., SABINO, N. G., ZAMORA, A. F., MENDOZA, E. M. T. Amino acid composition, relative nutritive value and in vitro protein digestibility of several Philippine indigenous legumes. **Plant Foods Hum. Nutr.**, v. 41, n. 1, p. 59-68, 1991.
- LAWLESS, H. T. Getting results you can trust from sensory evaluation. **Cereal Foods World**, v. 39, n. 11, p. 809-814, 1994.
- LAWLESS, H. T., SHENG, N., KNOOPS, S. S. C. P. Multidimensional scaling of sorting data applied to cheese perception. **Food Qual. Prefer.**, v. 6, n. 2, p. 91-98, 1995.
- LEE, C., BEUCHAT, L. R. Functional and sensory properties of muffins and cookies containing dried fermented peanut milk. **Lebensm.-wiss. Technol.**, v. 24, n. 6, p. 528-534, 1991.
- LEE, Y. T., LANGENHEIM, J. H. Additional new taxa and new combinations in *Hymenaea* (Leguminosae, Caesalpinoideae). **J. Arnold Arboretum**, v. 55, n. 3, p. 441-452, 1974.
- LEE, S. C., PROSKY, L. Dietary fiber analysis for nutrition labeling. **Cereal Foods World**, v. 37, n. 10, p. 765-771, 1992.
- LEE, S. C., PROSKY, L. Perspectives on complex carbohydrate definition. **Cereal foods World**, v. 41, n. 2, p. 88-89, 1996.
- LEE, S. C., VICENT, R., PROSKY, L., SULLIVAN, D. M. Evaluating an analytical method for complex carbohydrate determinations. **Cereal Foods World**, v. 41, n. 2, p. 64-70, 1996.
- LEELAVATHI, K., RAO, P. H., SASTRY, M. C. S. Studies on the utilization of sunflower kernels in bakery products. **J. Food Sci. Technol.**, v. 28, n.5, p. 280-284, 1991.
- LIDDLE, R. A., GOLDFINE, I. D., WILLIAMS, J. A. Bioassay of plasma cholecystokinin in rats: effects of food, trypsin inhibitor, and alcohol. **Gastroenterology**, v. 87, n. 3, p. 542-549, 1984.
- LIENER, I. E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 34, n. 1, p. 31-67, 1994.
- LIENER, I. E. Phytohemagglutinins (phytolectins). **Ann. Rev. Plant Physiol.**, v. 27, p. 291-319, 1976.
- LIENER, I. E. Phytohemagglutinins: their nutritional significance. **J. Agric. Food Chem.**, v. 22, n. 1, p. 17-22, 1974.

- LIENER, I. E. The nutritional significance of the plant lectins. In: ORY, R. L. **Antinutrients and natural toxicants in foods**. Westport: Food & Nutrition Press, 1981. p. 143-157.
- LIENER, I. E. Trypsin inhibitors: concern for human nutrition or not? **J. Nutr.**, v. 116, n. 5, p. 920-923, 1986.
- LIENER, I. E., GOODALE, R. L., DESHMUKH, A., SATTERBERG, T. L., WARD, G., DIPIETRO, C. M., BANKEY, P. E., BORNER, J. W. Effect of a trypsin inhibitor from soybeans (Bowman-Birk) on the secretory activity of the human pancreas. **Gastroenterology**, v. 94, n. 2, p. 419-427, 1988.
- LILJEBERG, H. G. M., GRANFELDT, Y. E., BJORCK, I. M. E. Products based on a high fiber barley genotype, but not on common barley or oats, lower postprandial glucose and insulin responses in healthy humans. **J. Nutr.**, v. 126, n. 2, p. 458-466, 1996.
- LIMA, A. L., MANCINI FILHO, J., DOMINGUES, J. B., LAJOLO, F. M. Propriedades hemaglutinantes mitogênica e tóxica de variedades brasileiras de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). **Rev. Farm. Bioquím. Univ. São Paulo**, v. 16, n. 1/2, p. 145-154, 1980.
- LIS, H., SHARON, N. The biochemistry of plant lectins (phytohemagglutinins). **Ann. Rev. Biochem.**, v. 42, p. 541-574, 1973.
- LONNERDAL, B., SANDBERG, A., SANDSTROM, B., KUNZ, C. Inhibitory effects of phytic acid and other inositol phosphates on zinc and calcium absorption in suckling rats. **J. Nutr.**, v. 119, n. 2, p. 211-214, 1989.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Piracicaba: Plantarum, 1992. 155 p.
- LUMEN, B. O. de, SALAMAT, L. A. Trypsin inhibitor activity in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) and the possible role of tannin. **J. Agric. Food Chem.**, v. 28, n. 3, p. 533-536, 1980.
- LUPTON, J. R. MORIN, J. L., ROBINSON, M. C. Barley bran flour accelerates gastrointestinal transit time. **J. Am. Diet. Assoc.**, v. 93, n. 8, p. 881-885, 1993.
- MACFIE, H. J. H., THOMSON, D. M. H. Multidimensional scaling methods. In: PIGGOTT, J. R. **Sensory analysis of foods**. New York: Elsevier Applied Science, 1984. p. 351-375.
- MACFIE, H. J. H., THOMSON, D. M. H. Preference mapping and multidimensional scaling. In: PIGGOTT, R. J. **Sensory analysis of foods**. 2. ed. New York: Elsevier Applied Science, 1988. p. 381-409.
- MAESTRO DURÁN, R. M., BORJA PADILHA, B. R. Actividade antioxidante de los compuestos fenólicos. **Grasas y Aceites**, v. 44, n. 2, p. 101-106, 1993.
- MAGA, J. A. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **J. Agric. Food Chem.**, v. 30, n. 1, p. 1-9, 1982.

- MANCINI FILHO, J., LAJOLO, F. M., VIZEU, D. M. Lectins from red kidney beans: radiation effect on agglutinating and mitogenic activity. **J. Food Sci.**, v. 44, n. 4, p. 1194-1196, 1200, 1979.
- MARERO, L. M., PAYUMO, E. M. AGUINALDO, A. R., MATSUMOTO, I., HOMMA, S. Antinutritional factors in weaning foods prepared from germinated cereals and legumes. **Lebensm.-wiss. Technol.**, v. 24, n. 2, p. 177-181, 1991.
- MARQUEZ, U. M. L., LAJOLO, F. M. Nutritional value of cooked beans (*Phaseolus vulgaris*) and their isolated major protein fractions. **J. Sci. Food Agric.**, v. 53, n. 2, p. 235-242, 1990.
- MARTIN-TANGUY, J., GUILLAUME, J., KOSSA, A. Condensed tannins in horse bean seeds: chemical structure and apparent effects on poultry. **J. Sci. Food Agric.**, v. 28, n. 8, p. 757-765, 1977.
- MEILGAARD, M., CIVILLE, G. V., CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 2. ed. Florida: CRC Press, 1988. Cap. 9: Affective tests: consumer tests and in-house panel acceptance tests.
- MEISELMAN, H. L. Consumer studies of food habits. In: PIGGOTT, J. R. **Sensory analysis of foods**. New York: Elsevier Applied Science, 1984. p. 243-303.
- MEISELMAN, H. L. Critical evaluation of sensory techniques. **Food Qual. Prefer.**, v. 4, n. 1/2, p. 33-40, 1993.
- MELITO, C., TOVAR, J. Cell walls limit in vitro protein digestibility in processed legume seeds. **Food Chem.**, v. 53, n. 3, p. 305-307, 1995.
- MELLO FILHO, L. E. Uma visão dos cerrados. In: MONTEIRO, S., KAZ, L. (Coord.) **Cerrado vastos espaços: flora e fauna do Brasil**. Rio de Janeiro: Livrarte, 1993. p. 157-163.
- MÉNDEZ, M. H. M., DERIVI, S. C. N., RODRIGUES, M. C. R., FERNANDES, M. L. **Tabela de composição de alimentos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 1992. Introdução.
- MÉNDEZ, M. H. M., DERIVI, S. C. N., FERNANDES, M. L., OLIVEIRA, A. M. G. Insoluble dietary fiber of grain food legumes and protein digestibility. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. 43, n. 1, p. 66-72, 1993.
- MERCIER, C., FEILLET, P. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. **Cereal Chem.**, v. 52, n. 3, p. 283-297, 1975.
- MESSINA, M. Phytate's potencial role in reducing colon-cancer risk. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 54, n. 3/4, p. 762, 1991.
- MESSINA, M., BARNES, S. The role of soy products in reducing risk of cancer. **J. Nat. Cancer Inst.**, v. 83, n. 8, p. 541-546, 1991.

- MISRA, P., USHA, M. S., SINGH, S. Soy-wheat flour blends: chemical, rheological and baking characteristics. **J. Food Sci. Technol.**, v. 28, n. 2, p. 89-91, 1991.
- MOD, R.R., ORY, R. L., MORRIS, N. M., NORMAND, F. L., SAUNDERS, R. M., GUMBMANN, M. R. Effect of rice hemicellulose and microcrystalline  $\alpha$ -cellulose on selected minerals in the blood and feces of rats. **J. Cereal Sci.**, v. 3, n. 1, p. 87-93, 1985.
- MOHAN, V. R., JANARDHANAN, K. Chemical determination of nutritional and antinutritional properties in tribal pulses. **J. Food Sci. Technol.**, v. 32, n. 6, 465-469, 1995.
- MOLINA, M. R., BRAHAM, J. E., BRESSANI, R. Some characteristics of whole corn: whole soybean (70:30) and rice: whole soybean (70:30) mixtures processed by simple extrusion cooking. **J. Food Sci.**, v. 48, n. 2, p. 434-437, 1983.
- MORROW, B. The rebirth of legumes: legume production, consumption, and export are increasing as more people become aware of legumes nutritional benefits. **Food Technol.**, v. 45, n. 9, p. 96, 121, 1991.
- MOSELEY, G., GRIFFITHS, W. Varietal variation in the anti-nutritive effects of field beans (*Vicia faba*) when fed to rats. **J. Sci. Food Agric.**, v. 30, v. 8, p. 772-778, 1979
- MUELENAERE, H. J. H. Toxicity and haemagglutinating activity of legumes. **Nature**, v. 206, n. 22, p. 827-828, 1965.
- MULIMANI, V. H., PARAMJYOTHI, S. Effect of heat and u.v. on trypsin and chymotrypsin inhibitor activities in redgram (*Cajanus cajan* L.). **J. Food Sci. Technol.**, v. 30, n.1, p. 62-63, 1993.
- MUSTAFA, A. I., AL-WESSALI, M. S., AL-BASHA, O. M., AL-AMIR, R. H. Utilization of cowpea flour and protein isolate in bakery products. **Cereal Foods World**, v. 31, n. 10, p. 756-759, 1986.
- NACZK, M., NICHOLS, T., PINK, D., SOSULSKI, F. Condensed tannins in canola hulls. **J. Agric. Food Chem.**, v. 42, n. 10, p. 2196-2200, 1994.
- NAKATA, S., KIMURA, T. Effect of ingested toxic bean lectins on the gastrointestinal tract in the rat. **J. Nutr.**, v. 115, n. 12, p. 1621-1629, 1985.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Tropical legumes: resources for the future.** Washington: National Academy of Sciences, 1979. Introduction and Summary.
- NAVICKIS, L. L. Corn flour addition to wheat flour dough effect on rheological properties. **Cereal Chem.**, v. 64, n. 4, p. 307-310, 1987.
- NICOLSON, G. L. The interactions of lectins with animal cell surfaces. **Inter. Rev. Cytol.**, v. 39, p. 89-190, 1974.
- NIELSEN, S. S. Digestibility of legume proteins: studies indicate that the digestibility of heated legume protein is affected by the presence of other seed components and the structure of the protein. **Food Technol.**, v. 45, n. 9, p. 112-114, 118, 1991.

- NINGSANOND, S., OORAIKUL, B. Use of red cowpea in the manufacture of some food products. **Starch**, v. 41, n. 12, p. 452-457, 1989
- NISHIMUNE, T., YAKUSHIJI, T., SUMIMOTO, T., TAGUCHI, S., KONISHI, Y., NAKAHARA, S., ICHIKAWA, T., KUNITA, N. Glycemic response and fiber content of some foods. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 54, n. 2, p. 414-419, 1991.
- NITSAN, Z., LIENER, I. E. Enzymatic activities in the pancreas, digestive tract and feces of rats fed raw or heated soy flour. **J. Nutr.**, v. 106, n. 2, p. 300-305, 1976.
- NOAH, N. D., BENDER, A. E., REAIDI, G. B., GILBERT, R. J. Food poisoning from raw red kidney beans. **Br. Med. J.**, v. 281, n. 19, p. 236-237, 1980.
- NOLAN, K. B., DUFFIN, P. A., MCWEENY, D. J. Effects of phytate on mineral bioavailability. In vitro studies on  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  (also  $Cd^{2+}$ ) solubilities in the presence of phytate. **J. Sci. Food Agric.**, v. 40, n. 1, p. 79-85, 1987.
- NORMAND, F. L., ORY, R. L., MOD, R. R. Binding of bile acids and trace minerals by soluble hemicelluloses of rice. **Food Technol.**, v. 41, n. 2, p. 86-90, 1987.
- NUTE, G. R. MACFIE, H. J. H., GREENHOFF, K. Practical application of preference mapping. In: THOMSON, D. M. H. **Food acceptability**. New York: Elsevier Applied Science, 1988. p.377-386.
- OBERLEAS, D. Phytates. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Toxicants occurring naturally in foods**. Washington: National Academy of Sciences, 1973. p. 363-371.
- OHKAWA, T., EBISUNO, S., KITAGAWA, M., MORIMOTO, S., MIYAZAKI, Y., YASUKAWA, S. Rice bran treatment for patients with hypercalciuric stones: experimental and clinical studies. **J. Urol.**, v. 132, n. 6, p. 1140-1145, 1984.
- OJIMELUKWE, P. C., ONUOHA, C. C., OBANU, Z. A. Effects of processing and in vitro proteolytic digestion on soybean and yambean hemagglutinins. **Plant Foods Hum. Nutr.**, v. 47, n. 4, p. 293-299, 1995.
- OLSON, A. GRAY, G. M., CHIU, M. Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. **Food Technol.**, v. 41, n. 2, p. 71-80, 1987.
- PAK, N., MATELUNA, A., ARAYA, H. Efecto de diversos tratamientos termicos en el contenido de hemagglutininas y en la calidad proteica del frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. xxviii, n. 2, p. 184-195, 1978.
- PARRAGA, I. M. Determinants of food consumption. **J. Am. Diet. Assoc.**, v. 90, n. 5, p. 661-663, 1990.
- PATEL, M. M., RAO, G. V. Effect of untreated, roasted and germinated black gram (*Phaseolus mungo*) flours on the physico-chemical and biscuit (cookie) making characteristics of soft wheat flour. **J. Cereal Sci.**, v. 22, n. 3, p. 285-291, 1995.

- PEIXOTO, A. L., CORADIN, L. Vegetação dos cerrados. In: MONTEIRO, S., KAZ, L. (Coord.) **Cerrado vastos espaços: flora e fauna do Brasil**. Rio de Janeiro: Livrarte, 1993. p. 157-163.
- PEREIRA, B. A. S. Flora nativa. In: DIAS, B. F. S. (Coord.) **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: IBAMA, 1992. p. 53-57.
- PERSSON, H., NYMAN, M., LILJEBERG, H., ONNING, G., FROLICH, W. Binding of mineral elements by dietary fibre components in cereals in vitro (III). **Food Chem.**, v. 40, n. 2, p. 169-183, 1991.
- PEUMANS, W. J., VAN DAMME, E. J. M. Prevalence, biological activity and genetic manipulation of lectins in foods. **Trends Food Sci. Technol.**, v. 7, n. 4, p. 132-138, 1996.
- PIGGOTT, J. R. Design questions in sensory and consumer science. **Food Qual. Prefer.**, v. 6, n. 4, p. 217-220, 1995.
- PINTO, M. V. (Org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed. rev. atual. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1993. Introdução.
- POEL, T. F. B. V. D., BLONK, J., ZUILICHEM, D. J. V., OORT, M. G. V. Thermal inactivation of lectins and trypsin inhibitor activity during steam processing of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) and effects on protein quality. **J. Sci. Food Agric.**, v. 53, n. 2, p. 215-228, 1990.
- POWERS, J. J. Uses of multivariate methods in screening and training sensory panelists. **Food Technol.**, v. 42, n. 11, p. 123-127, 136, 1988.
- PRICE, M. L., HAGERMAN, A. E., BUTLER, L. G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeon peas, and mung beans. **J. Agric. Food Chem.**, v. 28, n. 2, p. 459-461, 1980.
- PRINYAWIWATKUL, W., NCWATTERS, K. H., BEUCHAT, L. R., PHILLIPS, R. D. Cowpea flour: a potential ingredient in food products. **CRC Cri. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 36, n. 5, p. 413-436, 1996.
- PROULX, W. R., WEAVER, C. M., BOCK, M. A. Trypsin inhibitor activity and tannin content do not affect calcium bioavailability of three commonly consumed legumes. **J. Food Sci.**, v. 58, n. 2, p. 382-384, 1993.
- PUSTZAI, A. Lectins. In: CHEEK, P. R. **Toxicants of plant origin: proteins and aminoacids** vol. iii. Boca Raton: CRC Press, 1989. p. 29-71.
- PUSTZAI, A., CLARKE, E. M. W., KING, T. P., STEWART, J. C. Nutritional evaluation of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*): chemical composition, lectin content and nutritional value of selected cultivars. **J. Sci. Food Agric.**, v. 30, n. 9, p. 843-848, 1979.
- PUSTZAI, A., PALMER, R. Nutritional evaluation of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*): the toxic principle. **J. Sci. Food Agric.**, v. 28, n. 7, p. 620-623, 1977.

- RACKIS, J. J. Biological and physiological factors in soybeans. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, v. 51, n. 1, p. 161A-174A, 1974.
- RACKIS, J. J. GUMBMANN, M. R. Protease inhibitors: physiological properties and nutritional significance. In: ORY, R. L. **Antinutritional and natural toxicants in foods**. Westport: Food & Nutrition Press, 1982. p. 203-237.
- RANHOTRA, G. S., GELROTH, J. A., GLASER, B. K. Energy value of resistant starch. **J. Food Sci.**, v. 61, n. 2, p. 453-455, 1996.
- RANHOTRA, G. S., GELROTH, J. A., GLASER, B. K., RAO, C. S. Fecal bulking effect of whole grain flour from selected grains. **Cereal Chem.**, v. 68, n. 5, p. 556-558, 1991
- RANI, N. HIRA, C. K. Effect of various treatments on nutritional quality of faba beans (*Vicia faba*). **J. Food Sci. Technol.**, v. 30, n. 6, p. 413-416, 1993.
- RAO, B. S. N., PRABHAVATHI, T. Tannin content of foods commonly consumed in India and its influence on ionisable iron. **J. Sci. Food Agric.**, v. 33, n. 1, p. 89-96, 1982.
- RAO, P. U., DEOSTHALE, Y. G. Tannin content of pulses: varietal differences and effects of germination and cooking. **J. Sci. Food Agric.**, v. 33, n. 10, p. 1013-1016, 1982.
- RAVEN, P. H., POLHILL, R. M. Biogeography of the Leguminosae. In: POLHILL, R. M., RAVEN, P. H. **Advances in legume systematics**. England: Royal Botany Garden, 1981. P. 27-34.
- REDDY, B. S. Nutritional factors and colon cancer. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 35, n. 3. p. 175-190, 1995.
- REDDY, N. R., PIERSON, M. D., SATHE, S. K., SALUNKHE, D. K. Chemical, nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates - a review. **Food Chem.**, v. 13, n. 1, p. 25-68, 1984.
- REDDY, N. R., PIERSON, M. D., SATHE, S. K., SALUNKHE, D. K. Dry bean tannins: a review of nutritional implications. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, v. 62, n. 3, p. 541-549, 1985.
- REDDY, N. R., SATHE, S. K., SALUNKHE, D. K. Phytates in legumes and cereals. **Adv. Food Res.** v. 28, p. 1-92, 1982.
- REISER, S. Metabolic effects of dietary pectins related to human health: studies indicate than moderate consumption of pectin may be beneficial to health. **Food Technol.**, v. 41, n. 2, p. 91-99, 1987.
- RIZZINI, C. T. **Plantas do Brasil: árvores e madeiras úteis do Brasil - manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 294 p.
- ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 33, n. 2, p. 103-148, 1993.

- ROCHA, M. R., BORGES, J. D., NAVES, R. V., VIDAL, V. L. Estudos sobre a emergência de plântulas de jatobá do Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.; Caesalpinaceae). **Rev. Bras. Frutic.**, v. 14, n. 1, p. 61-64, 1992.
- ROSS, J. K. Dietary fiber values for various breads are higher using enzymatic analysis rather than detergent analysis. **J. Am. Diet. Assoc.**, v. 94, n. 2, p. 166-168, 1994.
- RUITER, D. DE. Composite flours. In: POMERANZ, Y. **Advances in cereal science and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1978. p. 349-385.
- SALUNKHE, D. K., CHAVAN, J. K., KADAM, S. S. **Dietary tannins: consequences and remedies**. Boca Raton: CRC Press, 1990. 200 p.
- SALUNKHE, D. K., JADHAV, S. J., KADAM, S. S., CHAVAN, J. K. Chemical, biochemical, and biological significance of polyphenols in cereals and legumes. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 17, n. 3, p. 277-305, 1982.
- SALVADOR, V., CHERBUT, C. Régulation du transit digestif par les fibres alimentaires. **Cah. Nutr. Diét.**, v. xxvii, n. 5, p. 290-297, 1992.
- SANDBERG, A. S., CARLSSON, N. G., SVANBERG, U. Effects of inositol tri-, tetra-, penta-, and hexaphosphates on in vitro estimation of iron availability. **J. Food Sci.**, v. 54, n. 1, p. 159-161, 186, 1989.
- SARKAR, S. K., HOWARTH, R. E. Specificity of vanillin test for flavanols. **J. Agric. Food Chem.**, v. 24, n. 12, p. 317-320, 1976.
- SATHE, S. K., PONTE, J. G., RANGNEKAR, P. D., SALUNKHE, D. K. Effects of addition of great northern bean flour and protein concentrates on rheological properties of dough and baking quality of bread. **Cereal Chem.**, v. 58, n. 2, p. 97-100, 1981.
- SATHE, S. K., SALUNKHE, D. K. Technology of removal of unwanted components of dry beans. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 21, n. 3, p. 263-287, 1984.
- SCHNEEMAN, B. O. Dietary fiber: physical and chemical properties methods of analysis, and physiological effects. **Food Technol.**, v. 40, n. 2, p. 104-110, 1986.
- SCHNEEMAN, B. O. Soluble vs insoluble fiber different physiological responses. The type of fiber consumed seems to have an impact on the physiological response. **Food Technol.**, v. 41, n. 2, p. 81-82, 1987.
- SELVENDRAN, R. R., VERNE, A. V. F. The chemistry and properties of plant cell walls and dietary fiber. In: KRITCHEVSKY, D., BONFIELD, C., ANDERSON, J. W. **Dietary fiber: chemistry, physiology, and health effects**. New York: Plenum Press, 1990. p. 1-13.
- SENOUCI, A., SMITH, A. C. The extrusion cooking of potato starch material. **Starch**, v. 38, n. 3, p. 78-82, 1986.

- SERNA-SALDIVAR, S. O., CANETT, R., VARGAS, J., GONZALEZ, M., BEDOLLA, S., MEDINA, C. Effect of soybean and sesame addition on the nutritional value of maize and decorticated sorghum tortillas produced by extrusion cooking. **Cereal Chem.**, v. 65, n. 1, p. 44-48, 1988b.
- SERNA-SALDIVAR, S. O., LOPEZ-AHUMADA, G., ORTEGA-RAMIREZ, R., ABRIL DOMINGUEZ, R. Effect of sodium stearoyl-2-lactylate on the rheological and baking properties of wheat bread fortified with defatted soybean and sesame meal. **J. Food Sci.**, v. 53, n. 1, p. 211-214, 230, 1988a.
- SERRAINO, M. R., THOMPSON, L. U., SAVOIE, L., PARENT, G. Effect of phytic acid on the in-vitro rate of digestibility of rapeseed protein and amino acids. **J. Food Sci.**, v. 50, n. 6, p. 1689-1692, 1985.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades - degradações - modificações.** São Paulo: Varela, 1996a. Cap. IV: Propriedades nutricionais das proteínas.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades - degradações - modificações.** São Paulo: Varela, 1996b. Cap. V: Deterioração e modificações químicas, físicas e enzimáticas de proteínas.
- SGARBIERI, V. C., WHITAKER, J. R. Physical, chemical, and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. **Adv. Food Res.** v. 28, p. 93-166, 1982.
- SHAMSUDDIN, A. M. Phytate and colon-cancer risk. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 55, n. 2, p. 478, 1992.
- SHARON, N., LIS, H. Lectins: cell-agglutinating and sugar-specific proteins. **Science**, v. 177, n. 4053, p. 949-959, 1972.
- SHAW, N., CHIN, C., PAN, W. A vegetarian diet rich in soybean products compromises iron status in young students. **J. Nutr.**, v. 125, n. 2, p. 212-219, 1995.
- SHEPHERD, R. Attitudes and beliefs as determinants of food choice. In: MCBRIDE, R. L., MACFIE, H. J. H. **Psychological basis of sensory evaluation.** New York: Elsevier Applied Science, 1990. p. 141-161.
- SIDEL, J. L., STONE, H. The role of sensory evaluation in the food industry. **Food Qual. Prefer.**, v. 4, n. 1/2, p. 65-73, 1993.
- SIDEL, J. L., STONE, H., THOMAS, H. A. Hitting the target: sensory and product optimization. **Cereal Foods World**, v. 39, n. 11, p. 826-830, 1994.
- SIEGENBERG, D., BAYNES, R. D., BOTHWELL, T. H., MACFARLANE, B. J., LAMPARELLI, R. D., CAR, N. G., MACPHAIL, P., SCHMIDT, U., TAL, A., MAYET, F. Ascorbic acid prevents the dose-dependent inhibitory effects of polyphenols and phytates on nonheme-iron absorption. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 53, n. 1-2, 1991.
- SILJESTROM, M., BJORCK, I. Digestible and undigestible carbohydrates in autoclaved legumes, potatoes and corn. **Food Chem.**, v. 38, n. 2, p. 145-152, 1990.

- SILVA, J. A., SILVA, D. B., JUNQUEIRA, N. T. V., ANDRADE, L. R. M. **Frutas nativas dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1994. 166 p.
- SILVEIRA, E. T. F., TRAVAGLINI, D. A., VITTI, P., CAMPOS, S. D. S., AGUIRRE, J. M., FIGUEIREDO, I. B., SHIROSE, I. Farinha composta de resíduo do extrato de soja e de arroz em mistura com trigo para uso em panificação. **Bol. Ital**, v. 18, n. 4, p. 509-542, 1981.
- SING, U., SING, B. Functional properties of sorghum-peanut composite flour. **Cereal Chem.**, v. 68, n. 5, p. 460-463, 1991.
- SINGH, B., BAJAJ, M., KAUR, A., SHARMA, S., SIDHU, J. S. Studies on the development of high-protein biscuits from composite flours. **Plant Foods Hum. Nutr.**, v. 43, n. 2, p. 181-189, 1993.
- SINGH, M., KRIKORIAN, A. D. Inhibition of trypsin activity in vitro by phytate. **J. Agric. Food Chem.**, v. 30, n. 4, p. 799-800, 1982.
- SINGLETON, V. L. Naturally occurring food toxicants: phenolic substances of plant origin common in food. **Adv. Food Res.**, v. 27, p. 149-242, 1981.
- SINGLETON, V. L., KRATZER, F. H. Plant phenolics. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Toxicants occurring naturally in foods**. Washington: National Academy of Sciences, 1973. p. 309-345.
- SLAVIN, J. L. Dietary fiber: classification, chemical analysis, and food sources. **J. Am. Diet. Assoc.**, v. 87, n. 9, p. 1164-1171, 1987.
- SMITH, G. L. Statistical analysis of sensory data. In: PIGGOTT, J. R. **Sensory analysis of foods**. New York: Elsevier Applied Science, 1984. p. 305-349.
- SNYDER, H. E., KWON, T. W. **Soybean utilization**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1987. Cap. 8: Soybean-supplemented cereal grain mixtures.
- SOTELO, A., CONTRERAS, E., FLORES, S. Nutritional value and content of antinutritional compounds and toxics in ten wild legumes Yucatan Peninsula. **Plant Foods Hum. Nutr.**, v. 47, n. 2, p. 115-123, 1995a.
- SOTELO, A., SOUSA, H., SÁNCHEZ, M. Comparative study of the chemical composition of wild and cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*). **Plant Foods Hum. Nutr.**, v. 47, n. 2, p. 93-100, 1995b.
- SOTERO, P. Ecossistema cerrado é um dos mais ameaçados do planeta. **O Popular**. Goiânia, 15 fevereiro 1997. Caderno 1, p. 4.
- SOUZA, P. A., SOUZA, H. B. A., SANTOS, J. E., FREITAS, O. Avaliação físico-química e nutricional de grãos de feijão-guandu [*Cajanus cajan* (L) Mill sp]. **Aliment. Nutr.**, v. 3, n. 2, p. 51-62, 1991a.

- SOUZA, P. A., SOUZA, H. B. A., DURIGAN, J. F., SANTOS, J. E. Avaliação físico-química e nutricional de grãos de feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L) D. C.]. **Aliment. Nutr.**, v. 3, n. 2, p. 63-73, 1991b.
- STEPHEN, A. M. Increasing complex carbohydrate in the diet: are the benefits due to starch, fibre or decreased fat intake? **Food Res. Int.**, v. 27, n. 1, p. 69-75, 1994.
- STONE, H. Using sensory resources to identify successful products. In: THOMSON, D. M. H. **Food acceptability**. New York: Elsevier Applied Science, 1988. p. 283-296.
- STOY, D. B., LAROSA, J. C., BREWER, B. K., MACKEY, M., MEUSING, R. A. Cholesterol-lowering effects of ready-to-eat cereal containing psyllium. **J. Am. Diet. Assoc.**, v. 93, n. 8, p. 910-912, 1993.
- STRUMEYER, D. H., MALIN, M. J. Condensed tannins in grain sorghum: isolation, fractionation, and characterization. **J. Agric. Food Chem.**, v. 23, n. 5, p. 909-914, 1975.
- STUART, S. M., KETELSEN, S. M., WEAVER, C. M., ERDMAN, J. W. Bioavailability of zinc to rats as affected by protein source and previous dietary intake. **J. Nutr.**, v. 116, n. 8, p. 1423-1431, 1986.
- TAN, N., WONG, K., LUMEN, B. O. Relationship of tannin levels and trypsin inhibitor activity with the in vitro protein digestibilities of raw and heat-treated winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*). **J. Agric. Food Chem.**, v. 32, n. 4, p. 819-822. 1984.
- THEANDER, O., WESTERLUND, E. AMAN, P. Structure and components of dietary fiber. **Cereal Foods World**, v. 38, n. 3, p. 135-141, 1993.
- THED, S. T., PHILLIPIS, R. D. Changes of dietary fiber and starch composition of processed potato products during domestic cooking. **Food Chem.**, v. 52, n. 3, p. 301-304, 1995.
- THOMAS, W. C., TILDEN, M. T. Inhibition of mineralization by hydrolysates of phytic acid. **Johns Hopkins Med. J.**, v. 131, n. 2, p. 133-142, 1972.
- THOMPSON, L. U., GABON, J. E. Effect of lectins on salivary and pancreatic amylase activities and the rate of starch digestion. **J. Food Sci.**, v. 52, n.4, p. 1050-1053, 1058. 1987.
- THOMPSON, L. U., YOON, J. H. Starch digestibility as affected by polyphenols and phytic acid. **J. Food Sci.**, v. 49, n. 4, p. 1228-1229. 1984
- TOGASHI, M., SGARBIERI, V. C. Caracterização química parcial do fruto do baru (*Dipteryx alata*, Vog.) **Ci. Tecnol. Alim.**, v. 14, n. 1, p. 85-95, 1994.
- TOMA, R. B., CURTIS, D. J. Dietary fiber: effect on mineral bioavailability. **Food Technol.**, v. 40, n. 2, p. 111-116, 1986a.
- TOMA, R. B., CURTIS, D. J. Dietary fiber: its role for diabetics. **Food Technol.**, v. 40, n. 2, p. 118, 120, 122-123, 1986b.

- TORRE, M., RODRIGUEZ, A. R., SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. **CRC Cri. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 1, n. 1, p. 1-22, 1991.
- TROWELL, H., SOUTHGATE, D. A. T., WOLEVER, T. M. S., LEIDS, A. R., GASSULL, M. A., JENKINS, D. A. Dietary fiber redefined. **Lancet**, v. 1, p. 967, 1976.
- TSEN, C. C. Regular and protein fortified cookies from composite flours. **Cereal Foods Word**, v. 21, n. 12, p. 633- 634, 637-638, 640, 1976.
- TURNER, R. H., LIENER, I. E. The effect of the selective removal of hemagglutinins on the nutritive value of soybeans. **J. Agric. Food Chem.**, v. 23, n. 3, p. 484-487, 1975.
- UBEROI, S. K., VADHERA, S., SONI, G. L. Role of dietary fibre from pulses and cereals as hypocholesterolemic and hypolipidemic agent. **J. Food Sci. Technol.**, v. 29, n. 5, p. 281-283, 1992.
- UZZAN, A. Les protéines végétales en alimentation humaine. **Cah. Nutr. Diét.**, v. xxix, n. 1, p. 38-46, 1994.
- VAINTRAUB, I. A., BULMAGA, V. P. Effect of phytate on the in vitro activity of digestive proteinases. **J. Agric. Food Chem.**, v. 39, n. 5, p. 859-861, 1991.
- VEENA, A., UROOJ, A., PUTTARAJ, S. Effect of processing on composition of dietary fibre and starch in some legumes. **Nahrung**, v. 39, n. 2, p. 132-138, 1995.
- VERDESIO, J. J. As perspectivas ambientais do cerrado brasileiro. In: PINTO, M. N. (Org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed. rev. atual. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1993. p. 585-605.
- VIDAL-VALVERDE, C., FRIAS, J. Legume processing effects on dietary fiber components. **J. Food Sci.**, v. 56, n. 5, p. 1350-1352, 1991.
- VIDAL-VALVERDE, C., FRIAS, J., ESTRELLA, I., GOROSPE, M. J., RUIZ, R., BACON, J. Effect of processing on some antinutritional factors of lentils. **J. Agric. Food Chem.**, v. 42, n. 10, p. 2291-2295, 1994.
- VOORT, F. R. V., STANLEY, D. W., EDAMURA, R. Improved utilization of dairy proteins: coextrusion of casein and wheat flour. **J. Dairy Sci.**, v. 67, n. 4, p. 749-758, 1984.
- WELSCH, C. A., LACHANCE, P. A., WASSERMAN, B. P. Dietary phenolic compounds: inhibition of Na<sup>+</sup>-dependente D-glucose uptake in rat intestinal brush border membrane vesicles. **J. Nutr.**, v. 119, n. 11, p. 1698-1704, 1989.
- WYATT, C. J., TRIANA-TEJAS, A. Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca, and phytates in foods commonly consumed in northern Mexico. **J. Agric. Food Chem.**, v. 42, n. 10, p. 2204-2209, 1994.
- XAVIER-FILHO, J., CAMPOS, F. A. P. Proteinase inhibitors. In: CHEEK, P. R. **Toxicants of plant origin**, vol III. Boca Raton: CRC Press, 1989. p. 1-27.

- YOUSSEF, M. M., BUSHUK, W. Breadmaking properties of composite flours of wheat and faba bean protein preparations. **Cereal Chem.**, v. 63, n. 4., p. 357-361, 1986.
- ZHOU, J. R., ERDMAN, J. W. Phytic acid in health and disease. **CRC Cri. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 35, n. 6, p. 495-508, 1995.
- ZHOU, J. R., FORDYCE, E. J., RABOY, V., DICKINSON, D. B., WONG, M. S., BURNS, R. A., ERDMAN, J. W. Reduction of phytic acid in soybean products improves zinc bioavailability in rats. **J. Nutr.**, v. 122, n. 12, p. 2466-2473, 1992.
- ZIENA, H. M., YOUSSEF, M. M., EL-MAHDY, A. R. Amino acid composition and some antinutritional factors of cooked faba beans (medamnis): effects of cooking temperature and time. **J. Food Sci.**, v. 56, n. 5, p. 1347-1349, 1352, 1991.

## CAPÍTULO 2

### CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL DA FARINHA DE JATOBÁ (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.)

#### RESUMO

O jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) é uma leguminosa arbórea nativa do cerrado brasileiro que fornece frutos farináceos utilizados pelas populações rurais. Apesar do seu uso culinário, não existem informações suficientes sobre sua caracterização química e valor nutricional. No presente trabalho, a composição química da farinha de jatobá foi determinada e o valor nutricional foi avaliado através de parâmetros químicos. A farinha de jatobá apresentou a seguinte composição centesimal aproximada: proteínas  $6,2 \pm 0,1$  g/100g, lipídios  $4,04 \pm 0,08$  g/100g, cinzas  $3,38 \pm 0,03$  g/100g, fibra alimentar solúvel  $12,6 \pm 0,4$  g/100g, fibra alimentar insolúvel  $36,4 \pm 0,3$  g/100g, amido  $3,1 \pm 0,1$  g/100g e açúcares 34,28 g/100g. A digestibilidade *in vitro* da proteína foi de  $60,2 \pm 0,2\%$  e o aminograma revelou baixos níveis de leucina e aminoácidos aromáticos. A análise de fatores antinutricionais indicou baixos níveis de fitato e inibidor de tripsina,  $0,07 \pm 0,002$  g/100g e  $5,4 \pm 1,4$  UTI/mg de amostra, respectivamente. O conteúdo de tanino foi significativo em termos nutricionais ( $2.987 \pm 27,5$  mg de catequina-equivalente/100 g de amostra) e a atividade hemaglutinante foi positiva para hemácias de coelho, cobaia, galinha, carneiro e humana (tipo A). O conteúdo de cálcio, magnésio e potássio na farinha de jatobá foi de  $134 \pm 3,7$ ;  $125 \pm 3,2$  e  $1.121 \pm 36$  mg/100g, respectivamente. O teor de  $\beta$ -caroteno pode ser considerado bom entre as leguminosas, enquanto os teores de ácido ascórbico e tocoferóis totais mostraram-se relativamente baixos. A análise de açúcares por cromatografia de papel revelou a presença de glicose, sacarose, frutose e manose. Os principais ácidos graxos encontrados na farinha de jatobá foram (g/100g da fração lipídica): oléico (53,6), palmítico (15,7) e linolênico (15,0).

Palavras-chave: Jatobá, *Hymenaea stigonocarpa* Mart., composição química, valor nutritivo

## INTRODUÇÃO

O jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) é uma leguminosa arbórea nativa no cerrado brasileiro (Almeida et al., 1987), que produz frutos robustos de tamanho variando entre 10 a 20 cm de comprimento e largura entre 4 a 6 cm (Rizzini, 1971). Os frutos são comestíveis e apreciados pelas populações rurais que ingerem a polpa farinácea na forma “in natura” e como mingau ((Lorenzi, 1992; Rocha et al., 1992).

Várias espécies da fauna local utilizam o jatobá como alimento, sendo o jatobazeiro, por isso, útil no plantio de áreas degradadas quando se objetiva a recomposição da vegetação arbórea (Lorenzi, 1992).

A exploração da flora e fauna do cerrado brasileiro tem sido feita de forma extrativista e muitas vezes predatória. A destruição de plantas, animais, poluição do solo e rios vem ocorrendo em processo acelerado. Em virtude destes acontecimentos, nos últimos anos, órgãos de pesquisa, ensino, proteção ambiental e extensão rural da região têm estudado e divulgado o potencial de utilização das espécies do cerrado, conscientizando os agricultores de sua importância, necessidade de preservação e utilização racional (Silva et al., 1994).

Apesar da utilização culinária da farinha de jatobá na região centro-oeste do Brasil e do interesse governamental em utilizar o jatobazeiro na recomposição vegetativa de certas regiões brasileiras, não existem informações disponíveis sobre as características dos componentes químicos da farinha de jatobá e seu valor nutritivo, havendo assim uma grande demanda por estudos que caracterizem aspectos nutricionais e tecnológicos da farinha de jatobá. A pouca bibliografia existente sobre jatobá restringe-se à composição centesimal da farinha de jatobá (Almeida et al., 1987). Informações mais detalhadas sobre digestibilidade e perfil de aminoácidos, presença de fatores antinutricionais, níveis de minerais e vitaminas da farinha de jatobá não são encontrados quer em bibliografia nacional quer na estrangeira.

Assim, este trabalho teve por objetivos: caracterizar a composição química e estimar o valor nutricional da farinha de jatobá através de parâmetros químicos e bioquímicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material

Os frutos do jatobazeiro (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) foram obtidos por intermédio da Sociedade Ecológica de Jataí do estado de Goiás, Brasil. A polpa do fruto foi utilizada para obtenção da farinha de jatobá e as sementes foram desprezadas. A extração da farinha de jatobá foi feita no aparelho doméstico “Wallita Master”, utilizando-se a peça faca, com o fim de moer a polpa e retirar a semente. Após a extração, a farinha foi passada em peneira com abertura de 0,84 mm.

### Composição centesimal aproximada

O teor de umidade da farinha de jatobá foi determinado em estufa a 105°C até peso constante (Instituto Adolfo Lutz, 1985). O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1990, nº 979.09) e convertido em proteína bruta pelo fator 6,25. As cinzas foram determinadas por incineração a 550°C (AOAC, 1990, nº 923.03).

Os lipídios foram determinados através da técnica descrita por Bligh & Dyer (1959). A amostra foi homogeneizada numa mistura de clorofórmio, metanol e água, e os lipídios extraídos na camada de clorofórmio foram estimados gravimetricamente.

Os teores de fibra solúvel e insolúvel foram obtidos por método enzimico-gravimétrico (Prosky et al., 1988), através do qual a amostra finamente moída, foi gelatinizada e submetida primeiramente a ação de  $\alpha$ -amilase (Sigma nº A-5426), e posteriormente à ação de protease (Sigma nº P-3910) e amiloglicosidase (Sigma nº A-9913). A partir deste hidrolisado foram determinados os teores de fibra insolúvel por lavagem em água e acetona e fibra solúvel obtida do filtrado por precipitação com etanol a 98% e filtragem com etanol e acetona. A filtragem foi realizada com auxílio de lã de vidro. Após secagem, o material foi pesado e corrigido pelos teores de proteína e cinzas. A fibra alimentar total foi estimada pela soma dos teores de fibra insolúvel e solúvel.

A determinação enzimática de amido foi feita como descrito por Arêas & Lajolo (1980). O amido foi extraído de 1 grama de amostra com adição de uma solução de NaOH 0,5 N para homogeneização, neutralização com solução de ácido acético 0,5 N e centrifugação a 10.000

rpm por 15 minutos com etanol absoluto. Após retirada do etanol e adição de ácido perclórico 0,6 N, foi acrescentado à amostra 1 mL de amiloglicosidase, deixando-se agir a 37°C por 2 horas. Em seguida adicionou-se uma solução de glicose oxidase-peroxidase-ABST [2, 2'-azino-bis (3 - ethylbenz-thiazoline - 6 - sulfonic acid)] a 37°C deixando-se agir por 15 minutos. Procedeu-se então a dosagem da glicose livre contra curva padrão de glicose através de leitura em espectrofotômetro a 450 nm. A curva padrão variou de 5 a 30 µg de glicose/ml na solução final. Para conversão de glicose em amido, multiplicou-se a concentração final de glicose por 0,9.

O teor de açúcar da farinha de jatobá foi determinado pelo cálculo da diferença entre 100 gramas de farinha e a soma total dos valores encontrados para proteínas, lipídios, cinzas, fibra alimentar total e amido.

### **Digestibilidade protéica**

A digestibilidade *in vitro* da proteína foi determinada pelo método de Akesson & Stahmann (1964). A amostra foi digerida com pepsina a 37°C por 3 horas e em seguida, após elevação do pH com solução de NaOH 0,1 N, digerida na presença de pancreatina a 37°C por 24 horas, quando a reação foi interrompida com ácido tricloroacético a 30%. Após centrifugação, foi determinado o conteúdo de nitrogênio do filtrado. O mesmo procedimento foi utilizado para obter os brancos da amostra e da enzima. O cálculo da digestibilidade foi feito de acordo com a seguinte fórmula:

$$D = \frac{NH - (NBA + NBE)}{NP} \times 100$$

D = digestibilidade *in vitro* da proteína;

NH = nitrogênio remanescente no filtrado após precipitação dos peptídeos não hidrolisáveis com ácido tricloroacético;

NBA = nitrogênio determinado em amostra contendo todos os reagentes exceto farinha de jatobá;

NBE = nitrogênio do branco da enzima;

NP = nitrogênio total determinado na farinha de jatobá.

## **Análise de aminoácidos**

A amostra foi hidrolisada com HCL 6 N a 110°C por 22 horas, de acordo com o método descrito por Moore & Stein (1963). Para análise de triptofano, a amostra foi tratada com hidróxido de lítio 4 N a 110°C por 24 horas, conforme método descrito por Lucas & Sotelo (1980).

As análises para obtenção do aminograma a partir dos hidrolisados foram realizadas pelo Laboratório de Química de Proteína da USP de Ribeirão Preto - SP, por meio de cromatografia líquida em colunas de resina de troca catiônica e derivação pós-coluna com ninidrina em auto analisador.

## **Fitato**

O fitato foi extraído de 10 gramas de amostra com uma solução ácida de HCL 2,4% sob agitação constante por uma hora à temperatura ambiente. O extrato foi então filtrado a vácuo e o fitato foi isolado em coluna cromatográfica trocadora de ânion (200-400 mesh AG1.X8 “chloride anion exchange column”) e quantificado por leitura em espectrofotômetro a 500 nm, após reação com cloreto férrico e ácido sulfossalicílico, conforme a técnica de Harland & Oberleas (1977) com modificações de Latta & Eskin (1980).

## **Inibidor de tripsina**

Um grama de amostra foi submetido a extração com tampão glicina, pH 11, contendo uréia e EDTA (Della Gatta et al., 1988). A atividade de inibidor de tripsina foi estimada pelo método de Kakade et al. (1974), através da determinação da taxa de hidrólise do substrato sintético BAPA (benzoyl-DL-arginina p-nitroanilida) na presença de tripsina e extrato da amostra.

## **Taninos**

Os taninos da amostra foram extraídos de 200 mg de amostra diluída em 10 mL de metanol, sob agitação por 20 minutos à temperatura ambiente, seguindo-se centrifugação a 4.000 rpm por 15 minutos e filtração do sobrenadante. Os taninos foram determinados no filtrado a 30°C pelo método da vanilina (Price et al., 1978). A catequina foi utilizada como referência para a curva padrão e os resultados foram expressos em mg de equivalente de catequina.

## Lectinas

A atividade hemaglutinante (AH) foi determinada como descrita por Junqueira & Sgarbieri (1981), com algumas modificações. As hemácias de coelho, cobaia, galinha, boi, cavalo, carneiro e humano tipo A foram coletados em solução Alsevier anticoagulante (1:1), centrifugadas a 2.000 rpm por 20 minutos com solução salina pH 7,0 até que o sobrenadante se apresentasse claro. Para a tripsinização das hemácias utilizou-se 1mL de hemácias e 30 mL de solução de tripsina preparada com solução salina tamponada (1 mg/mL), deixando-se agir por uma hora à temperatura ambiente, com subsequente centrifugação e lavagem das hemácias conforme o procedimento anterior. As hemácias tripsinizadas e hemácias sem adição de tripsina foram suspensas a 1% (v/v) em solução salina tamponada. A lectina da amostra foi extraída em 2 g da farinha com 20 mL de solução salina tamponada (NaCl 0,5 M), sob agitação por 2 horas. Em seguida procedeu-se centrifugação a 8.000 rpm por 10 minutos. A reação de aglutinação foi feita em placa de microtitulação, em diluição seriada, iniciando-se com 50µL de solução salina e 50µL de amostra, com subsequente adição de hemácias tripsinizadas e sem adição de tripsina em placas separadas. As placas de microtitulação já previamente preparadas foram deixadas a temperatura ambiente por 1 hora, com leve agitação após 30 minutos. O cálculo da atividade hemaglutinante específica (AH) foi o seguinte:

AH = título da aglutinação x diluição/proteína do extrato

## Minerais

A análise de elementos minerais (Ca, P, K, Mg, Zn, Fe, Na) foi realizada pelo Centro de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada do ITAL, através de Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES) em equipamento BAIRD ICP 2000. Um grama de amostra foi previamente incinerada a 500°C e as cinzas foram diluídas com água deionizada. Para a curva de calibração foram utilizados soluções de padrões sintéticos (P.A.) de cada mineral.

## Vitaminas

O β-caroteno foi extraído de 10 gramas da farinha de jatobá através de lavagens exaustivas com éter de petróleo e filtrações sucessivas a vácuo, até a despigmentação total da farinha. Em

seguida procedeu-se a lavagem com água e saponificação com KOH a 10%, por 18 horas na ausência de luz. Após lavagem em água e evaporação da água residual, o  $\beta$ -caroteno foi separado de outros pigmentos através de cromatografia de coluna aberta e identificado por espectrofotometria, de acordo com o método de Rodriguez et al. (1976).

O teor de ácido ascórbico foi determinado segundo o método padrão da AOAC (1984), modificado por Benassi & Antunes (1988). O ácido ascórbico foi extraído de 20 gramas da amostra com solução de ácido oxálico a 2% à temperatura ambiente por 2 minutos. Após a extração a amostra foi diluída em ácido oxálico a 2% e o teor de ácido ascórbico foi determinado quantitativamente através de titulação oxidativa com 2,6-diclorofenolindofenol a 0,01%.

A determinação de tocoferóis totais foi feita segundo a técnica de Contreras-Guzmán & Strong (1982). A extração dos tocoferóis foi realizada com 2,5 gramas de amostra finamente moída e 20 mL de etanol absoluto a 85°C por 30 minutos com agitação ocasional. Após a temperatura da amostra igualar-se a temperatura ambiente, foram adicionados 10 mL de heptano procedendo-se agitação por 2 minutos. Em seguida à destruição de interferentes, procedeu-se a reação com reagente de complexação e leitura espectrofotométrica do complexo  $(CuL_2)^+$  a 545 nm.

## **Cromatografia de açúcares**

Os açúcares foram extraídos de um grama de amostra desengordurada, finamente moída (0,59 mm), através de lavagens exaustivas com álcool etílico 80% a 60°C, até obter-se reação negativa com cloreto de 2,3,5 trifenil-2H-tetrazolium, de acordo com Horn et al. (1968). A determinação de açúcares livres da farinha de jatobá foi feita por cromatografia descendente em papel, utilizando-se 1  $\mu$ L de amostra e de açúcares padrões. Como solvente, empregou-se acetato de etila.piridina:água, conforme Willians & Bevenue (1953). O cromatograma foi revelado com reagente a base de difenilanina, de acordo com a descrição de Zweig & Sherma (1986).

## **Análise de ácidos graxos**

A extração dos ácidos graxos da amostra foi feita pela técnica de Bligh & Dyer (1959). Utilizando-se 3,0 gramas de amostra para extração com metanol, clorofórmio e água na

proporção de 2:1:0,8 respectivamente. O extrato foi submetido à metilação e os metil ésteres foram extraídos com cloreto de sódio e heptano, conforme a metodologia descrita por Hartman & Lago (1973). A análise de ácidos graxos foi realizada por cromatografia gasosa (Varian 3600), utilizando detector de ionização de chama e coluna empacotada (15% OV - 275 sobre 80/100 CWAW 2m x 1/8 ss PW). A temperatura programada da coluna foi de 155 a 162°C na taxa de 3°C por minuto, a temperatura do detector foi de 300°C, do injetor 230°C e a vazão de gás de arraste de 30 mL/minuto. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção com os padrões (Sigma Chemical Company) e quantificados por cálculo de área, com integrador Perkin-Elmer LCI-100.

Todas as análises foram realizadas em triplicata, utilizando-se a farinha de jatobá crua, à exceção da análise de aminoácidos e cromatografia de açúcares, as quais foram feitas em duplicata e a análise de fibra alimentar que foi realizada em quadruplicata.

### **Análise ao microscópio ótico**

O arilo (Corner, 1976) designado neste trabalho como farinha de jatobá foi retirado da polpa do fruto com lâmina cortante. A superfície, que tem aspecto de pó fino, foi raspada gentilmente. A camada média subjacente, que se demonstrou compacta, foi recortada e espalhada por meio de duas pontas de agulhas. Foi recortada a porção interna, que é a camada mais espessa e está intimamente ligada à semente; esta camada tinha aspecto de fibras alongadas apostas radialmente à superfície da semente.

Para efeito de observação ao microscópio fizeram-se suspensões das células em meio líquido com 10 mL de mistura de glicerol e água (2:1), em três béqueres, aos quais se adicionaram cerca de 0,1 g de células da superfície (pó), 0,1 g de células da porção média e 0,1 g de células da porção interna, respectivamente. A partir destas suspensões, que proporcionavam retenção das células pela viscosidade do glicerol e hidratação do citosol efetuaram-se as etapas seguintes:

1. Preparação simples em lâmina histológica de uma gotícula de cada uma das três suspensões.
2. Idem, acrescentando solução aquosa (0,2%) de Verde Rápido (0,01% Fast Green, FCF, Sigma, C.I. 9205.3) para visualizar conteúdos celulares.
3. Idem, acrescentando-se Lugol diluído para observação do amido.

4. Idem, acrescentando-se solução alcoólica de Sudan IV a 0,5% para coloração das gotículas de óleo.
5. Idem, acrescentando-se Coomassie Azul Brilhante em solução de mistura acético-alcoólica para coloração de proteínas.

Estes procedimentos são clássicos e se encontram em compêndios de Histoquímica Vegetal (Gahan, 1984; O'Brien & McCully, 1981) tendo ocorrido pequenas adaptações de diluição das fórmulas.

Foi empregado o fotomicroscópio ótico (Olympus CBA) e as micrografias foram realizadas com filme colorido comercial de Asa 100. As cópias das micrografias foram manuais com orientação quanto ao filtro utilizado para minimizar as distorções de coloração. Toda a análise foi conduzida pelo Laboratório de Microestrutura de Alimentos do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos /UNICAMP.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Composição centesimal aproximada**

A farinha de jatobá apresentou teores de umidade na faixa de 8,44 a 10,90 g/100g e revelou a seguinte composição em base seca: proteínas  $6,2 \pm 0,1$ g/100g, lipídios  $4,04 \pm 0,08$  g/100g, cinzas  $3,38 \pm 0,03$ g/100g, fibra alimentar solúvel  $12,6 \pm 0,4$  g/100g, fibra alimentar insolúvel  $36,4 \pm 0,3$  g/100g, amido  $3,1$ g/100 $\pm 0,1$  g e açúcares 34,28 g/100g.

Segundo Fernández-Quintela et al. (1993), os níveis de proteína em leguminosas oscilam entre 17 e 42%, enquanto os níveis de carboidratos estão na faixa de 20 a 60% e os lipídios oscilam de 1 a 60%. Assim o teor de proteína presente na farinha de jatobá, apresentou diferença marcante quando comparado com a composição de outras leguminosas.

Chaudhary & Weber (1990) analisaram os teores de fibra alimentar total de farinha de trigo integral, farelo de aveia e farelo de trigo e obtiveram níveis de: 10,7%, 20,4%, 49,5%, respectivamente. Os teores de fibra alimentar total da farinha de jatobá ( $49 \pm 0,6$  g/100g) estão acima dos valores relatados para farinha de trigo integral, farelo de aveia, feijões enlatados e assemelham-se aos níveis de farelo de trigo encontrados pelos autores citados anteriormente.

De acordo com Reddy et al. (1984), os carboidratos totais de leguminosas secas apresentam-se na faixa de 24 a 68% incluindo mono e oligossacarídeos, amido e outros polissacarídeos; entretanto, a soja e o lupino apresentam baixo conteúdo de amido, o qual varia entre 0,2 a 3,5%. Desta forma, a farinha de jatobá possui um teor de carboidratos totais intermediário entre as leguminosas e um teor de amido baixo, que se aproxima dos valores da soja e lupino relatados por Reddy et al. (1984).

Entretanto, deve-se ressaltar que possivelmente existem diferenças de composição química entre sementes de leguminosas e polpa de fruto como o jatobá, ainda que neste caso sejam considerados botanicamente como originados da mesma família Leguminosae.

### **Digestibilidade “in vitro” da proteína e perfil de aminoácidos do jatobá**

Uma vez que, o fruto do jatobá é normalmente ingerido de forma crua, é fundamental considerar-se as análises nutricionais na farinha crua. A digestibilidade *in vitro* da proteína da farinha de jatobá crua foi de  $60,2 \pm 0,2\%$ , mostrando-se comparável à digestibilidade *in vitro* de outras leguminosas cruas.

Laurena et al. (1991) observaram valores de 70 a 78% de digestibilidade *in vitro* para sementes cruas de sete diferentes leguminosas nativas das Filipinas. De acordo com as análises realizadas em farinha de soja crua por Ikeda et al. (1995), a digestibilidade *in vitro* média foi de 39,7%. Assim, a digestibilidade *in vitro* da proteína do jatobá encontra-se na faixa intermediária dos valores característicos de leguminosas cruas, os quais são reconhecidamente inferiores aos valores de digestibilidade da proteína de cereais.

Por outro lado, o alto teor de fibra alimentar pode ter sido um dos fatores que contribuíram para que a digestibilidade *in vitro* da proteína da farinha de jatobá se mostrasse inferior aos valores relatados para feijões crus. Segundo Méndez et al. (1993) a fibra alimentar provoca redução da utilização de muitos nutrientes, incluindo as proteínas. Estes pesquisadores sugerem que, a alta excreção de nitrogênio fecal em ratos alimentados com dietas à base de leguminosas, quando comparados com a dieta de caseína, pode ser explicado pela presença de nitrogênio proveniente de proteína e/ou aminoácidos complexados com fibra insolúvel. Estes complexos são insolúveis e indigeríveis, contribuindo desta forma, para a fração de nitrogênio protéico não disponível, e conseqüentemente a redução da digestibilidade da proteína de leguminosas.

O perfil de aminoácidos da farinha de jatobá crua (Tabela 1) evidenciou baixos teores de vários aminoácidos essenciais quando comparados ao perfil de aminoácidos referência da FAO (1985). O primeiro aminoácido limitante é a leucina, cujo cômputo químico é de 57,5% o que conseqüentemente limita a eficiência da proteína.

**Tabela 1** - Composição em aminoácidos essenciais da farinha de jatobá crua e perfil de aminoácidos para uma proteína ideal, segundo recomendação da FAO (1985) para pré-escolares de 2 a 5 anos de idade

Aminoácido	Farinha de Jatobá (mg aa/g de proteína)	Padrão FAO (1985) (mg aa/g de proteína)
Histidina	25 ± 2,0	19
Isoleucina	21 ± 1,6	28
Leucina	38 ± 2,6	66
Lisina	45 ± 2,5	58
Metionina + Cistina	17 ± 1,9	25
Fenilalanina + Tirosina	43 ± 3,1	63
Treonina	23 ± 2,0	34
Triptofano	7,6 ± 0,5	11
Valina	32 ± 2,6	35
Cômputo Químico (%)	57,6	

### Fatores antinutricionais

Os valores obtidos para os fatores antinutricionais analisados na farinha de jatobá encontram-se nas Tabelas 2 e 3.

Os níveis de ácido fítico em farinha de jatobá não são significativos a nível nutricional, visto que, estão abaixo dos níveis observados em outras leguminosas. Elkowicz & Sosulski (1982)

encontraram de 5 a 8 mg/g de amostra de ácido fítico em farinha extraída de feijão de lima (*Phaseolus lunatus*), “navy bean” (*Phaseolus vulgaris*), grão-de-bico (*Cicer arietinum*), caupi (*Vigna unguiculata*), lentilha (*Lens culinaris*) e “faba beans” (*Vicia faba minor*).

Segundo Sotelo et al. (1995), a atividade de inibidor de tripsina da soja alcança 64 UTI/mg da amostra, o que segundo estes autores, pode ser um nível bastante significativo, visto que, 10 UTI/mg de amostra é importante sob o aspecto nutricional do alimento. Elkowicz & Sosulski (1982) consideraram baixa a atividade do inibidor de tripsina em lentilha e “faba beans” (5,12 e 4,75 UTI/mg de amostra, respectivamente) e alta atividade em “lima bean” e soja (46,81 e 41,55 UTI/mg de amostra, respectivamente). Portanto, o nível de atividade do inibidor de tripsina da farinha de jatobá pode ser considerado baixo e de pouca significância em termos nutricionais.

**Tabela 2** - Fatores antinutricionais da farinha de jatobá (base seca)

Componente	Farinha de Jatobá	
Ácido Fítico / (g/100g)	0,07	± 0,002
Inibidor de Tripsina (UTI/mg da amostra)	5,4	± 1,4
Taninos <sup>a</sup> (mg/100g)	2.987	± 27,50

<sup>a</sup>Expressos como mg de equivalente de catequina.

O conteúdo de taninos na farinha de jatobá foi bastante significativo, quando comparado aos demais fatores antinutricionais pesquisados (Tabela 2). Reddy et al. (1985) observaram teores mais baixos de taninos em leguminosas, na faixa de 45 a 2000 mg/100g (expressos em equivalentes de catequina).

Em polpa de baru (*Diptery alata*, Vog), a análise do teor de taninos realizada por Togashi & Sgarbieri (1994) evidenciou altos teores deste composto (3.112,00 mg/100g), permitindo supor que altos níveis de tanino são característicos de leguminosas arbóreas como jatobá e baru, cujo material analisado, refere-se à polpa do fruto, enquanto nas demais leguminosas refere-se às sementes.

De acordo com Kaur & Kapoor (1992), os taninos formam complexos com proteínas, carboidratos e outros polímeros em alimentos, bem como, com certos íons metálicos como ferro sob condições e pH favoráveis. A maior tendência dos taninos para formar complexos com proteínas, do que com carboidratos e outros polímeros, pode explicar a baixa digestibilidade das proteínas provenientes de leguminosas.

A atividade hemaglutinante da farinha de jatobá foi importante para hemácias de coelho, galinha e humana (tipo A), conforme apresentado na Tabela 3. Esses resultados se comparam àqueles relatados por Lima et al. (1980) que verificaram que entre 16 variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris*) estudados, todas apresentaram atividade aglutinante de algum tipo de sangue, embora somente três variedades fossem muito tóxicas matando mais de 50% dos animais experimentais. A variedade bico de ouro apresentou uma atividade hemaglutinante em hemácias de sangue de coelho tripsinizada de 1.709/mg de proteína, mas foi considerada atóxica. De acordo com esses autores, a ação tóxica das 16 variedades de feijão parece estar relacionadas com a habilidade da leguminosa em aglutinar hemácias tripsinizadas de coelho e de bovino conjuntamente.

**Tabela 3 - Atividade hemaglutinante de farinha de jatobá**

Tipo de Sangue	Hemácias (AH) <sup>a</sup>	Hemácias Tripsinizadas (AH) <sup>a</sup>
Coelho	498,0	1.992,2
Cobaia	31,1	124,5
Galinha	31,1	1.992,2
Boi	- <sup>b</sup>	-
Cavalo	-	-
Carneiro	-	31,1
Humano (tipo A)	498,0	498,0

<sup>a</sup> (HA) = atividade hemaglutinante expressa como unidades aglutinantes/mg de proteína

-<sup>b</sup> ausência de atividade hemaglutinante

No presente estudo a atividade hemaglutinante da farinha de jatobá em hemácias de coelho, cobaia, galinha e carneiro foi diferenciada em função da sensibilização com tripsina, entretanto, para sangue humano (tipo A) não houve diferença (Tabela 3). Liener (1955) também relatou

que a sensibilidade de eritrócitos de coelho à aglutinação por lectina de soja aumenta significativamente quando as hemácias são tratadas com tripsina.

## Minerais

Os resultados da análise de minerais da farinha de jatobá estão apresentados na Tabela 4. Entre os valores de minerais determinados na farinha de jatobá merecem destaque os níveis de cálcio (134 mg/100 g), magnésio (125 mg/100g) e potássio (1.121 mg/100 g).

Tabela 4 Conteúdo de elementos minerais da farinha de jatobá

Minerais	Concentração (mg/100 g da amostra)		
Cálcio	134	±	3,7
Fósforo	96	±	3,8
Magnésio	125	±	3,2
Zinco	1,36	±	0,05
Ferro	1,2	±	0,4
Sódio	7,01	±	0,07
Potássio	1.121	±	36

O teor de cálcio da farinha de jatobá situa-se próximo ao valor de cálcio de 180 mg/100g de “faba beans” determinados por Rani & Hira (1993). Pushpanjali & Khokhar (1995) analisaram cálcio e magnésio em sementes cruas de feijão (*Phaseolus vulgaris*), soja (*Glycine max* Merr) e lentilha (*Lens esculenta*) e encontraram valores de cálcio em feijão (8455 mg/kg) e soja (2205 mg/kg) acima dos teores da farinha de jatobá. Por outro lado, em lentilha (607,5 mg/kg) o nível de cálcio situa-se abaixo do valor encontrado na farinha de jatobá. Entretanto, os níveis de magnésio em feijão (22 mg/kg), soja (26 mg/kg) e lentilha (10,5 mg/kg) estão muito abaixo do teor de magnésio da farinha de jatobá.

O teor de potássio da farinha de jatobá encontra-se acima dos valores de potássio encontrados por Helmke & Ney (1992) para feijão verde (100 µmol/g ou 390 mg/100g) e

próximos aos teores de ervilha (270  $\mu\text{mol/g}$  ou 1053 mg/100g) e feijão roxo (350  $\mu\text{mol/g}$  ou 1365 mg/100g) determinados por esses autores.

Embora os níveis de alguns minerais em farinha de jatobá sejam consideráveis é necessário ponderar que, o teor de tanino encontrado na farinha pode contribuir negativamente para a biodisponibilidade dos minerais da farinha de jatobá, visto que, de acordo com Lajolo et al. (1988), o prejuízo na absorção de minerais, em dietas ricas em fibras, é devido em sua maior parte à associação com ácido fítico e polifenóis.

## **$\beta$ -Caroteno**

A fração de  $\beta$ -caroteno da farinha de jatobá situou-se na faixa de 2,38 a 4,52  $\mu\text{g/g}$  ou 39,59 a 75,30 Retinol Equivalente (RE)/100g. Esses teores podem ser considerados nutricionalmente significativos entre as leguminosas, notadamente quando comparados aos teores de  $\beta$ -caroteno encontrados por Fordham et al. (1975) em ervilha, feijão e soja, os quais situam-se na faixa de 3,16-37,35; 0,23-3,34 e 16,34  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , respectivamente.

Agostini et al. (1995) analisaram o teor de vitamina A a partir da atividade pró-vitâmica de cada carotenóide precursor em marolo (*Annona coriaceae*), um fruto típico do cerrado brasileiro e encontraram 83 RE/100g, o que equivale segundo os autores ao teor de vitamina A do mamão, pêssego e goiaba.

## **Ácido ascórbico**

O teor de ácido ascórbico encontrado na farinha de jatobá “in natura” foi de  $8,5 \pm 0,3$  mg/100 g, e pode ser considerado relativamente baixo. Este teor de ácido ascórbico é bem próximo ao encontrado em marolo de 8,2 mg/100g (Agostini et al., 1995) e bem abaixo dos teores observados por Ghazali & Cheng (1991) em sementes germinadas de “black gram” (*Vigna mungo* L.) o qual variou de 26,7 mg/100g no primeiro dia de germinação até 15,7 mg/100g no terceiro dia de germinação; ainda que, as sementes de “black gram” em estado “in natura” possuem somente traços de ácido ascórbico.

## Tocoferóis totais

O teor de tocoferóis totais na farinha de jatobá foi de  $15,7 \pm 0,2$  mg/100g. Skurikhin & Volgarev citados por Shmulovich (1994) analisaram o conteúdo de vitamina E de óleo de coco, oliva, amendoim e soja e encontraram os seguintes teores: 5 mg/100g, 13 mg/100g, 34 mg/100g, 114 mg/100g, respectivamente. Assim, o teor de tocoferóis da farinha de jatobá não é muito significativo quando comparado com os valores apresentados para óleo de soja, embora sejam comparáveis ao teores de óleo de oliva e situam-se muito acima dos teores de óleo de coco.

## Açúcares

A análise cromatográfica em papel (anexo 1) revelou que sacarose, glicose, e frutose estão presentes na farinha de jatobá. Esses resultados coincidem com aqueles encontrados por VIDAL-VALVERDE et al. (1993), que ao analisarem os açúcares de grão-de-bico, feijão roxo e lentilha por cromatografia líquida de alta eficiência, encontraram frutose, sacarose, rafinose, estaquiose e um açúcar desconhecido nas três leguminosas.

## Lipídios

Os dados obtidos (Tabela 5) revelaram que ácido oléico ( $53,6 \pm 0,5$ g/100g), ácido palmítico ( $15,7 \pm 0,3$ g/100g) e ácido linolênico ( $15,0 \pm 0,7$ g/100g) foram os ácidos graxos predominantes na fração lipídica da farinha de jatobá. O conteúdo de ácidos graxos insaturados de aproximadamente 73,8 g/100g da fração lipídica, foi superior ao conteúdo de ácidos graxos saturados.

Omogbai (1990) determinou a composição de ácidos graxos de algumas sementes de plantas tropicais, e observou um nível de ácidos graxos insaturados, em torno de 67,8% para feijão (*Phaseolus vulgaris*) e 64,9% para soja (*Glycine max*).

Os lipídios da farinha de jatobá (4,04 g/100g) estão presente em pequena quantidade, desta forma a farinha não pode ser considerada fonte de lipídios, entretanto, o teor de ácido linolênico é alto, o que pode ser desfavorável do ponto de vista oxidativo.

## Análise ao microscópio ótico

As três suspensões de células do arilo ou farinha do jatobá demonstraram populações celulares distintas e alta capacidade de reidratação. Por consequência, quando se adicionou a solução aquosa de Verde Rápido, as células demonstraram reidratação do citosol de forma inequívoca.

**Tabela 5** - Composição em ácidos graxos da farinha de jatobá

Ácido Graxo	g/100g da Fração Lipídica	g/100g da Farinha de Jatobá <sup>a</sup>
Ácido Láurico (C12:0)	0,3 ± 0,1	0,013
Ácido Mirístico (C14:0)	0,09 ± 0,006	0,004
Ácido Palmítico (C16:0)	15,7 ± 0,3	0,634
Ácido Estearico (C18:0)	2,23 ± 0,05	0,09
Ácido Araquídico (C20:0)	2,4 ± 0,3	0,097
Total de Ácidos Graxos Saturados	20,72	0,84
Ácido Oléico (C18:1)	53,6 ± 0,5	2,17
Ácido Linoléico (C18:2)	5,2 ± 0,4	0,21
Ácido Linolênico (C18:3)	15,0 ± 0,7	0,61
Total de Ácidos Graxos Insaturados	73,80	2,99

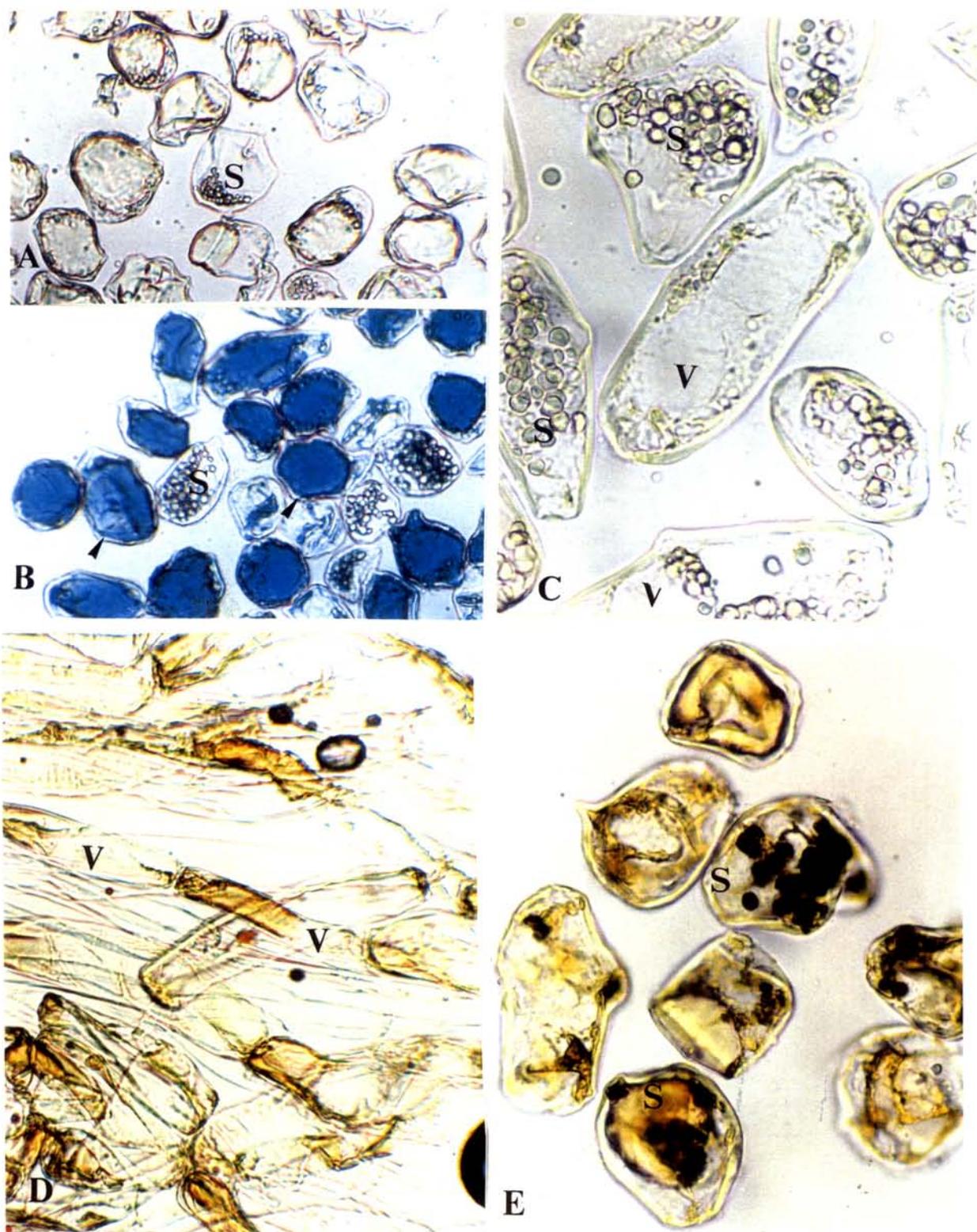
<sup>a</sup>Valores obtidos a partir da média dos teores de ácidos graxos da fração lipídica da farinha de jatobá

Na Figura 1A e 2B apresentam-se as células (pó) da superfície cujas características são: formato predominantemente arredondado em contraposição com as duas camadas subsequentes. Estas células eram metabolicamente ativas por ocasião da colheita porque o citosol da maior parte das células (Figura 1B) incorporaram o corante citoplasmático Verde Rápido FCF (setas), e demonstraram reservas amiláceas (S). A Figura 1C apresenta as células da camada média que é compacta. Da mesma forma que a camada anterior, metabolicamente

ativas, presença de vacúolos (V), produção acentuada de amido e forma predominantemente prismática. A Figura. 1D apresenta as células da camada mais interna que é constituída por células filiformes muito alongadas. A maioria tinha conteúdo citoplasmático reduzido e ausência de amido. A camada superficial (Figura 1E) e a camada compacta média (Figura 2E) demonstraram reação positiva ao Lugol nos grânulos de amido, tendo sido negativa para a camada interna de células filiformes.

O Sudan IV revelou pequena presença de óleo (setas); embora fosse mais expressivo na primeira e segunda camadas, (Figura 2F e G), também ocorreu em quantidade mínima na última camada interna (Figura 2H). A reação para proteínas com Coomassie Brilhante demonstrou a presença de depósitos protéicos nas duas primeiras camadas e ausência na terceira camada (Figuras 2I, J).

Tudo parece indicar que estes elementos celulares conservaram suas funções metabólicas até o amadurecimento do fruto, entretanto não se caracterizam como elementos de acentuada reserva de macronutrientes. Os resultados da análise microscópica do arilo do jatobá demonstraram estreita analogia com os resultados obtidos na composição centesimal aproximada.



**Figura 1** - Cortes de arilo do jatobá. As micrografias A e C não contêm corantes. A micrografia B foi contrastada com Verde Rápido-FCF para evidenciar as células vivas. A micrografia D foi tratada com Sudan IV para demonstrar a pequena presença de lipídios. A micrografia E tem o citoplasma (amarelo) e os grãos de amido (preto) contrastados pelo Lugol. (Aumento: 550 x para todas as micrografias).



**Figura 2** - Cortes de arilo do jatobá corados com Lugol (E), Sudan (F, G, H) e Coomassie Azul Brilhante (I, J). (Aumento: 550 x para todas as micrografias).

## CONCLUSÕES

A farinha de jatobá apresentou um alto teor de fibra alimentar com predominância de fibra insolúvel, baixo nível de proteína, lipídios, ácido ascórbico e tocoferóis totais. A proteína, quando comparada com o padrão da FAO (1985), mostrou ser deficiente em vários aminoácidos essenciais. Os minerais: cálcio, magnésio e potássio da farinha de jatobá foram os mais significativos em relação aos elementos minerais pesquisados. A fração lipídica da farinha de jatobá apresentou alta concentração de ácido linolênico. Entre os fatores antinutricionais, apenas o tanino encontrou-se em quantidades elevadas. A análise microscópica da farinha de jatobá demonstrou coerência com os resultados da análise da composição química aproximada. De acordo com os resultados obtidos para composição química e características nutricionais, pode-se inferir que a farinha de jatobá tem um bom potencial como alimento fonte de fibra alimentar, entretanto com relação aos demais elementos pesquisados é necessário ainda a confirmação da sua biodisponibilidade por meio de testes biológicos com animais experimentais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostini, T. S. Cecchi and H. M. Barrera-Arellano, D. 1995. Caracterização química da polpa e do óleo do marolo (*Annona coriaceae*). Arch. Latinoam. Nutr., 45(3): 237-241.
- Akeson, W.R. and Stahmann, M. A. 1964. A Pepsin pancreatin digested index of protein quality evaluation. J. Nutr. 83(3): 257-261.
- Almeida, S. P., Silva, J. A. and Ribeiro, J. F. 1987. Aproveitamento alimentar de espécies nativas dos cerrados: araticum, baru, cagaita e jatobá. Planaltina, EMBRAPA-CPAC.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists Washington, DC.
- Arêas, J. A., and Lajolo, F. M. 1980. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas pré-climatéricas e climatéricas. An. Farm. Quím. S. Paulo, 20(1/2): 307-318.
- Benassi, M. T. and Antunes, A. J. 1988. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. Arq. Biol. Tecnol. 31(4): 507-513.

- Bligh, E. G. and Dyer, W. J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37(8): 911-917.
- Chaudhary, V. K. and Weber, F. E. 1990. Barley bran flour evaluated as dietary fiber ingredient in wheat bread. *Cereal Foods World.* 35(6): 6 560-562.
- Contreras-Guzmán, E. S. and Strong, F. C. 1982. Determination of tocopherols (vitamin E) by reduction of cupric ion. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 65(5): 1215-1221.
- Corner, E. J. H. 1976. The Seeds of Dicotyledons. Cambridge University Press, Cambridge.
- Della Gatta, C., Piergiovanni, A. R. and Perrino, P. 1988. An improved method for the determination of trypsin inhibitor levels in legumes. *Lebensm.-w. Technol.* 21(6): 315-318.
- Elkowicz, K., and Sosulski, F. W. 1982. Antinutritive factors in eleven legumes and their air-classified protein and starch fractions. *J. Food Sc.* 47(4):1301-1304.
- Fernández-Quintela, A. Larralde, J., Macarulla, M. T., Marcos, R. and Martínez, J. A. 1993. Leguminosas y concentrados de proteína: nuevas perspectivas y aplicaciones. *Alimentaria.* 30(239): 59-63.
- FAO. 1985. Necesidades de Energia y Proteínas. WHO Technical Report Series, Ginebra.
- Fordham, J. R., Wells, C. E. and Chen, L. H. 1975. Sprouting of seeds and nutrient composition of seeds and sprouts. *J. Food Sci.* 40(3):552-556.
- Gahan, P. B. 1984. Plant Histochemistry and Cytochemistry - an Introduction. Academic Press, New York.
- Ghazali, H. M. and Cheng, S. C. 1991. The effect of germination on the physico-chemical properties of black gram (*Vigna mungo* L.). *Food Chem.* 41(1): 99-106.
- Harland, F. and Oberleas, D. 1977. A modified method for phytate analysis using an ion-exchange procedure application to textured vegetable proteins. *Cereal Chem.* 54(4): 827-832.
- Hartman, B. L. and Lago, R. C. A. 1973. Rapid preparations of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice.* 22(8): 475-476.
- Helmke, P. A. and Ney, D. M. 1992. Relationships between concentrations of sodium, potassium, and chlorine in unsalted foods. *J. Agric. Food Chem.* 40(9):1547-1552.
- Horn, M. J., Lichtenstein, H and Womack, M. 1968. Availability of amino acids: a methionine-fructose compound and its availability to microorganisms and rats. *J. Agric. Food Chem.* 16(5): 741-745.
- Ikeda, K., Matsuda, Y., Katsumaru, A., Teranishi, M., Yamamoto, and T., Kishida, M. 1995. Factors affecting protein digestibility in soybean foods. *Cereal Chem.* 72(4): 401-405.
- Instituto Adolfo Lutz. 1985. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos. 2. ed. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo.

- Junqueira, R. G. and Sgarbieri, V. C. 1981. Isolation and general properties of lectins from the bean (*Phaseolus vulgaris* var. Rosinha G2). *J. Food Biochem.* 5(3): 165-179.
- Kakade, M. L., Rackis, J. J., Mcghee, J. E. and Puski, G. 1974. Determination of tripsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem.* 51(3): 376-382.
- Kaur D. and Kapoor, A. C. 1992. Nutrient composition and antinutritional factors of rice bean (*Vigna umbellata*). *Food Chem.* 43(2): 119-124.
- Lajolo, F. M., Menezes, E. W. and Filisetti-Cozzi, T. M. C. C. 1988. Considerações sobre carboidratos e fibra. *Arch. Latinoam. Nutr.* xxxviii(3): 519-542.
- Latta, M. and Eskin, M. 1980. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *J. Agric. Food Chem.* 28(6): 1313-1315.
- Laurena, A. C., Rodriguez, F. M., Sabino, N. G., Zamora, A. F. and Mendoza, E. M. T. 1991. Amino acid composition, relative nutritive value and in vitro protein digestibility of several Philippine indigenous legumes. *Plant Foods Hum. Nutr.* 41(1): 59-68.
- Liener, I. E. 1955. The photometric determination of the hemagglutinating activity of soyin and crude soybean extracts. *Arch. Biochem. Bioph.* 54(1): 223-231.
- Lima, A. L., Mancini Filho, J., Domingues, J. B., and Lajolo, F. M. 1980. Propriedades hemaglutinantes, mitogênica e tóxica de variedades brasileiras de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Farm. Bioquim. Univ. S. Paulo.* 16(1/2): 145-154.
- Lorenzi, H. 1992. Árvores Brasileiras Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Plantarum, Piracicaba.
- Lucas, B. and Sotelo, A. 1980. Effect of different alkalies, temperature, and hydrolysis times on tryptophan determination of pure proteins and food. *Anal. Biochem.* 109: 192,197.
- Méndez, M. H. M, Derivi, S. C. N., Fernandes, M. L. and Oliveira, A. M. G. 1993. Insoluble dietary fiber of grain food legumes and protein digestibility. *Arch. Latinoam. Nutr.* 43(1): 66-72.
- Moore, S. and Stein, W. H. 1963. Chromatographic determination of amino acids by use of automatic recording equipment.: *Methods in Enzymology*. Academic Press, New York Press. 6: 819-831.
- O'Brien, T. P. and McCully, M. E. 1981. The Study of Plant Structure. Principles and Selected Methods. Termarcarphi Pty, Melbourne.
- Omogbai, F. E. 1990. Lipid composition of tropical seeds used in the Nigerian Diet. *J. Sci. Food Agric.* 50(2): 253-255.
- Price, M. L., Scoyoc, S. V. and Butler, L. G. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.* 26(5): 1214-1218.

- Prosby, L., Asp, N., Schweizer, T. F., Devries, J. W. and Furda, I. 1988. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 71(5): 1017-1023.
- Pushpanjali, and Khokhar, S. 1995. The composition of indian foods - mineral composition and intakes of indian vegetarian populations. *J. Sci. Food Agric.* 67(2): 267-276.
- Rani, N. and Hira, C. K. 1993. Effect of various treatments on nutritional quality of faba beans (*Vicia faba*). *J. Food Sci. Technol.* 30(6): 413-416.
- Reddy, N. R., Pierson, M. D., Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. 1984. Chemical, nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates - a review. *Food Chem.* 13(1): 25-68.
- Reddy, N. R., Pierson, M. D., Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. 1985. Dry bean tannins: a review of nutritional implications. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 62(3): 541-549.
- Rizzini, C. T. 1971. Plantas do Brasil: Árvores e Madeiras Úteis do Brasil - Manual de Dendrologia Brasileira. Edgard Blücher, São Paulo.
- Rocha, M. R., Borges, J. D., Naves, R. V. and Vidal, V. L. 1992. Estudos sobre a emergência de plântulas de jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.; Caesalpinaceae). *Rev. Bras. Frutic.* 14(1): 61-64.
- Rodriguez, D. B., Raymundo, L. C., Lee, T., Simpson, K. L. and Chichester, C. O. 1976. Carotenoid pigment changes in repening *Momordica charantia* fruits. *Ann. Bot.* 40(167): 615-624.
- Shmulovich, V. G. 1994. Interrelation of contents of unsaturated fatty acids and vitamin E in food product lipids. *Applied Bioch. Microbiol.* 30(4-5): 547-551.
- Silva, J. A., Silva, D. B., Junqueira, N. T. V. and Andrade, L. R. M. 1994. Frutas Nativas dos Cerrados. EMBRAPA-CPAC, Brasília.
- Sotelo, A., Sousa, H. and Sanchez, M. 1995. Comparative study of the chemical composition of wild and cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*). *Plant Foods Human Nutr.* 47(2): 93-100.
- Togashi, M. and Sgarbieri, V. C. 1994. Caracterização química parcial do fruto do baru (*Dipteryx alata*, Vog.) *Ci. Tecnol. Alim.* 14(1): 85-95.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J. and Valverde, S. 1993. Changes in the carbohydrate composition of legumes after soaking and cooking. *J. Am. Diet. Assoc.* 93(5): 547-550.
- Williams, K. T., and Bevenue, A. 1953. Qualitative paper chromatography of sugar in plants. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 36(3): 969-979.
- Zweig, G. and Sherma, J. 1986. Detection Reagents for Paper and/or Thin-layer Chromatography in Handbook of Chromatography: General Data and Principles. p. 103-189. CRC Press, Boca Raton.

## CAPÍTULO 3

### DESENVOLVIMENTO DE “SNACKS” A PARTIR DE FARINHA MISTA DE JATOBÁ (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) E AMIDO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz): OTIMIZAÇÃO DAS FORMULAÇÕES E DAS CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO ATRAVÉS DE METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E TESTES SENSORIAIS AFETIVOS

#### Resumo

A exploração da flora e fauna do cerrado brasileiro, realizada de forma extrativista e muitas vezes predatória, tem concorrido para a extinção do jatobá-do-cerrado. O aproveitamento dos frutos do jatobá em produtos alimentícios representa uma alternativa de significado ecológico, social e econômico para o desenvolvimento do cerrado. O objetivo desta pesquisa foi investigar o aproveitamento da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na produção de “snacks” através de extrusão termoplástica da farinha composta de jatobá e amido de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). A análise da composição química mostrou que o fruto do jatobá apresentou 62 g kg<sup>-1</sup> de proteína e alto teor de fibra alimentar (486 g kg<sup>-1</sup>), dos quais 398 e 88 g kg<sup>-1</sup> de fibra insolúvel e solúvel, respectivamente. Esta farinha possui alto potencial na produção de “snacks”, com elevado teor de fibra, viabilizando a exploração comercial do jatobá na área de produtos alimentícios e sua preservação. As farinhas compostas de jatobá e amido de mandioca (150:850, 300:700, 450:550), condicionadas a níveis de umidade de 170, 200 e 230 g kg<sup>-1</sup> foram processadas em extrusor de rosca única Brabender a 150 rpm, com uma matriz de 4 mm de diâmetro e temperaturas de 125, 150 e 175°C. Os “snacks” produzidos em diferentes formulações e condições de processamento foram avaliados quanto a suas propriedades físicas, funcionais e aceitação com relação às suas características sensoriais. A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para otimizar o processo de extrusão. A superfície de resposta e os diagramas de contorno revelaram que todas as misturas condicionadas a 170 g kg<sup>-1</sup> de umidade e submetidas ao processamento a 150° C produziram “snacks” de aparência e sabor aceitáveis, enquanto, níveis mais baixos ou mais altos de temperatura levaram a perdas significativas das características de aparência dos produtos. A

utilização dos resultados hedônicos fornecidos pelos consumidores, com relação a aparência, permitiu o desenvolvimento de modelo estatístico com ajustes bastante satisfatórios.

Palavras-chave: “snacks”, extrusão, farinha de jatobá, amido de mandioca, fibra alimentar.

## INTRODUÇÃO

O jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) é uma espécie da família das leguminosas (Caesalpinoideae) característica do cerrado brasileiro. A árvore produz frutos comestíveis de 10-20 cm de comprimento e 4-6 cm de diâmetro, contendo até 13 sementes (Rizzini, 1971).

A exploração econômica do jatobá tem priorizado a utilização extrativista de madeira, resina e casca da árvore (Almeida *et al.*, 1987), concorrendo para a extinção da espécie em várias regiões de cerrado. Por outro lado, o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o aproveitamento do fruto como recurso alimentar e fonte de desenvolvimento sustentado, auxiliaria a preservação da espécie (Instituto do Trópico Subúmido, 1992).

Os frutos do jatobá são muito apreciados pelas populações rurais, que tem o costume de ingerir a polpa farinácea na forma “in natura” e como mingau (Lorenzi, 1992). Entretanto, a despeito do uso da farinha de jatobá em pratos regionais, existem poucas informações disponíveis sobre o seu uso na produção de alimentos processados.

No desenvolvimento de novos produtos a extrusão termoplástica é uma das modernas tecnologias que tem mostrado grande potencial. Entre as vantagens do processo de extrusão de alimentos destacam-se a simplicidade de processamento e rapidez de desenvolvimento de novos produtos (Meuser & Wiedmann, 1989).

Dentre os produtos mais frequentemente elaborados por extrusão termoplástica evidenciam-se: “snacks”, alimentos infantis, cereais prontos para o consumo e farinhas pré-gelatinizadas (Miller, 1988).

Um dos pontos fundamentais no desenvolvimento de um novo produto, é avaliar a aceitabilidade do mesmo para poder prever seu êxito junto ao mercado consumidor. Assim, medidas do grau de aceitação/preferência, são obtidas e tratadas, em estudos de consumidor, como variáveis dependentes, enquanto as variáveis independentes são por exemplo, as

variáveis de processamento como temperatura, teor de umidade, porcentagem de um determinado ingrediente. Com base nas informações obtidas através de testes de consumidores, é possível prever a combinação das variáveis independentes que resultarão numa aceitação ótima (Stone & Sidel, 1985).

Na etapa de desenvolvimento e otimização de um produto, quando o número de amostras a serem avaliadas sensorialmente é grande e o retorno dos resultados deve ser rápido, os testes afetivos a nível laboratorial, realizados com 25 a 30 indivíduos consumidores ou consumidores potenciais do produto, são bastante eficientes. Esses testes permitem grande controle sobre todos os aspectos das condições dos testes e rápido retorno de resultados, possibilitando a seleção das formulações e das condições de processamento mais competitivas (Stone & Sidel, 1985; Moskowitz, 1994).

De um modo geral, a fase de otimização de um produto significa uma abordagem disciplinada para verificar como o produto varia quando o investigador sistematicamente altera a formulação e as condições de processamento do mesmo (Moskowitz, 1994). Em estudos de otimização de produtos os pesquisadores seguem basicamente as seguintes etapas: (1) seleção das variáveis dependentes e independentes que serão estudadas, (2) definição do desenho experimental a ser utilizado, (3) definição da metodologia utilizada para se medir as variações ocorridas junto às variáveis dependentes ou respostas (Giovanni, 1983; Artega *et al.* 1994; Institute of Food Technologists, 1990).

A metodologia de superfície de resposta tem se tornado uma ferramenta muito valiosa utilizada para a otimização de produtos em função de custos, tempo e condições de processamento. Pesquisadores da área de desenvolvimento de novos produtos têm usado a metodologia de superfície de resposta para melhorar tanto a aceitação geral do produto como suas características sensoriais específicas (Moskowitz, 1994). Dentre as variáveis dependentes a serem estudadas as respostas sensoriais afetivas tem sido uma opção muito utilizada, quando o objetivo é otimizar o produto em função de sua aceitação (Moskowitz, 1994).

O presente estudo teve por objetivos investigar: (1) o uso da extrusão termoplástica em farinha mista de jatobá e amido de mandioca para a produção de “snacks” e (2) as vantagens e limitações da metodologia de superfície de resposta associada a testes sensoriais afetivos e equipes laboratoriais de consumidores na otimização da formulação e do processamento utilizado.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Materiais

Os frutos do jatobá foram fornecidos pela Sociedade Ecológica de Jataí, da região de Jataí, localizada no estado de Goiás, Brasil. A farinha foi extraída por quebra dos frutos e peneiragem da polpa em peneiras de 32 mesh, as sementes foram desprezadas. O amido de mandioca foi obtido no comércio local.

### Composição química aproximada

O conteúdo de umidade, cinzas, proteínas (N x 6,25) e lipídios da farinha de jatobá foram determinados de acordo com o método da AACCC (1995), número 44-15A, 08-01, 46-13 e 30-20, respectivamente. Fibras solúveis e insolúveis foram determinadas enzimaticamente pelo método de Asp *et al.* (1983).

A determinação enzimática de amido foi feita como descrito por Arêas & Lajolo (1980). O amido foi extraído de 1 grama de amostra com adição de uma solução de NaOH 0,5 N para homogeneização, neutralização com solução de ácido acético 0,5 N e centrifugação a 10.000 rpm por 15 minutos com etanol absoluto. Após retirada do etanol e adição de ácido perclórico 0,6 N, foi acrescentado à amostra 1 mL de amiloglicosidase, deixando-se agir a 37°C por 2 horas. Em seguida adicionou-se uma solução de glicose oxidase-peroxidase-ABST [2, 2'-azino-bis (3 - ethylbenz-thiazoline - 6 - sulfonic acid)] a 37°C deixando-se agir por 15 minutos. Procedeu-se então a dosagem da glicose livre contra curva padrão de glicose (5 a 30 µg/mL) através de leitura em espectrofotômetro a 450 nm. Para conversão de glicose em amido, multiplicou-se a concentração final de glicose por 0,9.

O teor de açúcar da farinha de jatobá foi determinado pelo cálculo da diferença entre 1000 gramas de farinha e a soma total dos valores encontrados para proteínas, lipídios, cinzas, fibra alimentar total e amido.

### Processamento

A farinha de jatobá foi inicialmente misturada com amido de mandioca na proporção de 150:850, 300:700 e 450:550. As farinhas compostas foram condicionadas em 170, 200, e 230

g kg<sup>-1</sup> de umidade por adição de água no condicionador ou misturador planetário Brabender e extrusadas em extrusor de rosca única Brabender (model GNF1014/2, Brabender OHG, Duisburg, Germany), na velocidade de 150 rpm, com uma matriz de 4 mm de diâmetro e 21,7 mm de comprimento e a taxa de alimentação constante de 70 g min<sup>-1</sup>. Uma taxa de compressão de 3:1 foi utilizada, com temperatura de cilindro de 125, 150 e 175°C na zona de cozimento e alta pressão, com temperatura fixa de 80°C na zona de alimentação.

As amostras foram secas em estufa de ar forçado a 45-50°C por 18 horas, estocadas e seladas em sacos de polietileno até o momento das análises.

### **Propriedades físicas e funcionais dos extrusados**

O índice de expansão (IE) de cada um dos quinze tratamentos (Tabela 1) foi obtido por divisão do diâmetro da amostra pelo diâmetro da matriz (Faubion & Hosoney 1982). O índice de absorção de água (IAA) foi determinado por centrifugação de 2,5g da amostra a 4,750 x g por 15 minutos; e foi expresso em g gel por grama da amostra. O índice de solubilidade em água (ISA) foi calculado como a fração solúvel em água expressa em g kg<sup>-1</sup> (Anderson *et al.*, 1969).

A viscosidade de cada tratamento foi determinada através de viscoamílografo Brabender de acordo com o método 22.10 da AACC (1995), com uma concentração de 67,5 g amostra (base seca) em 450 ml de água destilada a 75 rpm. Desta forma, a viscosidade inicial a 30°C (VI), a viscosidade mínima a temperatura constante (VMTC) e a viscosidade máxima de resfriamento a 50°C (VMR) foram expressas em unidades amilográficas (UA).

A textura dos quinze tratamentos foi avaliada através do parâmetro instrumental “força de quebra”, o qual foi determinado através do texturômetro TA.XT2 “texture analyzer” (Texture Technologies, Scarsdale, NY/Stable Micro Systems, Haslemere, Surrey, England), especificando-se uma carga de compressão de 25 kg, sensibilidade de 1 g por força, 0,0025 mm para distância, e 5 cm min g<sup>-1</sup> para velocidade. Uma ponta de prova cilíndrica (“probe” P-6) foi utilizada para romper o “snack” colocado sobre uma abertura de 3 cm entre dois suportes para corte. A força de quebra de cada tratamento foi expressada como a média de leitura de dez “snacks” (unidades) escolhidos de forma aleatória.

## **Teste de aceitação**

A avaliação do grau de aceitação de cada tratamento com relação a sua aparência foi realizada utilizando-se equipe sensorial composta por 30 consumidores potenciais do produto, selecionados em função da disponibilidade, interesse e hábito de consumir “snack”. Inicialmente os provadores foram solicitados a avaliar o quanto gostavam ou desgostavam da aparência de cada amostra usando escala hedônica estruturada mista de 9 pontos (1= desgostei extremamente; 9= gostei extremamente), como proposto por Stone & Sidel (1985). Utilizou-se delineamento de blocos completos casualizados, onde todos os provadores avaliaram, em uma única sessão, a aparência de todas as amostras. As amostras foram apresentadas em pratos codificados com números de três dígitos sob luz branca. Os resultados do teste de aceitação relativos à aparência do produto foram utilizados como a variável dependente para otimização de parâmetros de processamento através de metodologia de superfície de resposta. Os tratamentos cuja aparência obtiveram melhor aceitação por parte dos consumidores foram então avaliados com relação às suas características de aceitação em função do sabor e textura, utilizando-se a mesma metodologia utilizada para aparência.

## **Desenho experimental e análises estatísticas**

O desenho experimental usado neste estudo foi elaborado segundo Box & Behnken (1960). Empregou-se três níveis e três fatores (proporção de farinha de jatobá, conteúdo de umidade em que o material cru foi condicionado antes da extrusão, e temperatura de processamento), gerando-se um total de 15 tratamentos. A Tabela 1 apresenta o delineamento completo com as variáveis codificadas e reais. Concentrações de 150, 300 e 450 g de farinha de jatobá por kg de farinha mista foram utilizadas. O teor de umidade foi especificado em 170, 200 e 230 g por kg de farinha mista e a temperatura de processamento em 125, 150 e 175°C.

Para cada tratamento, foram avaliadas todas as variáveis dependentes: propriedades físicas e funcionais e a aceitação dos extrusados em função da aparência. Os dados foram submetidos a análise de regressão multivariada, cujo modelo continha termos lineares, quadráticos e interação para as três variáveis independentes, isto é, concentração de farinha de jatobá na farinha mista, conteúdo de umidade em que a farinha foi condicionada antes da extrusão e temperatura de processamento. A significância do modelo foi testada por análise de variância (teste de F,  $p \leq 0,05$ ). O teste-t de “Student” foi utilizado para determinação da significância

dos efeitos individuais de cada um dos coeficientes estimados. Os termos não significativos ( $p \leq 0,05$ ) foram retirados do modelo, e um novo ajuste foi realizado onde somente os termos significativos foram incluídos no modelo final. Utilizando-se equação de regressão múltipla como ponto de partida, as curvas da análise de superfície de resposta foram elaboradas dentro dos intervalos (níveis) estudados.

**TABELA 1**

Delineamento experimental empregado no processo de extrusão da farinha mista de jatobá e amido de mandioca e seus valores codificados e reais.

Tratamentos	Variáveis codificadas <sup>a</sup>			Variáveis independentes <sup>a</sup>		
	X1	X2	X3	X1	X2	X3
1	-1	-1	0	150	170	150
2	+1	-1	0	450	170	150
3	-1	+1	0	150	230	150
4	+1	+1	0	450	230	150
5	-1	0	-1	150	200	125
6	+1	0	-1	450	200	125
7	-1	0	+1	150	200	175
8	+1	0	+1	450	200	175
9	0	-1	-1	300	170	125
10	0	+1	-1	300	230	125
11	0	-1	+1	300	170	175
12	0	+1	+1	300	230	175
13	0	0	0	300	200	150
14	0	0	0	300	200	150
15	0	0	0	300	200	150

<sup>a</sup>X1 = Farinha de jatobá g kg<sup>-1</sup>, X2 = umidade g kg<sup>-1</sup>, X3 = temperatura (°C).

Os resultados dos testes de aceitação relativos ao sabor e textura do produto de melhor aparência foram avaliados por meio de Análise de Variância (teste de F,  $p \leq 0,05$ ) e teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Composição química aproximada

A composição química da farinha de jatobá revelou alto teor de fibra alimentar ( $486 \text{ g kg}^{-1}$ ) e açúcares ( $366 \text{ g kg}^{-1}$ ), relativamente baixos valores de lipídios ( $17 \pm 1,8 \text{ g kg}^{-1}$ ), cinzas ( $34 \pm 0,3 \text{ g kg}^{-1}$ ), proteínas ( $66 \pm 0,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) e amido ( $31 \pm 1,2 \text{ g kg}^{-1}$ ). Do total de fibra alimentar,  $88 \pm 2,3 \text{ g kg}^{-1}$  correspondeu a fibra solúvel e  $398 \pm 4,9 \text{ g kg}^{-1}$  a insolúvel. O conteúdo de fibra da farinha de jatobá situa-se acima da maioria dos valores de fibra de cereais encontrados por Hudson *et al.* (1992) caracterizando essa farinha como fonte potencial de fibra alimentar.

### Índice de expansão

O índice de expansão foi significativamente ( $p \leq 0,05$ ) afetado pelos efeitos lineares dos três fatores estudados (concentração de farinha de jatobá, teor de umidade e temperatura de extrusão), observando-se um efeito maior com relação à temperatura de extrusão e um menor efeito da concentração da farinha de jatobá (Tabela 2 e Figura 1a e 1b).

O modelo ajustado explica 96% do total da variação observada na variável dependente, o que caracteriza um bom ajuste (Tabela 2). Todos os tratamentos apresentam um certo grau de expansão, observando-se redução nos valores de expansão à medida que aumentou-se as proporções de farinha de jatobá, teor de umidade das misturas e temperatura de extrusão (Figura 1a e 1b).

Gujska & Khan (1991) sugeriram que o grau de expansão afeta a densidade, fragilidade e a maciez dos produtos extrusados. Assim, o grau de expansão é um fator importante, especialmente, se o produto extrusado for utilizado como “snack”.

A expansão de um produto extrusado é influenciada principalmente pelo grau de gelatinização do amido e depende da formação de células de ar, causada pela queda brusca de pressão imediatamente após a saída do material pela matriz, provocando rápida evaporação da água superaquecida no extrusado com formação de uma estrutura celular porosa e expandida. O tamanho das células de ar no extrusado relacionam-se com a expansão radial, a medida que as células diminuem de tamanho a expansão radial decresce (Camire *et al.*, 1990)

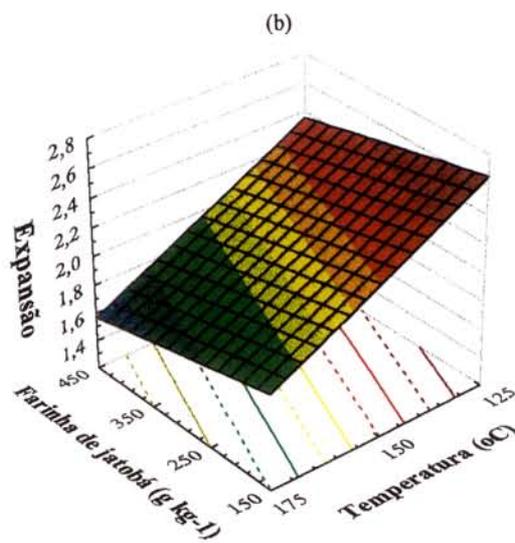
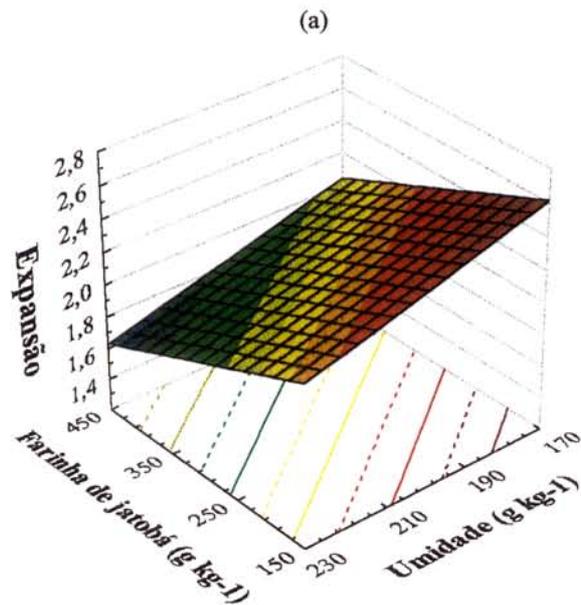
Ao aumentar a concentração de farinha de jatobá na mistura, o teor de fibra alimentar aumentou, enquanto o teor de amido diminuiu, interferindo na expansão dos extrusados. Segundo Lue *et al.* (1991) o aumento da concentração de fibra alimentar (0-30%) resultou na diminuição da expansão radial e aumento da expansão axial de extrusados de farinha de milho e fibra de beterraba. Para estes autores, o tamanho da partícula da fibra é um dos fatores que pode interferir na expansão, visto que, partículas maiores de fibra causam ruptura das células de vapor antes de ocorrer o processo de expansão, retardando o desenvolvimento das células de ar. De acordo com Hsieh *et al.* (1989) a presença de fibra pode reduzir a elasticidade e plasticidade da massa, diminuindo desta forma, a expansão radial, quando a concentração de fibra aumenta.

**TABELA 2**

Modelos e coeficientes de determinação para a resposta estudada

Resposta	Modelo <sup>a</sup>	(R <sup>2</sup> )
Índice de Expansão	$6,79 - 0,0016X_1 - 0,0069X_2 - 0,019X_3$	0,96
IAA (g gel g base seca <sup>-1</sup> )	$-11,64 + 0,016X_1 + 0,182X_2 - 0,00003X_1^2 - 0,0006X_2^2 + 0,0002X_1X_2$	0,84
ISA (g kg <sup>-1</sup> )	$819,89 - 0,626X_1$	0,73
VI (UA)	$-11785 + 168,85X_3 - 0,565X_3^2$	0,69
VMTC (UA)	$-1712 + 26,15X_3 - 0,09X_3^2$	0,48
VMR (UA)	$-70,98 + 2,245X_1 + 1,50X_3 - 0,013X_1X_3$	0,62
Aparência	$-65,02 + 0,921X_3 - 0,003X_3^2$	0,71

<sup>a</sup> Todos os modelos apresentam significância do teste F ( $p \leq 0,05$ ); X1=farinha de jatobá (g Kg<sup>-1</sup>), X2=umidade (g Kg<sup>-1</sup>), X3=temperatura (°C).



**Figura 1.** (a): Efeito da concentração da farinha de jatobá na farinha mista e conteúdo de umidade sobre o índice de expansão (IE) de “snacks”.

(b): Efeito da concentração da farinha de jatobá na farinha mista e temperatura de extrusão sobre o índice de expansão (IE) de “snacks”.

## **Índice de absorção em água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)**

O IAA foi afetado significativamente ( $p \leq 0,05$ ) pela concentração de farinha de jatobá na fórmula e conteúdo de umidade das farinhas compostas. Por outro lado, somente a concentração de farinha de jatobá na farinha mista teve influência significativa ( $p \leq 0,05$ ) sobre o ISA (Tabela 2). Os modelos ajustados para IAA e ISA explicaram 84% e 73%, respectivamente, da variação total observada nas variáveis dependentes.

À medida que aumentou-se a concentração de farinha de jatobá na farinha mista, o IAA aumentou (Tabela 2, Figura 2a) e o ISA diminuiu (Tabela 2, Figura 2b). De fato, o modelo matemático na Tabela 2 mostra que, o conteúdo de umidade foi a variável que exerceu o efeito mais pronunciado sobre IAA. Os valores mais altos de IAA ocorreram quando utilizou-se o conteúdo de umidade de 200-230 g kg<sup>-1</sup> e adição de 300-450 g kg<sup>-1</sup> de farinha de jatobá.

O mais provável é que o aumento do IAA provocado pelo aumento da concentração de farinha de jatobá na formulação da farinha mista tenha sido em função de: (1) maior quantidade de fibras na farinha com capacidade de retenção de água, quando comparado com o seu baixo teor de amido, (2) menor influência do grânulo de amido degradado sob condições de extrusão. Já a diminuição no ISA verificada quando se aumentou a concentração de farinha de jatobá na farinha mista pode ser atribuída à menor concentração de amido sujeito a degradação molecular.

Em altos teores de umidade, o IAA aumentou com a elevação da concentração de farinha de jatobá na mistura, provavelmente, devido a grande capacidade de absorção de água da fibra alimentar. Em baixos teores de umidade o IAA não apresentou a mesma resposta pois, provavelmente, ocorreu maior dextrinização do amido, em função do maior cisalhamento com o processo de extrusão.

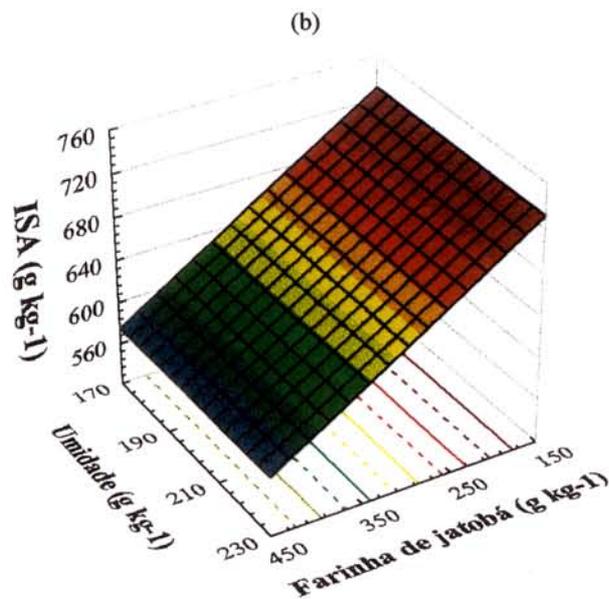
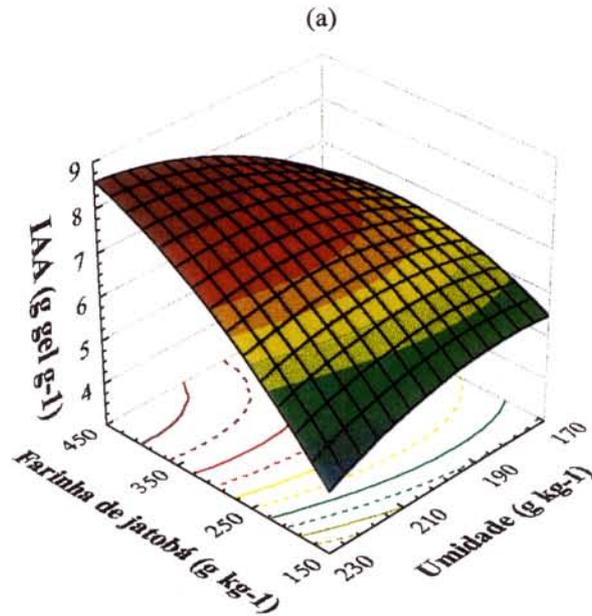
Os grânulos de amido sofrem gelatinização e fusão por ação do calor e umidade sobre as pontes de hidrogênio entre cadeias polissacarídicas da estrutura do grânulo (Camire *et al.*, 1990). Portanto, o IAA depende da disponibilidade de grupos hidrofílicos para se ligarem às moléculas de água e da capacidade de formação de gel das macromoléculas (Gomez & Aguilera, 1983). O IAA apresenta alta correlação com a viscosidade da pasta a frio, visto que, somente o grânulo de amido danificado absorve água à temperatura ambiente e gelatiniza aumentando a viscosidade até o início da dextrinização, quando o IAA diminui (Colonna *et al.*, 1989). Em altos teores de umidade, o grânulo de amido é menos susceptível à ruptura, ou seja,

as estruturas são mantidas mais intactas e, conseqüentemente aumenta a capacidade de absorção de água. Em menor teor de umidade ocorre mais fricção e atrito com maior quebra dos grânulos de amido gelatinizado aumentando o índice de solubilidade em água (Vilela & El-Dash, 1987).

A diminuição do IAA com o aumento de umidade inicial, em baixas concentrações de farinha de jatobá deveu-se às menores gelatinização e dextrinização do amido. Já em altas concentrações de jatobá, o IAA apresentou um comportamento inverso, ou seja, aumentou com a elevação de umidade. Camire & Flint (1991) observaram que fibra de batata apresentou uma diminuição da capacidade de absorção de água com a extrusão, sugerindo que outros componentes, como o amido, podem ser responsáveis pelas mudanças nessa determinação. Artz *et al.* (1990) concluíram que amido gelatinizado apresenta maior capacidade de hidratação quando comparado com celulose e hemicelulose. Berglund *et al.* (1994), por outro lado, encontraram uma redução na capacidade de absorção de água de extrusados de cereais com altos teores de fibra, com o aumento de umidade, resultados que estão em acordo com este trabalho.

O ISA diminuiu com o aumento da concentração de farinha de jatobá, provavelmente, em função da elevação de fibra alimentar e da redução de amido, ocorrendo com isso uma menor solubilização das moléculas de amido.

Segundo Colonna *et al.* (1989) o ISA está relacionado com a quantidade de moléculas solúveis e depende do processo de gelatinização e dextrinização. Quanto maior o grau de quebra dos grânulos de amido gelatinizado maior o índice de solubilidade em água.



**Figura 2.** (a) Efeito da concentração da farinha de jatobá na farinha mista e do conteúdo de umidade sobre o índice de absorção de água (IAA) de “snacks”.  
 (b) Efeito da concentração de farinha de jatobá na farinha mista e conteúdo de umidade sobre o índice de solubilidade em água (ISA) de “snacks”.

## Viscosidade

A viscosidade inicial (VI) e viscosidade mínima a temperatura constante (VMTC) foram afetadas significativamente ( $p \leq 0,05$ ) apenas pela temperatura de extrusão (Tabela 2). No entanto, tanto a temperatura como a concentração de farinha de jatobá na farinha mista afetaram a viscosidade máxima de resfriamento (VMR), conforme mostra a Tabela 2. O aumento na VI cresceu com o aumento da temperatura de extrusão até aproximadamente 150°C (Figura 3a). O efeito negativo de temperaturas superiores a 150°C sobre a VI deveu-se provavelmente à desintegração dos grânulos de amido.

A viscosidade inicial de amidos nativos situa-se próxima a zero, entretanto amidos pré-gelatinizados absorvem água rapidamente e formam uma pasta a temperatura ambiente sem necessitar de aquecimento. A viscosidade inicial depende do grau de gelatinização e da quantidade de grânulos de amidos danificados (El-Dash *et al.*, 1983). Porém, com o aumento da intensidade do tratamento ocorre a despolimerização do grânulo de amido, o que limita a capacidade de absorção de água a frio reduzindo a viscosidade inicial (Mercier, 1977).

A viscosidade mínima à temperatura constante (VMTC) aumentou com a elevação da temperatura de extrusão até o máximo de 150°C. O entumescimento dos grânulos de amido com o aumento da temperatura de extrusão está diretamente relacionado com as viscosidades inicial e máxima. A desintegração dos grânulos de amido a altas temperaturas provocou uma diminuição dos dois tipos de viscosidade. A diminuição da viscosidade da pasta a quente pode ser explicada pelo maior grau de rompimento da estrutura e degradação dos grânulos de amido ocorridos no processo de extrusão em temperaturas elevadas e conseqüentemente perda da capacidade de inchar em água quente.

A VMR aumentou com a elevação da concentração de farinha de jatobá na farinha mista e diminuição da temperatura (Figura 3b). Com relação a concentração de farinha de jatobá, este comportamento foi adverso provavelmente devido à presença de fibra alimentar no material cru utilizado nas fórmulas.

Segundo El-Dash *et al.* (1983) amido com baixo conteúdo de umidade extrusado em alta temperatura resulta em um extrusado caracterizado por baixo grau de retrogradação, enquanto amido com conteúdo de umidade moderado a alto (190-260 g Kg<sup>-1</sup>) extrusado em temperatura moderada (125 - 190°C) produz um extrusado com alto grau de retrogradação. Neste estudo,

a retrogradação diminuiu com o aumento da temperatura, resultados que estão de acordo com os obtidos por Mercier (1977).

O tratamento a temperatura mais alta pode ter favorecido a degradação dos grânulos de amido com desagregação da estrutura molecular provocando a perda da capacidade de retrogradação, diminuindo a viscosidade de resfriamento.

No caso de produtos extrusados, o grau de gelatinização pode ser considerado como um indicador da extensão da degradação do amido durante a extrusão. O grau de gelatinização correlaciona-se muito bem com o índice de solubilidade em água, o qual também expressa a degradação do amido, o ISA eleva-se quando a quebra do amido aumenta (Gomez & Aguilera, 1983).

## Textura

Os valores de textura estão apresentados na Tabela 3, onde se verifica que a força de quebra é significativamente ( $p \leq 0,05$ ) menor para as concentrações mais elevadas de farinha de jatobá e conteúdo de umidade. Esta redução na força requerida para quebrar o produto com maior proporção de farinha de jatobá é provavelmente devido aos valores mais baixos de índice de expansão destes.

**TABELA 3**

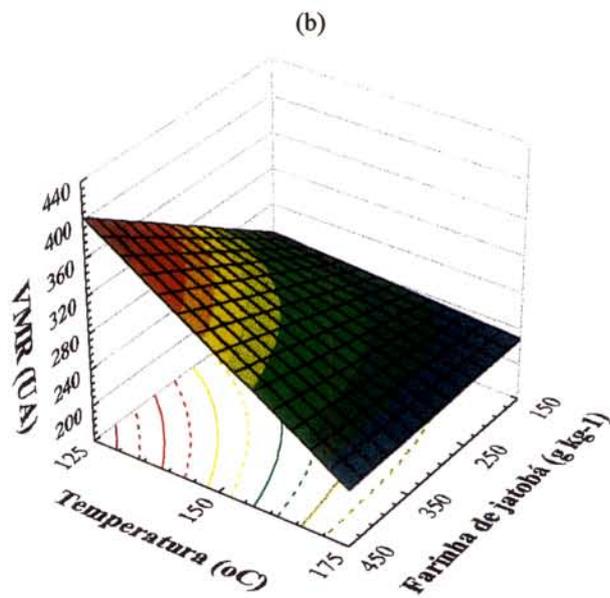
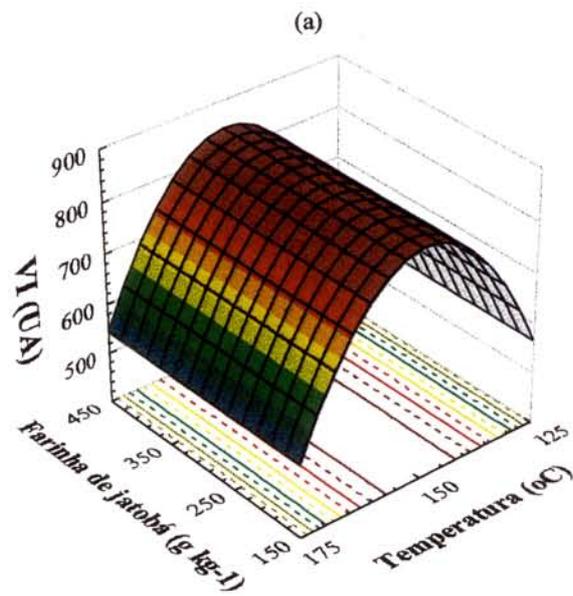
Efeito da mistura de farinha de jatobá e amido de mandioca, do conteúdo de umidade e temperatura de extrusão sobre a força de quebra dos “snacks” e aceitação dos consumidores em relação a aparência, sabor e textura das amostras

Condições jatobá:mandioca/umidade (g kg <sup>-1</sup> )/temperatura (°C)	Atributos <sup>a</sup>			
	aparência <sup>b</sup>	sabor <sup>b</sup>	textura sensorial <sup>b</sup>	força de quebra (kg) <sup>c</sup>
150:850/170/150	5,7 <sup>a</sup>	5,08 <sup>a</sup>	6,08 <sup>a</sup>	2,41 <sup>a</sup>
300:700/200/150	5,6 <sup>a</sup>	4,28 <sup>b</sup>	3,50 <sup>c</sup>	1,69 <sup>b</sup>
450:550/170/150	5,3 <sup>b</sup>	4,05 <sup>c</sup>	3,68 <sup>b</sup>	1,80 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Médias com letras comuns na mesma coluna não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ )

<sup>b</sup>1= gostei extremamente, 9= desgostei extremamente

<sup>c</sup>Instrumental.



**Figura 3.** (a) Efeito da concentração de farinha de jatobá na farinha mista e da temperatura sobre a viscosidade inicial (VI) de “snacks”.  
 (b) Efeito da concentração de farinha de jatobá na farinha mista e da temperatura sobre a viscosidade máxima de resfriamento (VMR) de “snacks”.

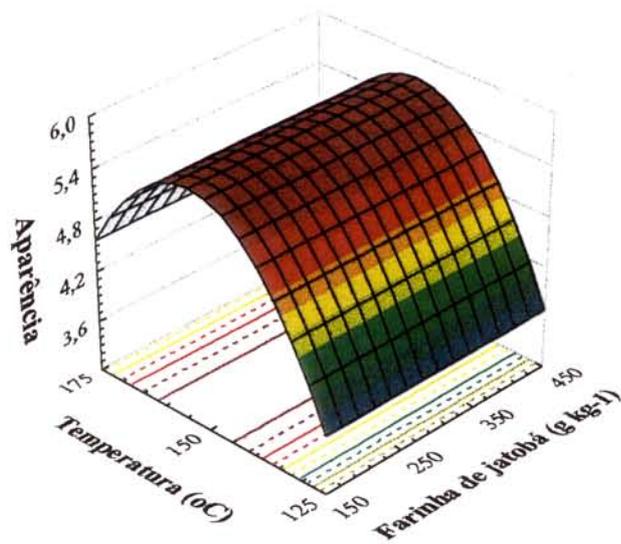
## Aceitação dos extrusados

A aparência dos “snacks” foi afetada significativamente ( $p \leq 0.05$ ) pela temperatura (Tabela 2). O modelo ajustado explica 74% da variação total o que pode ser considerado bom para dados sensoriais obtidos com consumidores. A aparência dos extrusados (Tabela 2) melhorou com o aumento na temperatura de processamento até o limite de 150°C. Temperaturas mais elevadas resultaram em produtos menos desejáveis (Figura 4).

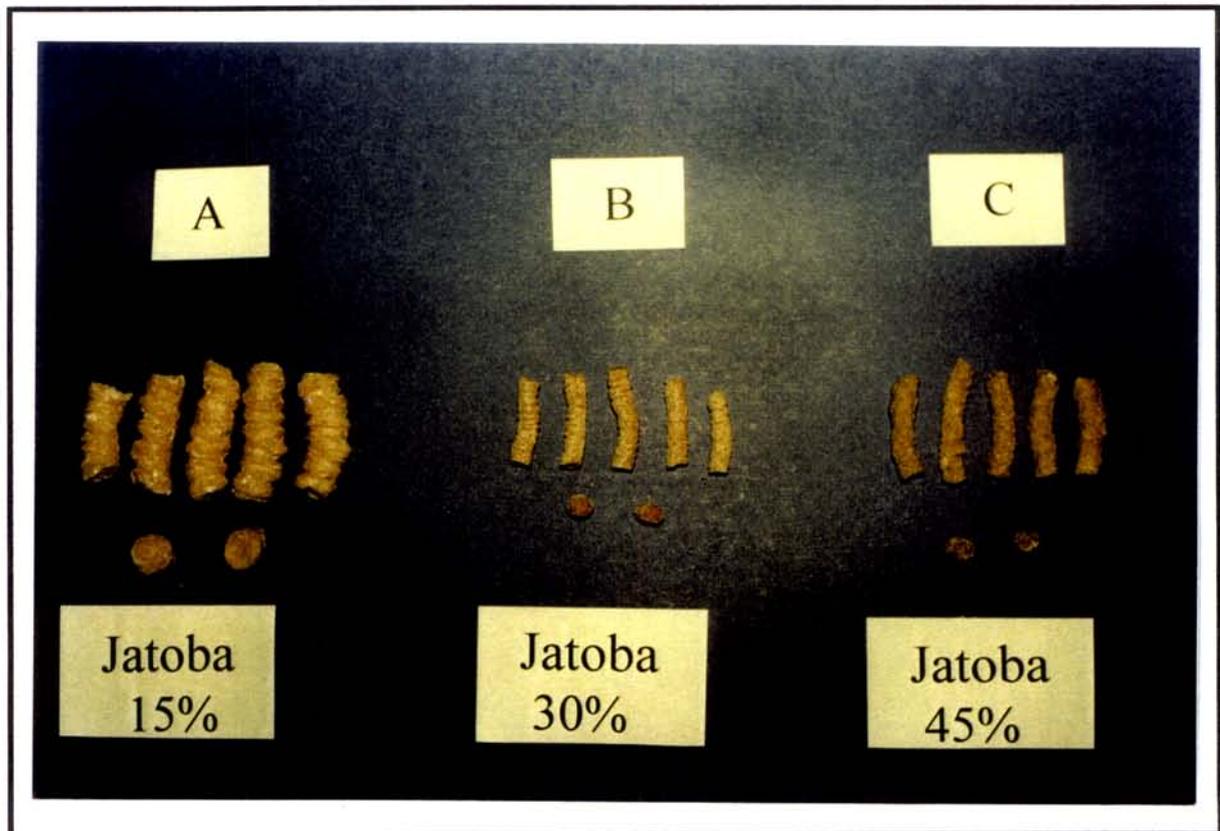
Os resultados do teste de aceitação para sabor e textura das amostras de melhor aparência (Tabela 3) evidenciam níveis modestos de aceitação dos extrusados, com melhor desempenho para as amostras processadas nas condições jatobá:mandioca/umidade/temperatura de 150:850/170/150, que mostraram diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os demais tratamentos.

Como pode ser observado na Figura 4 e Tabela 3 a combinação de jatobá:mandioca/umidade/temperatura de 150:850/170 g kg<sup>-1</sup> /150°C produziu “snacks” com grau de aceitação satisfatório ( $p \leq 0,05$ ), os quais poderão ser melhorados tecnologicamente com a adição de aromatizantes e corantes. Nestas condições os extrusados também apresentaram os maiores índices de expansão e aparência e alto valor de ISA. De fato, de acordo com Colonna *et al.* (1989) a expansão de amido extrusado está relacionado com o aumento da solubilidade do amido.

Na Figura 5 estão apresentados os “snacks” que obtiveram os melhores índices de aparência, onde é possível comparar visualmente algumas características como expansão e aspecto geral.



**Figura 4.** Efeito da concentração de farinha de jatobá na farinha mista e temperatura de extrusão sobre a aparência de “snacks” (1 = desgostei extremamente, 9 = gostei extremamente).



**Figura 5.** Amostras de “snacks” extrusados nas seguintes condições jatobá:mandioca/ umidade (g kg<sup>-1</sup>) /temperatura (°C): A - 150:850/170/150 B - 300:700/200/150, C - 450:550/170/150.

## CONCLUSÕES

A extrusão de misturas de farinha de jatobá e amido de mandioca resultou na produção de “snacks” de diversas características com respeito ao índice de expansão, índices de absorção e de solubilidade em água, viscosidade, aparência, textura e sabor. Estas características foram significativamente influenciadas pelas variáveis independentes, sendo que, a concentração da farinha de jatobá e a temperatura de extrusão foram as mais importantes.

A análise de superfície de resposta e diagramas de contorno revelaram que todas as misturas condicionadas ao conteúdo de umidade de 170 g kg<sup>-1</sup> e processadas a 150° C produziram “snacks” aceitáveis. A utilização de teste de consumidores a nível laboratorial para o desenvolvimento de modelo estatístico preditivo da aceitação das amostras, atendeu de forma muito satisfatória aos objetivos pretendidos, em função da facilidade e rapidez de condução dos testes e também em função do ajuste obtido para o modelo.

Devido ao seu alto teor de fibra alimentar, a farinha de jatobá tem grande potencial como ingrediente alimentar na manutenção da dieta saudável, sendo portanto primordial o desenvolvimento de novos trabalhos para viabilizar o uso mais amplo da farinha de jatobá em produtos alimentares, tais como, pães, biscoitos e bolos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. 1995. *Approved Methods* (9th edn), American Association of Cereal Chemists, Saint Paul, USA
- Almeida, S. P., Silva, J. A, Ribeiro, J. F. 1987. *Aproveitamento alimentar de espécies nativas dos cerrados: araticum, baru, cagaita e jatobá*. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, Brazil
- Anderson, R. A., Conway, H., Pfeifer, V. F., Griffin, E. L. 1969. Gelatinization of corn grits by rool and extrusion cooking. *Cereal Sci. Today* 14(1) 4-7, 11-12.
- Arêas, J. A., Lajolo, F. M. 1980. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas pré-climatéricas. *An. Farm. Quím. S. Paulo*, 20 (1/2) 307-318.
- Arteaga, G. E., Li-Chang, E., Vasquez-Arteaga, M. C., Nakai, S. 1994. Systematic experimental designs for product formula optimization. *Trends Food Sci. Technol.*, 5(8) 243-253

- Artz, W. E., Warren, C., Villota, R. 1990. Twin-screw extrusion modification of corn fiber and corn starch extruded blend. *J. Food Sci.*, **55**(3), 746-754.
- Asp, N. G., Johansson, C. G., Hallmer, H., Siljestrom, M. 1983. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J Agric Food Chem* **31**(3) 476-482.
- Berglund, P. T., Fastnaght, C. E., Holm, E. T. 1994. Physicochemical and sensory evaluation of extruded high-fiber barley cereals. *Cereal Chem.*, **71**(1) 91-95.
- Box, G. E. P., Behnken, D. W. 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables. *Technometrics* **2**(4) 455-475.
- Camire, M. E., Camire, A., Krumhar, K. 1990. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **29**(1) 35-37.
- Camire, M. E., Flint, S. I. 1991. Thermal processing effects on dietary fiber composition and hydration capacity in corn meal, oat meal, and potato peels. *Cereal Chem.*, **68**(6) 645-647.
- Colonna, P., Tayeb, J., Mercier, C. 1989. Extrusion cooking of starch and starchy products. In: *Extrusion cooking*, Ed Mercier C, Linko P, Harper J M, pp 247-319. American Association of Cereal Chemists, Saint Paul, USA
- El-Dash, A. A., Gonzales, R., Ciol, M. 1983. Response surface methodology in the control of thermoplastic extrusion of starch. *J. Food Eng.*, **2**(2) 129-152.
- Faubion, J. M., Hosney, R. C. 1982. High-temperature short-time extrusion cooking of wheat starch and flour. I. Effect of moisture and flour type on extrudate properties. *Cereal Chem.*, **59**(6) 529-533.
- Giovanni, M. 1983. Response surface methodology and product optimization. *Food Technol.* **37**(11) 41-45, 83.
- Gomez, M. H., Aguilera, J. M. 1983. Changes in starch fraction during extrusion-cooking of corn. *J. Food Sci.*, **48**(2)378-381.
- Gujska, E., Khan, K. 1991. Effect of temperature on properties of extrudates from high starch fractions of navy, pinto and garbanzo beans. *J. Food Sci.*, **55**(2) 466-469.
- Hsieh, F., Mulvaney, S. J., Huff, H. E., Lue, S., Brent, J. 1989. Effect of dietary fiber and screw speed on some extrusion processing and product variables. *Lebensm.-w. Technol.*, **22**(4):204-207
- Hudson, C. A., Chiu, M. M., Nucle, K. 1992. Development and characteristics of high fiber muffins with oat bran, rice bran, or barley fiber fractions. *Cereal Foods World*, **37**(5) 373-378.
- Institute of Food Technologists. 1990. Taking the gamble out of product development. *Food Technol.*, **44**(6) 110-117.

- Instituto do Trópico Subúmido-Estação Ciência Mato do Açude. 1992. *Culinária do Cerrado - parte I*. Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Brazil.
- Lorenzi H. 1992. *Árvores brasileiras-manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Plantarum, Piracicaba, Brazil.
- Lue, S., Hsieh, F., Huff, H. E. 1991. Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: effects on expansion properties, starch gelatinization, and dietary fiber content. *Cereal Chem.*, **68**(3), 227-234.
- Mercier, M. 1977. Effect of extrusion-cooking on potato starch using a twin screw French extruder. *Die Stärke*, **29**(2), 48-52.
- Meuser, F., Wiedmann, W. 1989. Extrusion plant design. In: *Extrusion cooking*, Ed Mercier, C., Linko, P., Harper, J. M., pp 91-155. American Association of Cereal Chemists, Saint Paul, USA
- Miller, R. C. 1988. Continuous cooking of breakfast cereals. *Cereal Foods World*, **33**(3) 284-291.
- Moskowitz, H. R. 1994. Product optimization: approaches and applications. In: *Measurement of food preferences*, Macfie, H. J. H., Thomson, D. M. H., pp 97-136. Blackie Academic & Professional, Glasgow, Great Britain.
- Rizzini, C. T. 1971. *Plantas do Brasil árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira*. Edgard Blucher, São Paulo, Brazil
- Stone, H., Sidel, J. L. 1985. Affective testing. In: *Sensory evaluation practices*. pp 227-252 Academic Press, Florida, USA.
- Vilela, E. R., El-Dash, A. A. 1987. Extrusão de farinha de guandú. *Rev. SBCTA* **7**(2):97-116.

## CAPÍTULO 4

### **APLICAÇÃO DA FARINHA DE JATOBÁ (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) NA ELABORAÇÃO DE BISCOITOS TIPO “COOKIE” COM ALTO TEOR DE FIBRA ALIMENTAR: OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÕES POR TESTES SENSORIAIS AFETIVOS**

#### **RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo investigar o aproveitamento da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart) na produção de biscoitos tipo “cookie” com alto teor de fibra alimentar. Inicialmente, a farinha de jatobá foi caracterizada química e nutricionalmente. Em seguida foram elaborados “cookies” com a proporção de farinha mista de trigo e de jatobá de 9:1 e adição de diferentes tipos de açúcares: açúcar mascavo, açúcar mascavo+mél, mél, frutose e açúcar refinado para a formulação controle. Os “cookies” foram avaliados nas suas características físicas e sensoriais. O grau de aceitação dos produtos elaborados e alguns produtos comerciais similares foram avaliados por consumidores potenciais do produto em duas regiões geográficas distintas: Campinas (SP) e Goiânia (GO). A farinha de jatobá apresentou teores de umidade na faixa de 8,44 a 10,9 g/100g e revelou a seguinte composição em base seca: proteínas 6,2±0,1 g/100g, lipídios 4,04±0,08 g/100g, cinzas 3,38±0,03 g/100g, fibra alimentar solúvel 12,6±0,4 g/100g, fibra alimentar insolúvel 36,4±0,3 g/100g, amido 3,1±0,1 g/100g e açúcares 34,28 g/100g. O “cookie” elaborado com farinha mista de trigo e jatobá e açúcar mascavo foi o mais aceito entre os produtos testados. O desenvolvimento e otimização dos “cookies” com níveis suplementares de 10 a 25% de farinha de jatobá foi realizado, obtendo-se biscoitos com alto teor de fibra alimentar e características físicas de qualidade levemente distintas do produto convencional. Biscoitos elaborados com substituição de 10 a 15% de farinha de jatobá mostraram boa aceitação em testes de consumidores realizados a nível laboratorial, apresentando níveis de fibra alimentar significativos, variando entre 7,5 e 8,6 g/100g, respectivamente.

**Palavras-chave:** Jatobá, *Hymenaea stigonocarpa* Mart., biscoito, análise sensorial.

## 1- INTRODUÇÃO

O jatobá-do-cerrado, também conhecido como jataí ou jutaí (*Hymenaea stigonocarpa* Mart), é uma leguminosa arbórea de ocorrência no cerrado e cerradão brasileiro, pertencente à família Leguminosae e subfamília Caesalpinioideae (41, 24). A região dos cerrados abrange aproximadamente uma área de 204 milhões de hectares distribuída principalmente nos Estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia, Piauí, Maranhão e Distrito Federal (41).

A árvore frutifica entre setembro e novembro, fornecendo cerca de 100 a 400 frutos a cada frutificação (41). Os frutos são robustos variando entre 10-20 cm de comprimento por 4-6 cm de largura (37), apresentando polpa seca, farinácea, adocicada, comestível e de sabor e cheiro muito característicos (38). A polpa é consumida “in natura” e na forma de geléia, licor e farinhas para bolo, pães e mingaus (41, 38).

Recentemente, órgãos de pesquisa, ensino, proteção ambiental e extensão rural têm estudado e divulgado o potencial de utilização das espécies dos cerrados e conscientizado os agricultores da sua importância, necessidade de preservação e utilização racional (41).

A exploração econômica do jatobá através do aproveitamento de seus frutos na elaboração de produtos alimentares com valor agregado, representa uma alternativa de significância ecológica, econômica e social para a região dos cerrados. Entretanto, apesar da utilização culinária da farinha de jatobá na região do cerrado, não existem informações científicas disponíveis sobre o seu aproveitamento, a nível industrial havendo assim uma grande necessidade de estudos que caracterizem aspectos químicos e tecnológicos da farinha de jatobá.

A demanda de alimentos processados, prontos para o consumo, apresentando vida de prateleira mais longa, facilidade de transporte, sabor satisfatório e alta qualidade nutricional está aumentando no mundo em função da urbanização e maior participação da mulher no mercado de trabalho (13). Os produtos obtidos por processo de panificação tem sido os itens mais importantes que podem satisfazer estes requerimentos (15).

Em muitas regiões onde o trigo cultivado não produz farinha suficiente para atender o consumo da população, a incorporação de outras farinhas ao trigo é empreendida por razões econômicas (28), sem que se deixe de ressaltar porém, a importância da utilização de uma

farinha que possa oferecer ao consumidor um produto de boa qualidade organoléptica e nutricional (42).

Os produtos suplementados mais frequentemente são pães, biscoitos e bolos. Entre os produtos prontos para consumo, os biscoitos tipo “cookie” possuem vários atrativos como: grande consumo, relativamente longa vida de prateleira e boa aceitação, particularmente entre crianças (46). Recentemente, os biscoitos tipo “cookie” têm sido formulados com a intenção de implementar sua fortificação com fibra ou proteína, devido ao forte apelo nutricional que existe hoje em dia com relação aos alimentos consumidos (21).

A substituição de parte da farinha de trigo por resíduos da indústria de cerveja, farelo de arroz, fibra de milho, grãos destilados, sementes de girassol, farelo de trigo, casca de batata, aveia e “black gram” (*Phaseolus mungo*) tem sido relatado por vários autores na elaboração de “cookies” (22, 21, 8, 35, 10, 23, 7, 14, 32).

Entretanto, para que uma tecnologia adequada seja desenvolvida, é necessário que os alimentos escolhidos para formulação de farinhas compostas sejam pesquisados em relação a composição química e características físicas e nutricionais. Também deve-se observar que, tão importante quanto o potencial nutritivo do alimento a ser utilizado na farinha composta, é que este pertença ao hábito alimentar da cultura onde o produto alimentício será consumido (1).

No processo de desenvolvimento e otimização de um produto os testes afetivos a nível laboratorial são bastante eficientes, visto que, permitem grande controle sobre todos os aspectos das condições do teste, rápido retorno de resultados e seleção das formulações mais competitivas (44)

O presente trabalho teve por objetivo estimar a composição química da farinha de jatobá e investigar seu potencial de utilização na produção de biscoitos tipo “cookie” empregando-se testes sensoriais afetivos para otimizar a formulação do produto final.

## **2 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 - Material**

Os frutos do jatobazeiro (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) foram obtidos por intermédio da Sociedade Ecológica de Jataí do estado de Goiás. A polpa do fruto foi utilizada para

obtenção da farinha de jatobá e as sementes foram desprezadas. A extração da farinha foi feita em aparelho doméstico “Wallita Master”, utilizando-se a peça faca, para moer a polpa do fruto e retirar a semente. Após a extração, a farinha foi passada em peneira com abertura de 0,84 mm e acondicionada em embalagens plásticas seguindo-se estocagem em freezer (- 18°C) até a utilização.

A farinha de trigo comum e os outros produtos utilizados na formulação dos biscoitos foram obtidos no comércio de Campinas, São Paulo. A farinha de trigo foi acondicionada em embalagens plásticas e estocada em câmara fria até a sua utilização.

## **2.2 - Formulação de biscoitos tipo “cookie” suplementados com farinha de jatobá**

Estudos preliminares demonstraram que a mistura de farinha de trigo e de jatobá na proporção de 9:1 produziram biscoitos de melhor qualidade sensorial. Desta forma, farinha composta de trigo e de jatobá na proporção de 9:1, foi inicialmente utilizada para elaboração de quatro formulações de biscoitos tipo “cookie”, contendo diferentes tipos de açúcares: açúcar mascavo, mistura de açúcar mascavo+mél, mél e frutose. A formulação básica ou controle foi elaborada com farinha de trigo e açúcar refinado.

Todas as formulações foram desenvolvidas por modificação da formulação padrão de "sugar-snap cookie" método 10-50 D, descrita pela AACC (3), para avaliação da qualidade de farinha para "cookies", conforme apresentação da Tabela 1. A quantidade total de farinha utilizada em cada fórmula dependeu do teor de umidade da farinha de trigo e da farinha mista e do ajuste conforme Tabela da AACC (3) método 10-50D. A massa foi processada em batedeira elétrica Hobart C-100. Inicialmente a gordura vegetal, açúcar, sal, fermento químico em pó, canela em pó e essência foram misturados a baixa velocidade (n° 2) por três minutos. A seguir adicionou-se água destilada e misturou-se a massa a baixa velocidade por um minuto e a média velocidade (n° 3) por um minuto. Após adição de toda a farinha, a massa foi misturada em velocidade baixa por dois minutos. O teor de umidade do açúcar mascavo e mél foram descontados da quantidade ótima de água a ser adicionada na massa. Após a mistura a massa foi dividida em pequenas porções, estendida com rolo de madeira e moldada com auxílio de forma circular. Os biscoitos foram então assados a 200°C variando-se o tempo de assamento conforme o tipo de açúcar de cada formulação: os biscoitos com açúcar refinado, açúcar mascavo, açúcar mascavo+mél permaneceram 10 minutos no forno, o biscoito com mél, 8

minutos, e o biscoito com frutose, 7 minutos. Desta forma, evitou-se reações adversas nos produtos como escurecimento excessivo e sabor residual amargo.

**Tabela 1.** Formulações de biscoitos tipo “cookie” suplementados com farinha de jatobá e elaborados com diferentes tipos de açúcares

Ingredientes	Tipo de Formulação				
	Controle	Mascavo	Mascavo+Mel	Mel	Frutose
Farinha de trigo <sup>a</sup> (g)	225	202,5	202,5	202,5	202,5
Farinha de jatobá <sup>a</sup> (g)	-	22,5	22,5	22,5	22,5
Açúcar refinado (g)	100	-	-	-	-
Açúcar mascavo (g)	-	100	50	-	-
Mel (g)	-	-	50	120	-
Frutose (g)	-	-	-	-	100
Sal (g)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Gordoura vegetal hidrogenada (g)	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5
Fermento químico (g)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Canela (g)	-	2,0	2,0	2,0	2,0
Essência (ml)	-	1,2 (canela)	1,2 (canela)	1,2 (laranja)	1,2 (limão)
Água destilada (mL)	q. o. <sup>b</sup>	q. o.	q. o.	q. o.	q. o.

<sup>a</sup>Quantidades referentes a farinha de trigo e farinha mista de trigo e jatobá com 14% de umidade, de acordo com Tabela da AACC (3) método 10-50D

<sup>b</sup>q. o. = quantidade ótima: 31 mL de água mais ajuste conforme Tabela da AACC (3) método 10-50D.

A seleção de tipos de açúcares e de essências para a formulação dos biscoitos baseou-se em testes sensoriais preliminares, com aproximadamente 10 pessoas consumidoras dessa classe de produto. Foram testadas 10 receitas utilizando-se açúcar refinado, açúcar mascavo, açúcar mascavo+mel, mel de laranjeira, frutose, e essências de canela, baunilha, laranja, limão e abacaxi. A essência de canela, foi a mais indicada para a formulação de biscoitos desenvolvidos com açúcar mascavo e açúcar mascavo+mel, e as essências de laranja e limão foram as mais indicadas para a formulação de biscoitos com mel e frutose, respectivamente. Devido a grande

variação dos ingredientes complementares de cada fórmula, optou-se por estabelecer uma fórmula controle elaborada com açúcar refinado sem essência e sem adição de farinha de jatobá.

Após o assamento, os biscoitos foram resfriados à temperatura ambiente, acondicionados em sacos pequenos de polipropileno. Estes por sua vez foram selados e acondicionados em sacos maiores de polietileno de alta densidade, que então foram conservados numa caixa de papelão lacrada, até o momento das análises. As análises sensoriais dos biscoitos foram sempre iniciadas no quinto dia após a elaboração do primeiro tipo de biscoito e finalizadas num prazo máximo de treze dias após o preparo dos mesmos.

### **2.3 - Formulação de biscoitos tipo “cookie” com alto teor de fibra alimentar**

Com o objetivo de se desenvolver formulações de biscoitos com altos níveis de fibra, o biscoito que alcançou na etapa anterior (Tabela 1) o melhor nível de aceitação por parte dos consumidores, foi utilizado para incrementar-se a proporção de farinha de jatobá no produto final. Tomando-se como base a formulação (Tabela 1) de maior aceitação, quatro tipos de biscoitos foram elaborados com níveis crescentes de farinha de jatobá na farinha composta (10, 15, 20 e 25%). Uma formulação controle (Tabela 1) com adição de 10% de farinha de jatobá foi também elaborada e utilizada nesta etapa do estudo.

Os biscoitos obtidos com farinha mista com 10 e 15% de farinha de jatobá foram assados a 175°C por 13 minutos e os biscoitos com massa contendo 20 e 25% de farinha de jatobá foram assados a 175°C por 15 minutos. A temperatura e tempo de assamento dos biscoitos foram testados para a obtenção de um produto final com teor de umidade abaixo de 5%.

## **2.4 - Caracterização química**

### **2.4.1 - Farinha de jatobá**

A composição centesimal aproximada da farinha de jatobá foi determinada através dos seguintes procedimentos: o teor de umidade foi determinado em estufa a 105°C até peso constante (20). O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl (9) e convertido em

proteína bruta pelo fator 6,25. As cinzas foram determinadas por incineração a 550°C (9). Os lipídios foram analisados através da técnica descrita por BLIGH & DYER (12).

Os teores de fibra solúvel e insolúvel foram obtidos por método enzimico-gravimétrico (33). A amostra finamente moída foi gelatinizada e submetida a ação de  $\alpha$ -amilase (Sigma nº A-5426) e posteriormente protease (Sigma nº P-3910) e amiloglicosidade (Sigma nº A-9913). A partir deste hidrolisado foram determinados os teores de fibra insolúvel por lavagem em água e acetona e fibra solúvel obtida do filtrado por precipitação com etanol a 98% e filtração com etanol e acetona. A filtração foi realizada com auxílio de lã de vidro. Após secagem o material foi pesado e corrigido pelos teores de proteína e cinzas. A fibra alimentar total foi estimada pela soma dos teores de fibra insolúvel e solúvel.

A determinação enzimática de amido foi feita como descrito por ARÊAS & LAJOLO (4). O amido foi extraído de 1 grama de amostra com adição de uma solução de NaOH 0,5 N para homogeneização, neutralização com solução de ácido acético 0,5 N e centrifugação a 10.000 rpm por 15 minutos com etanol absoluto. Após retirada do etanol e adição de ácido perclórico 0,6 N, foi acrescentado à amostra 1 mL de amiloglicosidase, deixando-se agir a 37°C por 2 horas. Em seguida adicionou-se uma solução de glicose oxidase-peroxidase-ABST [2, 2'-azino-bis(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulfonic acid)] a 37°C deixando-se agir por 15 minutos. Procedeu-se então a dosagem da glicose livre contra curva padrão de glicose através de leitura em espectrofotômetro a 450 nm. A curva padrão variou de 5 a 30  $\mu$ g de glicose/ml da solução final. Para a conversão de glicose em amido, multiplicou-se a concentração final de glicose por 0,9.

O teor de açúcar da farinha de jatobá foi determinado pelo cálculo da diferença entre 100 gramas de farinha e a soma total dos valores encontrados para proteínas, lipídios, cinzas, fibra alimentar total e amido.

#### 2.4.2 - Biscoitos tipo "cookie" com alto teor de fibra alimentar

Os biscoitos com alto teor de fibra alimentar que apresentaram níveis de aceitação satisfatório foram submetidos as seguintes análises: nitrogênio determinado pelo método de Kjeldahl e convertido em proteína bruta multiplicando-se pelo fator 6,25 (9), lipídios totais, cinzas, fibra solúvel e insolúvel determinados respectivamente conforme os métodos de BLIGH & DYER (12), AOAC (9) e PROSKY et al. (33), anteriormente descritos. O teor de

açúcares foi obtido por diferença. Para a análise de fibra alimentar a amostra foi desengordura e depois corrigida para os teores de proteína, cinzas e lipídios. As análises foram realizadas em triplicata, com exceção da análise de fibra alimentar que foi feita em quadruplicata. Quatro a cinco unidades de biscoito de cada tipo foram escolhidas aleatoriamente e trituradas em liquidificador doméstico, por 60 segundos, para a obtenção das amostras necessárias a realização das análises.

## **2.5 - Caracterização física dos biscoitos tipo “cookie” suplementados com farinha de jatobá e com alto teor de fibra alimentar**

As análises físicas dos biscoitos compreenderam os procedimentos descritos no macro método 10-50D da AACC (3) para determinação do peso dos biscoitos antes e após assamento, diâmetro, espessura e fator de expansão. O diâmetro dos biscoitos foi determinado com régua de escala milimetrada e a espessura com paquímetro. Estas análises foram conduzidas com seis biscoitos provenientes de uma mesma fornada amostrados de forma aleatória. O conjunto de seis biscoitos foi medido duas vezes em diferentes posições. Três formas com seis biscoitos foram utilizadas para as determinações do rendimento, diâmetro e espessura, assim que os biscoitos atingiram a temperatura ambiente, após saírem do forno. O fator de expansão foi determinado pela razão entre os valores de diâmetro e espessura dos biscoitos, corrigindo-se pela altitude e pressão barométrica ao nível do mar, conforme tabela da AACC (3) método 10-50D.

O volume específico foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço. O biscoito a ser analisado foi colocado no centro de uma cápsula de alumínio e abaixo de um funil de vidro apoiado em tripé. As sementes de painço foram despejadas através do funil e recolhidas abaixo até o transbordamento na cápsula de alumínio, previamente tarada com semente de painço. Em seguida a cápsula foi nivelada com o auxílio de uma régua e o volume do painço presente na cápsula foi medido através de proveta, sem a presença do biscoito. O volume específico foi calculado conforme a seguinte equação:

$$\text{Volume específico (cm}^3\text{/g)} = \text{Volume do biscoito (cm}^3\text{)}/\text{peso do biscoito (g)}$$

$$\text{Volume do biscoito} = \text{Volume da cápsula (cm}^3\text{)} - \text{Volume da cápsula com biscoito}$$

A determinação do volume específico foi feita um dia após a elaboração das fórmulas, com oito repetições.

O teor de umidade dos biscoitos após o processamento foi determinado em estufa a 105°C até peso constante (20). Amostras escolhidas aleatoriamente foram trituradas em liquidificador doméstico. Em seguida três gramas foram pesadas e submetidas a secagem após acondicionamento em recipiente pesa filtro.

As determinações de textura dos biscoitos foram realizadas em analisador de textura TAXT2, utilizando-se lâmina de aço retangular (“blade Warner Bratzler & reversible”) para cortar o biscoito ao meio, disposto horizontalmente numa plataforma, com o fim de se determinar a força de ruptura ou quebra. Utilizou-se velocidade pré-teste e pós-teste de 2,0 mm/s, distância de 30 mm e força “threshold” 20 g. Foram realizadas dez determinações de cada formulação, no décimo terceiro dia após a sua elaboração. As amostras analisadas foram selecionadas de forma aleatória.

O colorímetro Minolta CHROMA METER CR-300 foi utilizado para as determinações dos parâmetros: L (luminosidade), a+(vermelho) e b+(amarelo), após padronização do mesmo com fonte de luz tipo C (luz média do dia), ângulo do observador de 10°C e specular incluída. As análises foram realizadas em triplicata, tomando-se para cada biscoito, a média de três repetições em regiões distintas.

## **2.6 - Aceitabilidade dos biscoitos tipo “cookie” suplementados com farinha de jatobá e com alto teor de fibra alimentar**

O grau de aceitação dos biscoitos formulados com diferentes tipos de açúcares foi avaliado utilizando-se teste afetivo a nível laboratorial (44), e consumidores potenciais do produto, estratificados em função da região geográfica: Goiânia (GO) e Campinas (SP).

Quarenta e um consumidores potenciais do produto da região de Campinas e trinta da região de Goiânia, avaliaram de forma monádica, o quanto gostaram ou desgostaram de cada formulação preparada, utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos (Figura 1). Os provadores foram selecionados em função de consumirem biscoitos tipo “cookie”, disponibilidade e interesse em participar do teste.

Além das formulações elaboradas com farinha mista de trigo e jatobá e diferentes tipos de açúcares, foram avaliadas na região de Campinas, seis formulações comerciais de fabricantes nacionais e internacionais: biscoito de fibra e mel, biscoito de germen e mel, biscoito amanteigado adoçado com frutose, biscoito de coco ralado, biscoito de fibra, biscoito

de mel. A composição de cada biscoito conforme foi fornecida pelos fabricantes está apresentada na Tabela 2. Em Goiânia apenas a formulação comercial de biscoito de fibra e mel foi avaliada juntamente com as formulações contendo farinha de jatobá.

Nome: _____		Data: _____	
1. Prove a amostra codificada de biscoito tipo “cookie” e avalie o quanto você gostou ou desgostou da mesma utilizando a escala abaixo.			
9. Gostei muitíssimo			
8. Gostei muito			
7. Gostei moderadamente			
6. Gostei levemente			
5. Indiferente			
4. Desgostei levemente			
3. Desgostei moderadamente			
2. Desgostei muito			
1. Desgostei muitíssimo			
Nº da amostra: _____		Valor: _____	
2. Descreva o que você mais gostou e o que você menos gostou na amostra			
Mais gostou _____			
Menos gostou _____			
3. Se você encontrasse este biscoito a venda você:			
<input type="checkbox"/> certamente compraria			
<input type="checkbox"/> possivelmente compraria			
<input type="checkbox"/> talvez comprasse/talvez não comprasse			
<input type="checkbox"/> possivelmente não compraria			
<input type="checkbox"/> certamente não compraria			
4. Outros comentários:			

**Figura 1.** Ficha de avaliação sensorial das amostras de biscoito tipo “cookie” (degustação).

A aparência de cada formulação foi julgada em blocos completos de forma independente das características de aroma, sabor e textura. Os provadores avaliaram a aparência das formulações dispostas em prato de fundo branco, codificados com número de três dígitos, iluminados por luz natural do dia. Para a degustação as formulações foram

servidas em pratos de fundo preto, codificados com números de três dígitos e avaliadas de forma monádica em cabines individuais, iluminadas com luz vermelha.

**Tabela 2.** Composição química aproximada dos biscoitos comerciais avaliados sensorialmente em Campinas junto com os biscoitos elaborados com farinha de jatobá.

Tipo de Biscoito	Composição Química (%) <sup>1</sup>
Fibra e mel	7,0% proteínas, 22,2% lipídios, 49% carboidratos totais, 2,6% sais minerais, 17,1% fibra alimentar
Gérmem e mel	13,52% proteínas, 67,02% carboidratos, 2,17% sais minerais e 8-10% fibra alimentar
Amanteigado	6,25% proteínas, 25% lipídios, 62,5%5 carboidratos, 1,56% fibra alimentar
Coco ralado	4,9% proteínas, 26,2% lipídios, 65,8% carboidratos
Fibra	6,9% proteínas, 19,4% lipídios, 48,6% carboidratos, 8,4% fibra alimentar
Mel	6,85% fibra alimentar

<sup>1</sup>Conforme especificações do fabricante.

A aceitação dos biscoitos contendo alto teor de fibra foi avaliada na cidade de Campinas por 35 consumidores potenciais do produto, através de escala hedônica estruturada de 9 pontos, conforme descrição anterior.

## 2.7 - Análise estatística

Os resultados dos testes de aceitação da formulação controle e seis biscoitos elaborados com farinha de jatobá e diferentes tipos de açúcares foram analisados inicialmente por análise de variância (ANOVA) com três fontes de variação: Região Geográfica, Formulações, Provedores e interação região geográfica x formulações. Posteriormente os dados foram desagregados e os resultados de cada região geográfica foram analisados individualmente através de: i) ANOVA com fontes de variação: Formulações e Provedores, ii) teste de média (Tukey), iii) histograma de frequência (grau de aceitação x porcentagem de provedores) e iv) análise multivariada de “Mapa de Preferência” (25).

Por ser um teste realizado a nível laboratorial, com um pequeno número de provedores relacionados apenas pelos critérios de consumo, disponibilidade e interesse em participar dos

testes, as significâncias estatísticas obtidas nos testes de aceitação, se limitam às equipes de provadores que participaram do teste.

Os resultados dos testes químicos e físicos foram analisados através de análise de variância e teste de Tukey a nível de 5% de significância, para comparação das médias.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - Composição centesimal aproximada da farinha de jatobá

A farinha de jatobá apresentou teores de umidade na faixa de 8,44 a 10,9 g/100g e revelou a seguinte composição em base seca: proteínas  $6,2 \pm 0,1$  g/100g, lipídeos  $4,04 \pm 0,08$ g/100g, cinzas  $3,38 \pm 0,03$  g/100g, fibra alimentar solúvel  $12,6 \pm 0,4$  g/100g, fibra alimentar insolúvel  $36,4 \pm 0,3$  g/100g, amido  $3,1 \pm 0,1$  g/100g e açúcares 34,28 g/100g.

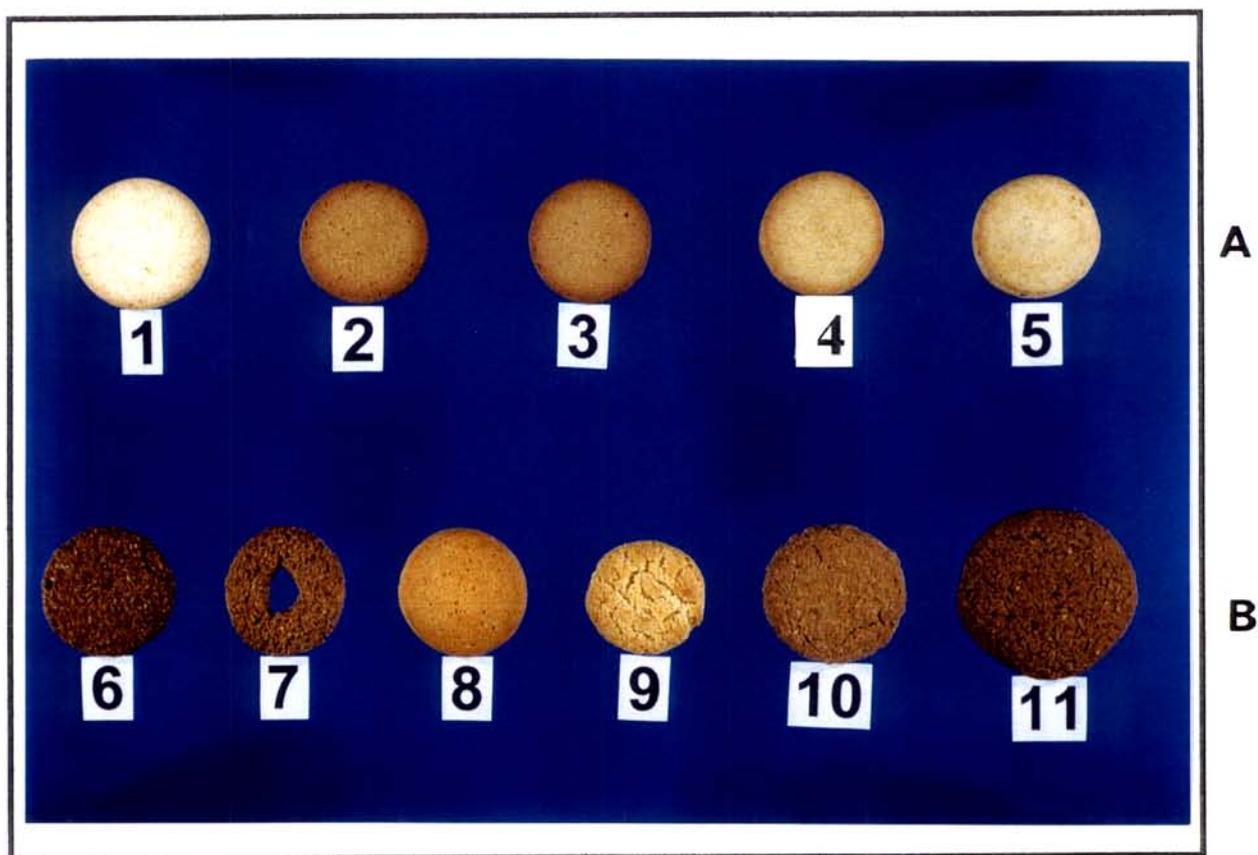
Segundo DESHPANDE & DAMODARAN (16) as leguminosas são caracterizadas geralmente pelo conteúdo relativamente alto de proteína, o qual varia entre 17 e 50% de base seca e a reserva do cotilédone é primariamente composta por carboidratos, exceto para as leguminosas oleaginosas que contém de 15 a 50% de lipídios. Para REDDY et al. (36) os teores de carboidratos totais em leguminosas podem oscilar na faixa de 24-68%, dos quais o amido se apresenta em maior quantidade e varia de 24 a 56,5%. Entretanto, a soja e o lupino apresentam baixo conteúdo de amido, variando entre 0,2 a 3,5%. SILJESTROM & BJORCK (40) encontraram em ervilha e feijões enlatados, os teores de fibra alimentar de 19,8 a 30,1g/100g em base seca. MÉNDEZ et al. (27) analisaram o conteúdo de fibra alimentar de feijões, ervilha, “chickpea” e lentilha e obtiveram valores entre 7,51 a 12,33 g/100 g em base seca. Assim, os teores de nutrientes presentes na farinha de jatobá, apresentaram diferenças marcantes quando comparados com a composição de outras leguminosas, com ênfase para o elevado teor de fibra e açúcares, baixo conteúdo de lipídios, proteínas e amido da farinha de jatobá.

Esta diferença de composição química do jatobá e outras leguminosas, pode ser devido ao fato de que no jatobá, o material comestível refere-se à polpa do fruto, enquanto o material comestível das outras leguminosas refere-se às sementes.

Os resultados do farinograma e extensograma da farinha de trigo e das farinhas mistas de trigo e jatobá estão apresentados em anexo 3.

### 3.2 - Caracterização física dos biscoitos tipo "cookie" suplementados com farinha de jatobá

Os biscoitos formulados com farinha mista de trigo e jatobá e os biscoitos comerciais estão apresentados na Figura 2A e 2B, respectivamente.



**Figura 2** A - Biscoitos tipo "cookie" formulados: 1 - fórmula controle, 2 - jatobá e açúcar mascavo, 3 - jatobá e açúcar mascavo+mel, 4 - jatobá e mel, 5 - jatobá e frutose; B - biscoitos comerciais: 6 - fibra+mel, 7 - gérmen+mel, 8 - amanteigado, 9 - coco ralado, 10 - biscoito de fibra, 11 - mel+fibras.

Os resultados das análises físicas dos biscoitos elaborados com farinha mista de trigo e jatobá e com diferentes tipos de açúcares estão apresentados na Tabela 3.

Embora o rendimento, baseado no peso dos biscoitos antes e após o forno, da formulação controle tenha sido levemente menor não houve diferença significativas ( $p < 0,05$ ) entre as fórmulas com relação a este parâmetro.

**Tabela 3.** Médias das características físicas dos biscoitos tipo “cookie” suplementados com farinha de jatobá e elaborados com diferentes tipos de açúcares

Parâmetros Físicos Avaliados	Tipo de Biscoito <sup>2</sup>				
	Controle	Mascavo	Mascavo+mel	Mel	Frutose
Peso antes do forno (g) <sup>1</sup>	62,27 <sup>a</sup>	065,38 <sup>a</sup>	65,67 <sup>a</sup>	63,46 <sup>a</sup>	63,21 <sup>a</sup>
Peso após forno (g) <sup>1</sup>	52,82 <sup>a</sup>	56,99 <sup>a</sup>	57,36 <sup>a</sup>	56,33 <sup>a</sup>	57,19 <sup>a</sup>
Umidade (g/100g)	4,09 <sup>c</sup>	7,02 <sup>b</sup>	6,45 <sup>d</sup>	6,6 <sup>c</sup>	8,9 <sup>a</sup>
Força de quebra (g)	5348,9 <sup>c</sup>	12838,6 <sup>a</sup>	8787,5 <sup>c</sup>	10495,6 <sup>b</sup>	7105,5 <sup>d</sup>
Diâmetro (mm)	45,4 <sup>a</sup>	41,6 <sup>b,c</sup>	40,9 <sup>c</sup>	41,6 <sup>b,c</sup>	42,0 <sup>b</sup>
Espessura (mm)	8,9 <sup>b</sup>	9,9 <sup>a</sup>	10,1 <sup>a</sup>	9,8 <sup>a</sup>	9,5 <sup>a,b</sup>
Fator de expansão	5,03 <sup>a</sup>	4,17 <sup>b</sup>	4,01 <sup>b</sup>	4,17 <sup>b</sup>	4,32 <sup>b</sup>
Volume específico (cm <sup>3</sup> /g)	1,20 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,18 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>
L (luminosidade)	75,74 <sup>a</sup>	56,45 <sup>c</sup>	55,27 <sup>c</sup>	63,89 <sup>b</sup>	66,19 <sup>b</sup>
a+ (vermelho)	1,04 <sup>b</sup>	5,96 <sup>a</sup>	7,43 <sup>a</sup>	5,56 <sup>a</sup>	2,34 <sup>b</sup>
b+(amarelo)	26,61 <sup>a</sup>	27,60 <sup>a</sup>	26,14 <sup>a</sup>	26,14 <sup>a</sup>	26,58 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Valores correspondentes ao peso de seis “cookies”

<sup>2</sup> Numa mesma linha, médias com letra em comum, não diferem significativamente ( $p < 0,05$ )

As amostras diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) quanto ao teor de umidade (Tabela 3). A formulação básica apresentou o menor teor de umidade e a fórmula elaborada com frutose o teor mais alto, possivelmente porque conforme relatou HENRY (19), os açúcares dextrose e frutose, geralmente utilizados em panificação, são mais higroscópicos que a sacarose. Os teores de umidade mais altos encontrados nos biscoitos elaborados com farinha

mista de trigo e jatobá com relação ao controle, também podem ser atribuídos à mais alta higroscopicidade dos materiais fibrosos presentes na farinha de jatobá.

A força de quebra do biscoito preparado com frutose foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) do que a força necessária para a quebra do biscoito controle e menor do que os demais biscoitos (Tabela 3). Esses resultados revelaram que a formulação controle foi a menos dura.

Para GAINES et al. (18) a textura é um elemento importante na qualidade do biscoito, afetando diretamente a aceitação dos consumidores e as vendas. Desta forma, as diferenças com relação à força de quebra encontradas entre as formulações de biscoitos desenvolvidos no presente estudo, sugerem produtos com diferentes níveis de crocância e de qualidade.

MATZ citado por SANCHEZ et al. (39) descreveu a textura de “cookies” como uma combinação do tamanho e forma da estrutura do miolo, do conteúdo e gradiente de umidade e do “stress” interno produzido durante o processamento e resfriamento do produto. As diferenças na textura encontradas nas várias formulações foram, possivelmente, influenciadas pela composição das fórmulas além do teor de umidade. É provável que as fibras presentes na farinha de jatobá tenham contribuído para um aumento da dureza do biscoito com relação à fórmula controle.

Por outro lado, a dureza de biscoitos também ocorre como o resultado do comportamento do açúcar durante o aquecimento no forno. O açúcar dissolve-se na água da massa para formar uma solução altamente concentrada, quando o produto resfria após sair do forno, esta solução solidifica-se tornando-se um material duro, amorfo e vítreo, conferindo ao produto uma textura crocante (45). Desta forma, o fato de que os biscoitos suplementados com farinha de jatobá tenham sido formulados com diferentes tipos de açúcares, concorre para que eles apresentem durezas diferentes (Tabela 3).

O diâmetro e expansão de “sugar-snap cookie” têm sido utilizados para prever a qualidade dos produtos (17). Biscoitos com fator de expansão muito alto ou muito baixo causam problemas na indústria, resultando em produtos com tamanho pequeno ou peso muito elevado (26).

O efeito das diferentes fórmulas sobre o diâmetro, espessura e fator de expansão dos biscoitos elaborados no presente estudo foi significativo ( $p < 0,05$ ). A fórmula controle

apresentou maior diâmetro, menor espessura e mais alto fator de expansão, embora a espessura da fórmula elaborada com frutose não tenha diferido ( $p < 0,05$ ) do controle (Tabela 3).

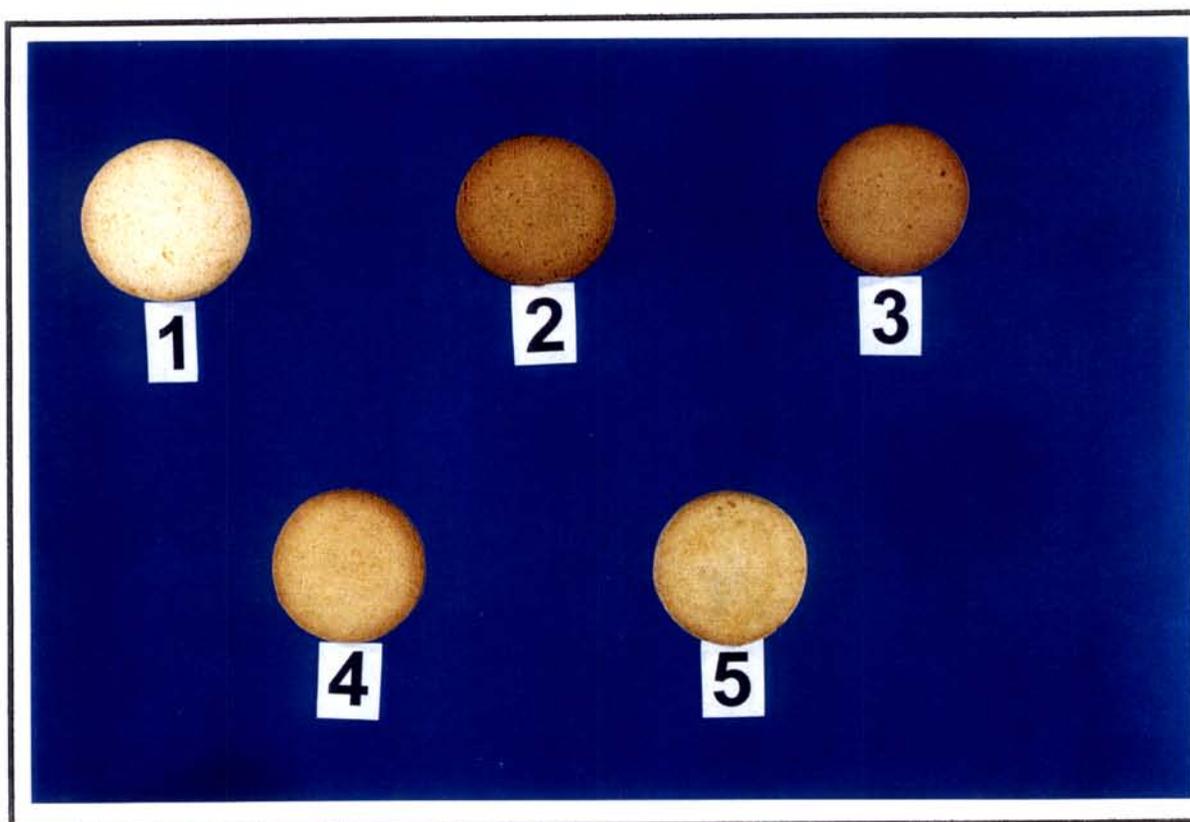
Açúcar de menor granulação é mais eficaz em aumentar o fator de expansão (29, 43, 47). Possivelmente, o açúcar refinado da fórmula controle e a frutose em pó influenciaram positivamente o fator de expansão, justificando os resultados encontrados na Tabela 3. De fato, a adição de glicose e frutose associada com substitutos de gordura e umidade alta no sistema, podem produzir biscoitos com menor expansão e maior maciez (5). Segundo ARNDT & WEHLING (6) a diminuição da expansão decorrente do aumento da concentração de xaropes que não contém sacarose em “sugar snap cookie” pode estar associada ao abaixamento da temperatura em que ocorre a transição vítrea do glúten de trigo.

De acordo com ODORICA-FALOMIR & PAREDES-LÓPES (30) a farinha ou qualquer outro ingrediente, os quais absorvem água durante a mistura da massa poderão reduzir o fator de expansão. É provável que, as fibras provenientes da farinha de jatobá tenham, também, contribuído para a diminuição do fator de expansão nas formulações elaboradas com farinha composta.

Entretanto, RASCO et al. (35) encontraram efeito variável de diferentes materiais ricos em fibras sobre o fator de expansão de “sugar-snap cookie”. Esses pesquisadores reportaram que mesmo biscoitos preparados com grãos de cevada apresentaram expansão mais alta do que o biscoito controle.

Não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o volume específico dos biscoitos elaborados (Tabela 3).

As fórmulas elaboradas com farinha mista de trigo e jatobá e açúcar mascavo apresentaram coloração mais escura como pode ser indicado pelos valores mais baixos de L e mais altos da dimensão vermelho-verde (a) na Tabela 3 e Figura 3. As amostras foram similares em relação aos valores atribuídos à dimensão amarelo-azul (b).



**Figura 3.** Biscoitos tipo “cookies” elaborados: 1 - fórmula básica, 2 - jatobá e açúcar mascavo, 3 - jatobá e açúcar mascavo e mel, 4 - jatobá e mel, 5 - jatobá e frutose.

### **3.3 - Aceitação dos biscoitos tipo “cookie” suplementados com farinha de jatobá**

A ANOVA dos dados agregados (Campinas e Goiânia) de degustação e aparência para as seis fórmulas (5 formulados e uma fórmula comercial) revelou diferença significativa da aceitação das amostras ( $p < 0,05$ ) em função da formulação e das regiões onde os biscoitos foram degustados (Campinas e Goiânia). A diferença encontrada entre regiões sugere que pelo menos alguns biscoitos foram melhor aceitos em uma região que em outra. Não houve interação significativa de região vs. formulação ( $p < 0,05$ ) para ambas as variáveis avaliadas: degustação e aparência, indicando que de um modo geral, os biscoitos mais aceitos em Campinas foram também os mais aceitos em Goiânia e os menos aceitos em Campinas foram também os menos aceitos em Goiânia. Uma vez que, não ocorreu interação significativa ( $p < 0,05$ ) de região vs. formulação para os dados fornecidos pelos provadores das cidades de Campinas e Goiânia, optou-se por analisar os dados tanto conjuntamente como também de forma isolada.

Os resultados agregados do teste de média para degustação e aparência das regiões de Campinas e Goiânia estão apresentados na Tabela 4

**Tabela 4.** Médias dos escores de aceitação de biscoitos tipo “cookie” com relação a degustação e aparência, atribuídas por consumidores potenciais das regiões de Campinas e Goiânia.

Tipo de Biscoito	Degustação (escores) <sup>1,2</sup>	Aparência(escores) <sup>1,2</sup>
Fórmula controle	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
Mascavo	6,4 <sup>b</sup>	5,6 <sup>b, c</sup>
Mascavo+mel	6,2 <sup>b</sup>	5,8 <sup>b</sup>
Mel	5,6 <sup>b, c</sup>	6,8 <sup>a</sup>
Frutose	6,2 <sup>b</sup>	6,8 <sup>a</sup>
Fibra+mel (comercial)	5,0 <sup>b, c</sup>	4,9 <sup>b, c</sup>

<sup>1</sup> Numa mesma coluna médias com letra em comum não diferem significativamente entre si (p<0,05).

<sup>2</sup> Escores 1 = desgostei muitíssimo, 5 = nem gostei nem desgostei, 9 = gostei muitíssimo.

De acordo com a Tabela 4, a fórmula básica ou controle foi a mais aceita com relação a suas características de degustação e diferiu significativamente (p<0,05) dos demais biscoitos. Entre os biscoitos elaborados com farinha mista de trigo e jatobá, a formulação com açúcar mascavo foi a que obteve maiores valores de aceitação após degustação, porém não diferiu significativamente (p<0,05) das demais fórmulas preparadas.

Os resultados do teste de média para aparência (Tabela 4) quando relacionados com os resultados do teste instrumental de cor (Tabela 3) revelaram que as fórmulas de coloração mais clara (Figura 4) apresentaram melhor nível de aceitação do que as fórmulas mais escuras. A formulação básica foi a mais aceita quanto à aparência, entretanto, não diferiu significativamente (p<0,05) dos resultados dos biscoitos com mel e frutose, provavelmente, por apresentarem coloração mais clara.

Os resultados do teste de média de aceitação realizados na cidade de Campinas, relativos às características de degustação e aparência para as cinco formulações de biscoitos elaborados no presente estudo e seis biscoitos comerciais, estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Médias dos escores de aceitação de biscoitos tipo “cookie” com relação a degustação e aparência atribuídos por consumidores potenciais da região de Campinas

Tipo de Biscoito	Degustação (escores) <sup>1, 2</sup>	Aparência (escores) <sup>1, 2</sup>
Fórmula controle	8,1 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a, b</sup>
Mascavo <sup>3</sup>	6,4 <sup>b, c</sup>	6,0 <sup>b, c, d, e</sup>
Mascavo+mel <sup>3</sup>	6,1 <sup>b, c</sup>	5,6 <sup>c, d, e</sup>
Mel <sup>3</sup>	5,2 <sup>c, d, e</sup>	6,1 <sup>a, b, c</sup>
Frutose <sup>3</sup>	5,8 <sup>c, d, e</sup>	6,5 <sup>a, b, c</sup>
Fibra+mel	4,7 <sup>c</sup>	4,7 <sup>c</sup>
Gérmem+mel	5,8 <sup>c, d, e</sup>	5,8 <sup>b, c, d, e</sup>
Amanteigado	6,5 <sup>b, c</sup>	7,4 <sup>a</sup>
Coco ralado	8,0 <sup>a</sup>	5,3 <sup>c, d, e</sup>
Biscoito de Fibras	7,3 <sup>a, b</sup>	5,0 <sup>d, e</sup>
Mel+fibras	7,1 <sup>a, b</sup>	6,1 <sup>a, b, c, d</sup>

<sup>1</sup> Numa mesma coluna médias com letra em comum não diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ).

<sup>2</sup> Escores 1 = desgostei muitíssimo, 5 = nem gostei nem desgostei, 9 = gostei muitíssimo.

<sup>3</sup> Formulações suplementadas com farinha de jatobá.

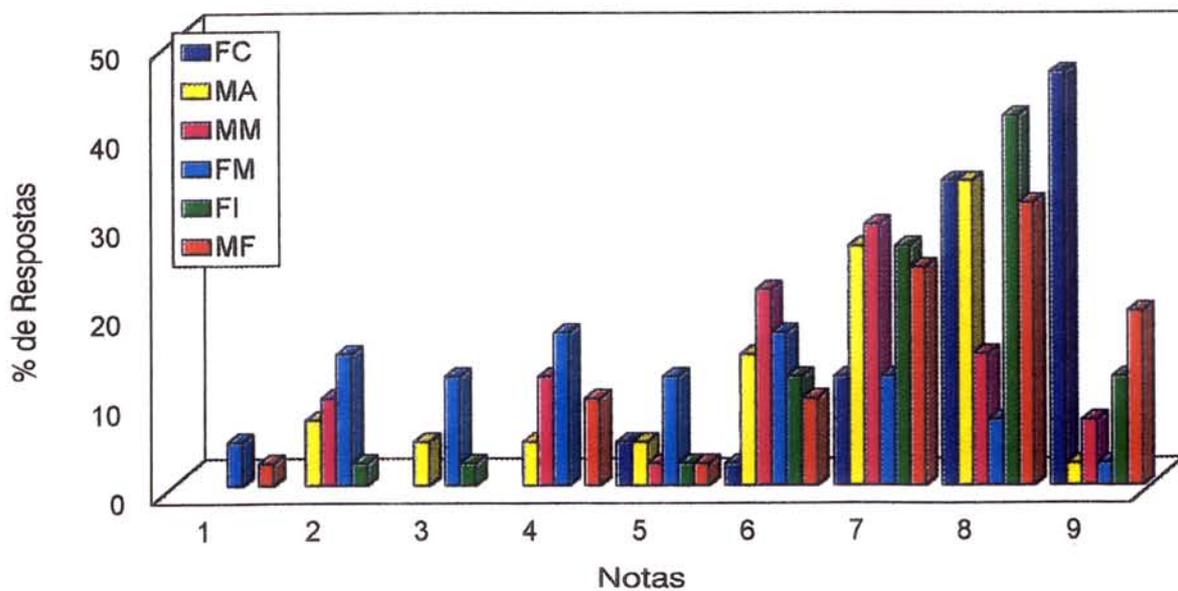
Verifica-se que a fórmula controle foi a mais aceita com relação às suas características de degustação diferindo significativamente dos biscoitos comerciais: gérmem+mel, amanteigado, e mel+fibra. Por outro lado, os biscoitos formulados com farinha de jatobá e açúcar mascavo e também o biscoito formulado com farinha de jatobá e açúcar mascavo+mel, foram bem aceitos quanto as suas características de degustação, não tendo diferido significativamente ( $p < 0,05$ ) de nenhum dos biscoitos comerciais (Tabela 5). O biscoito comercial fibra+mel foi o menos aceito em função das características inerentes a degustação, não tendo diferido significativamente do biscoito comercial gérmem+mel, e dos biscoitos formulados com farinha mista de jatobá e mel e farinha mista de jatobá e frutose (Tabela 5).

A fórmula controle também não mostrou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) com relação à aceitação da aparência dos biscoitos comerciais amanteigado e mel+fibras (Tabela 5) não diferindo também dos biscoitos formulados com farinha de jatobá e açúcar mascavo, farinha de jatobá e mel e, farinha de jatobá e frutose.

O biscoito comercial fibra+mel foi novamente o menos aceito, embora não tenha ocorrido diferença significativa ( $p < 0,05$ ) dos dados de aparência do biscoito formulado com farinha mista de jatobá e açúcar mascavo, farinha de jatobá e açúcar mascavo+mel, e também dos biscoitos comerciais gérmen+mel, coco ralado e de fibra.

De um modo geral, os resultados mostrados na Tabela 5, sugerem que os biscoitos elaborados com farinha mista contendo jatobá e açúcar mascavo, foram bem aceitos, não diferindo significativamente ( $p < 0,05$ ) de grande parte dos biscoitos similares já comercializados na região de Campinas.

A Figura 4 mostra o histograma de frequência do teste de aceitação da região de Campinas para as variáveis inerentes à degustação de alguns biscoitos testados: biscoitos formulados com farinha de jatobá que apresentaram maior aceitação e biscoitos comerciais que apresentaram valores extremos de aceitação



**Figura 4.** Histograma de frequência dos dados de degustação da região de Campinas: FC - fórmula controle, MA - açúcar mascavo, MM - mascavo+mel, FM - fibra+mel, FI biscoito de fibras, MF mel + fibras (1 = desgostei muitíssimo, 5 = nem gostei/nem desgostei, 9 = gostei muitíssimo).

Como pode ser observado na Figura 4, os dados de histograma estão de acordo com as médias de aceitação mostrados na Tabela 5, confirmando que as formulações contendo farinha de jatobá e açúcar mascavo, farinha de jatobá e açúcar mascavo+mel foram bem aceitas com relação às características relacionadas com a degustação, pela maioria dos provadores. Na verdade, cerca de 63,42 e 51,22% dos provadores relataram ter gostado moderadamente ou mais dos biscoitos com farinha mista de jatobá e açúcar mascavo e farinha de jatobá e mascavo+mel, respectivamente.

Por ter sido realizado a nível laboratorial, com um pequeno número de consumidores selecionados em função de disponibilidade e interesse, o teste afetivo realizado em Campinas oferece resultados cujos significados estatísticos se referem tão somente a equipe sensorial utilizada. Porém, ainda assim, dentro das reconhecidas limitações dos testes a nível laboratorial, os resultados obtidos em Campinas sugerem que os biscoitos elaborados com farinha mista de trigo e jatobá foram bem aceitos e que o biscoito tipo “cookie” pode ser viável em termos de aceitação pelo mercado consumidor no que se refere às características sensoriais dos produtos.

Os resultados do teste de média para degustação e aparência dos cinco tipos de biscoitos elaborados e uma formulação comercial, obtidos na região de Goiânia estão apresentados na Tabela 6 e o histograma de frequência na Figura 5.

Da mesma forma que na região de Campinas, a fórmula controle foi a mais aceita em função de suas características de degustação ( $p < 0,05$ ) seguida pelas fórmulas elaboradas com farinha de jatobá e frutose, da qual o controle não diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ). As formulações contendo farinha mista de trigo e jatobá, não diferiram significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) à semelhança dos resultados dos testes afetivos realizados em Campinas.

Também na região de Goiânia, pode-se observar que as médias de aceitação dos biscoitos formulados com farinha de jatobá, correspondem aos intervalos da escala hedônica marcados pelos termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” e são competitivos com relação a um biscoito comercial encontrado na região de Campinas (Tabela 6, Figura 5). Com respeito a aparência, a fórmula controle e aqueles biscoitos contendo farinha mista de jatobá e frutose, mel e mascavo+mel foram os mais aceitos e não diferiram entre si significativamente ( $p < 0,05$ ). Suas médias de aceitação correspondem ao termo hedônico “gostei muito”.

**Tabela 6.** Médias dos escores de degustação e aparência atribuídos por consumidores potenciais das regiões de Goiânia

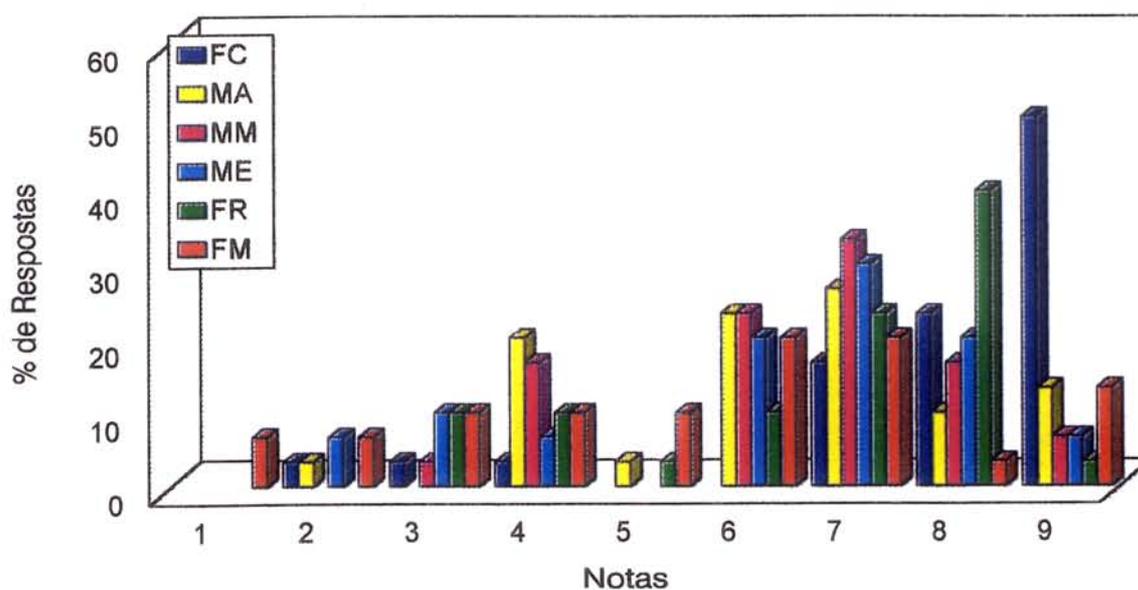
Tipo de Biscoito	Degustação (escores) <sup>1,2</sup>	Aparência (escores) <sup>1,2</sup>
Fórmula controle	7,8 <sup>a</sup>	7,1 <sup>a</sup>
Mascavo <sup>3</sup>	6,3 <sup>b</sup>	5,1 <sup>b</sup>
Mascavo+mel <sup>3</sup>	6,4 <sup>b</sup>	6,1 <sup>a, b</sup>
Mel <sup>3</sup>	6,2 <sup>b</sup>	7,2 <sup>a</sup>
Frutose <sup>3</sup>	6,6 <sup>a, b</sup>	7,2 <sup>a</sup>
Fibra+mel (comercial)	5,5 <sup>b</sup>	5,1 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Numa mesma coluna médias com letra em comum não diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ).

<sup>2</sup> Escores 1 = desgostei muitíssimo, 5 = nem gostei nem desgostei, 9 = gostei muitíssimo.

<sup>3</sup> Formulações suplementadas com farinha de jatobá.

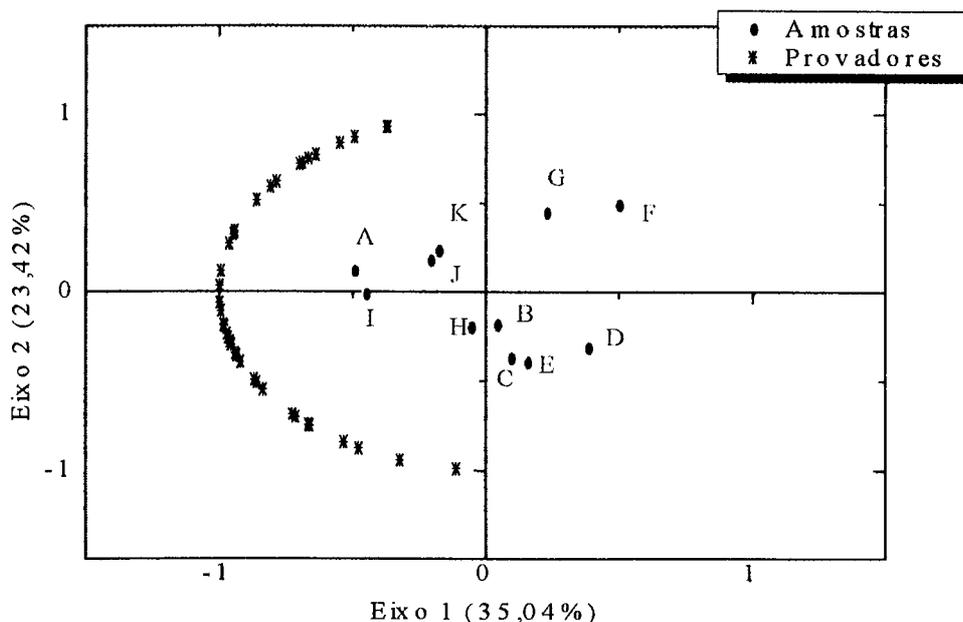
Os resultados da análise do Mapa de Preferência Interno, relativo à região de Campinas, dos produtos elaborados e os comerciais estão expressos na Figura 6. Juntas as dimensões 1 e 2 explicam 58,5% da variação existente entre as amostras com relação a aceitação dos produtos em função de suas características de degustação.



**Figura 5.** Histograma de frequência dos dados de degustação da região de Goiânia: FC fórmula controle, MA mascavo, MM mascavo e mel, ME mel, FR frutose, FM fibra+mel (1 = desgostei muitíssimo, 5 = nem gostei/ nem desgostei, 9 = gostei muitíssimo).

No Mapa de Preferência Interno, as amostras estão representadas por letras e cada um dos provadores pelo símbolo “\*”. Nessa análise, as amostras preferidas encontram-se na região de maior concentração dos provadores.

Como pode ser observado na Figura 6, os provadores que participaram do teste de aceitação situaram-se nos quadrantes inferior e superior esquerdo. As amostras: fórmula controle (A), biscoito de fibras (J) e mel+fibras (K) foram as mais aceitas pelo grupo de provadores do quadrante superior esquerdo e a amostra: amanteigado (H) e mascavo (B) pelo grupo de provadores situados no quadrante inferior esquerdo. A amostra de coco ralado (I) ocupa posição intermediária entre os dois grupos de provadores, sendo portanto bem aceita por esses dois grupos. A grande separação espacial das amostras: fibra+mel (F) e mel (D) dos dois grupos de provadores, sugere que essas foram as amostras de mais baixo nível de aceitação.

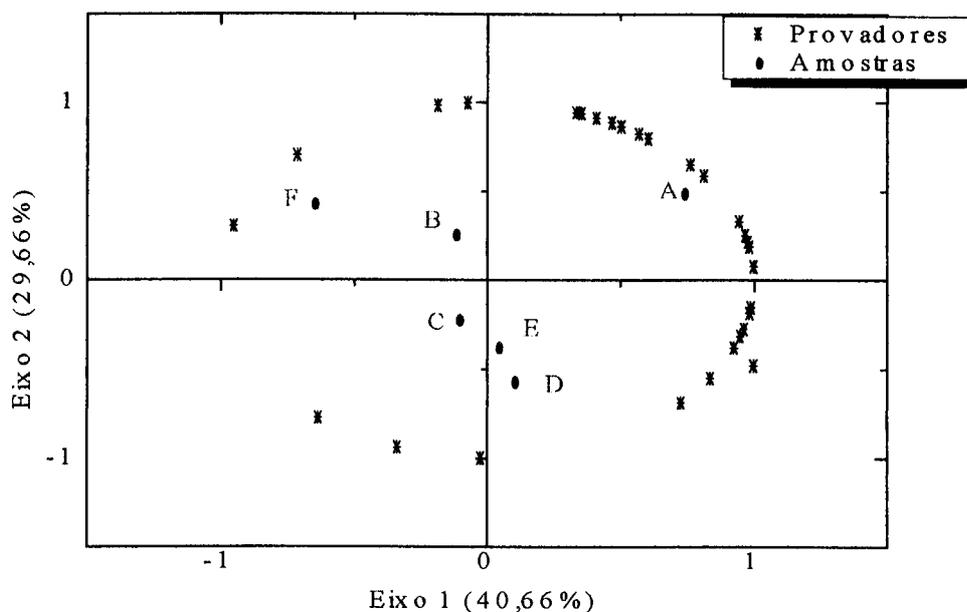


**Figura 6.** Mapa de Preferência Interno da região de Campinas (dimensões 1 e 2) em função da aceitação dos produtos relacionadas às características de degustação. A - fórmula controle, B - jatobá e açúcar mascavo, C - jatobá e açúcar mascavo+mel, D - jatobá e mel, E - jatobá e frutose; F- fibra+mel, G - gérmen+mel, H - amanteigado, I- coco ralado, J - de fibra, K - mel+fibras.

Dentre os biscoitos elaborados com farinha mista de trigo e jatobá, as formulações contendo açúcar mascavo (B) e açúcar mascavo+mél (C), são as mais competitivas, porém apresentam menor aceitação que a fórmula controle (A) e biscoito comercial coco ralado (I).

A análise dos resultados obtidos através da técnica do Mapa de Preferência mostra boa correlação com as análises feitas através dos testes de média (Tukey) e histograma de frequência, porém, o Mapa de Preferência foi mais eficiente em agrupar as amostras de maior aceitação pelos consumidores, distinguindo-as das amostras de menor aceitação.

A Figura 7 ilustra a análise Mapa de Perferência Interno dos produtos elaborados e uma marca comercial, obtida a partir dos resultados dos provadores da região de Goiânia. A dimensão 1 e 2 explicam juntas 70,32% da variação existente entre as amostras com relação a aceitação dos produtos em função de suas características de degustação.



**Figura 7.** Mapa de Preferência Interno da região de Goiânia (dimensões 1 e 2) em função da aceitação dos produtos relacionados às características de degustação. A - fórmula controle, B - jatobá e açúcar mascavo, C - jatobá e açúcar mascavo+mél, D - jatobá e mel, E - jatobá e frutose, F- fibra+mél.

Observa-se na Figura 7 (dimensões 1 e 2), que a direção geral da aceitação dos biscoitos situa-se nos quadrantes superior e inferior direito. A fórmula controle (A) apresentou a melhor aceitação seguida das formulações contendo farinha mista de jatobá e frutose (E) e

farinha mista de jatobá e mel (D). Os biscoitos formulados com farinha mista de jatobá e açúcar mascavo (B) e mel (C) ficam em um segundo grupo de melhor aceitação e o biscoito comercial fibra+mel (F) apresentou o pior desempenho junto a maioria dos provadores.

Os provadores situados nos quadrantes superior direito são caracterizados por preferirem os biscoitos controle (A) e aqueles formulados com farinha de jatobá e açúcar mascavo (B) e rejeitarem a amostra fibra+mel (F). Os provadores do quadrante inferior direito preferiram os biscoitos formulados com farinha mista de jatobá e frutose (E), mel (D) e açúcar mascavo+mel (C) e rejeitaram o biscoito comercial (F). Somente um número bastante reduzido de provadores aceitou o biscoito comercial fibra+mel (F).

De um modo geral, os resultados da análise do Mapa de Preferência para os dados obtidos na região de Goiânia, correlacionam-se com as análises por teste de média (Tukey) e histograma de frequência anteriormente realizados para essa região.

Tanto para a região de Campinas como para a região de Goiânia, a fórmula controle elaborada sem adição de farinha mista de trigo e jatobá, foi mais aceita que as fórmulas alternativas contendo farinha de jatobá.

De acordo com ALMEIDA et al. (2) o trigo já é considerado um alimento essencial na dieta da população brasileira e ainda que, o jatobá seja comum em áreas de cerrado, o trigo é preferido para uso em produtos devido ao seu sabor neutro e sua tradição de uso.

De uma maneira geral, as pessoas sempre vão aceitar melhor os alimentos preparados a partir de ingredientes tradicionalmente estabelecidos e próximos aos seus hábitos alimentares, uma vez que, o comportamento alimentar individual é o resultado do relacionamento sinérgico entre ambientes, biológicos, ecológicos e sócio-culturais (31). Entretanto, características sensoriais e culturais, tais como: sabor, satisfação e conveniência também podem afetar a escolha do alimento e atenuar ou aumentar as razões nutricionais para a escolha de um alimento em particular BARKER (11).

As características bastante neutras da fórmula utilizada como controle, de certa forma, agradaram mais aos provadores da região de Campinas e de Goiânia que os biscoitos não convencionais, entretanto, esses últimos, notadamente aquele elaborado com açúcar mascavo, alcançou níveis de aceitação bastante satisfatórios e competitivos com biscoitos similares já comercializados no país.

Ainda que o teste afetivo realizado a nível laboratorial limite a significância dos resultados apenas às equipes de consumidores que participaram do teste, as análises dos resultados sensoriais sugerem que o biscoito formulado com farinha mista de trigo e jatobá e açúcar mascavo, pode ser comercialmente viável sendo o mais indicado para a elaboração de biscoitos tipo “cookie” com níveis suplementares de fibras.

### 3.4 - Características físicas dos biscoitos tipo “cookie” com alto teor de fibra

A Tabela 7 apresenta os resultados das características físicas dos biscoitos suplementados com farinha de jatobá.

Somente foi possível a substituição ao nível máximo de 25% de farinha de jatobá, uma vez que acima desta concentração não se obteve massa com características tecnológicas adequadas para produção de biscoitos tipo “cookie”.

**Tabela 7.** Médias das características físicas dos biscoitos tipo “cookie” com alto teor de fibra

Parâmetros físicos avaliados	Tipo de Biscoito <sup>2</sup>				
	Controle	Jatobá 10%	Jatobá 15%	Jatobá 20%	Jatobá 25%
Peso antes do forno (g) <sup>1</sup>	45,43 <sup>a, b</sup>	47,58 <sup>a</sup>	45,92 <sup>a, b</sup>	45,12 <sup>a, b</sup>	42,33 <sup>b</sup>
Peso após forno (g) <sup>1</sup>	38,09 <sup>a</sup>	39,97 <sup>a</sup>	38,72 <sup>a</sup>	38,34 <sup>a</sup>	35,92 <sup>a</sup>
Umidade (g/100g)	2,34 <sup>c</sup>	3,91 <sup>b</sup>	4,36 <sup>a</sup>	4,37 <sup>a</sup>	4,19 <sup>a</sup>
Força de quebra (g)	5321,0 <sup>b</sup>	6848,1 <sup>a, b</sup>	8447,1 <sup>a</sup>	8707,2 <sup>a</sup>	7392,2 <sup>a, b</sup>
Diâmetro (mm)	43,2 <sup>a</sup>	41,6 <sup>b</sup>	41,3 <sup>b</sup>	40,7 <sup>c</sup>	40,4 <sup>d</sup>
Espessura (mm)	6,6 <sup>b</sup>	7,3 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a, b</sup>	6,8 <sup>b</sup>
Fator de expansão	6,47 <sup>a</sup>	5,66 <sup>b</sup>	5,84 <sup>b</sup>	5,76 <sup>b</sup>	5,90 <sup>b</sup>
Volume específico (cm <sup>3</sup> /g)	1,36 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>
L (luminosidade)	55,92 <sup>a</sup>	57,15 <sup>a</sup>	57,40 <sup>a</sup>	57,01 <sup>a</sup>	55,93 <sup>a</sup>
a+ (vermelho)	7,97 <sup>a</sup>	6,64 <sup>b</sup>	6,59 <sup>b</sup>	6,19 <sup>b</sup>	6,33 <sup>b</sup>
b+ (amarelo)	22,26 <sup>b</sup>	22,74 <sup>b</sup>	22,59 <sup>b</sup>	29,06 <sup>a</sup>	27,42 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Valores correspondentes ao peso de seis biscoitos.

<sup>2</sup>Médias na mesma linha com letras em comum não diferem significativamente (p<0,05).

O peso médio dos biscoitos antes do forno variou minimamente de uma formulação para outra e após o processamento não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as formulações com relação a esse parâmetro (Tabela 7).

O teor de umidade de todos os biscoitos ficou abaixo de 5%, sendo que o controle apresentou o teor significativamente ( $p < 0,05$ ) mais baixo de umidade (Tabela 7).

A força necessária para quebrar os biscoitos foi maior para as fórmulas contendo 15 e 20% de farinha de jatobá do que a fórmula controle, não havendo diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as fórmulas contendo 10, 15, 20 e 25% de farinha de jatobá (Tabela 7).

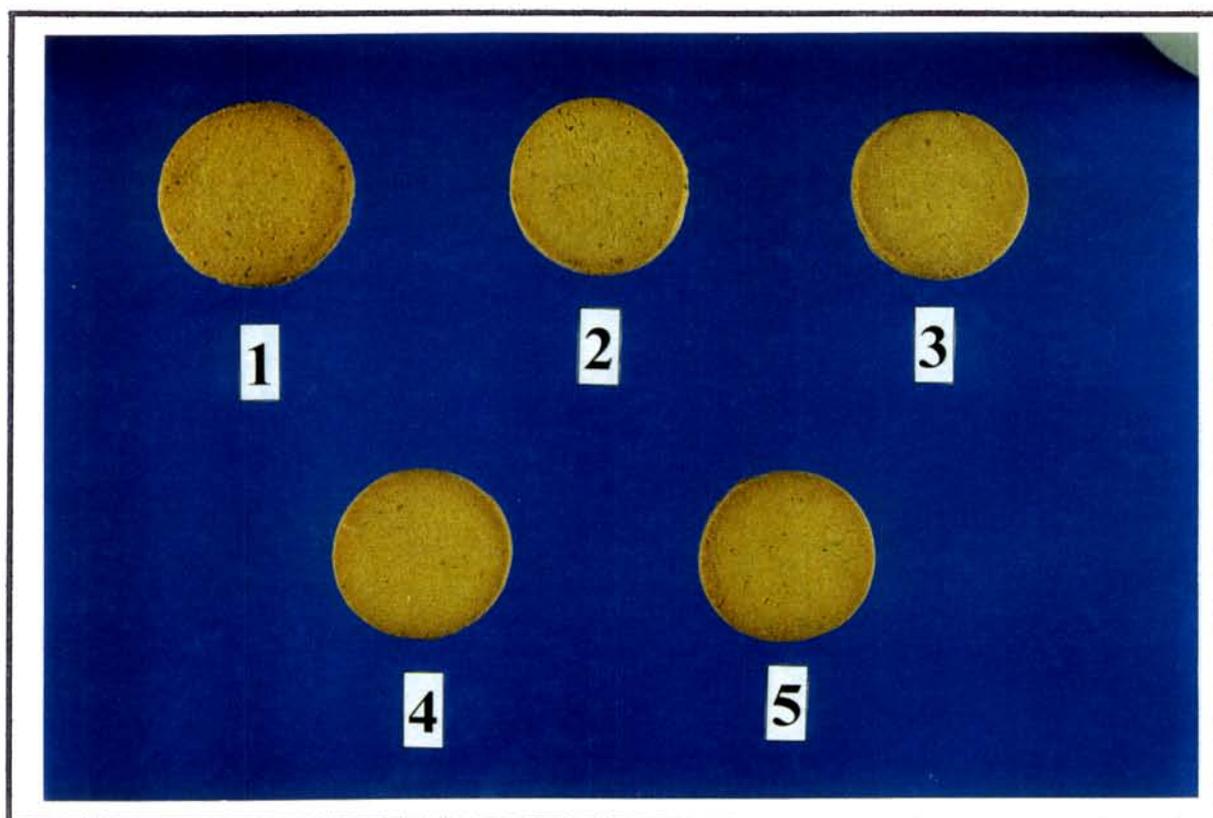
Ocorreu variação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os produtos elaborados com relação ao diâmetro e espessura dos biscoitos, entretanto, o fator de expansão foi similar entre os biscoitos formulados com farinha de jatobá os quais diferiram do controle, que apresentou a maior expansão ( $p < 0,05$ ). A elevação da concentração de farinha de jatobá afetou o diâmetro dos biscoitos, no entanto, parece não ter afetado o fator de expansão. Não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as formulações com relação ao volume específico (Tabela 7).

O valor de L foi similar entre os produtos e os valores de a+ e b+ apresentaram pequenas variações ( $p < 0,05$ ). Os produtos com maior teor de farinha de jatobá mostraram níveis ligeiramente maiores na dimensão amarelo-azul e menores na dimensão verde-vermelho. No entanto, houve grande proximidade de coloração dos produtos, o que pode ser observado na Figura 8.

### **3.5 - Aceitabilidade dos biscoitos com alto teor de fibra**

A Tabela 8 apresenta as médias de aceitação dos biscoitos formulados com níveis suplementares de farinha de jatobá. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as formulações com relação a aceitação dos mesmos em função de suas características de degustação e aparência. As formulações elaboradas com 10 e 15% de farinha de jatobá tiveram maior aceitação que formulações contendo 20 e 25% de farinha de jatobá com relação às características de degustação e diferindo ( $p < 0,05$ ) da fórmula controle com relação à aparência.

Os dados apresentados na Tabela 8 sugerem que a aceitação diminuiu com o aumento da concentração da farinha de jatobá.



**Figura 8.** Biscoitos tipo “cookies” com alto teor de fibra: 1 - fórmula controle, 2 - jatobá 10%, 3 - jatobá 15%, 4 - jatobá 20% e 5 - jatobá 25%

**Tabela 8.** Aceitação média dos biscoitos tipo “cookie” formulados com alto teor de fibra em função de características de degustação e aparência

Tipo de Biscoito	Degustação (escores) <sup>1</sup>	Aparência (escores) <sup>1</sup>
Controle	7,8 <sup>a</sup>	5,7 <sup>c</sup>
Jatobá 10%	7,3 <sup>a, b</sup>	7,4 <sup>a</sup>
Jatobá 15%	7,5 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a, b</sup>
Jatobá 20%	6,2 <sup>c</sup>	6, 6 <sup>b</sup>
Jatobá 25%	6,5 <sup>b, c</sup>	6,6 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Numa mesma coluna médias com letras em comum não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si.

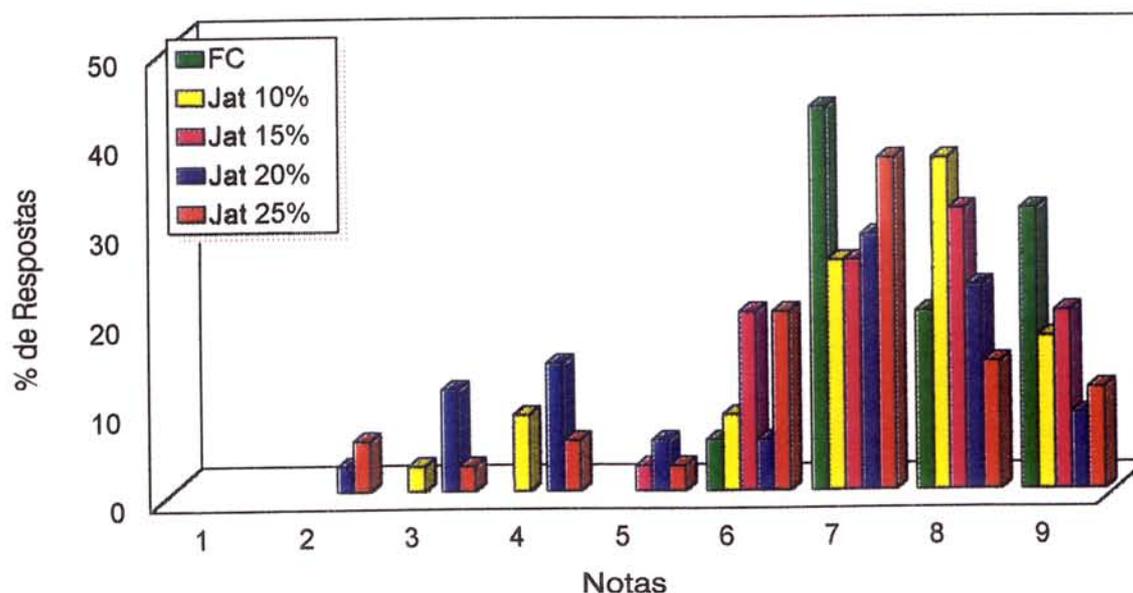
Escores: 1 = desgostei muitíssimo, 5 = nem gostei/nem desgostei, 9 = gostei muitíssimo.

Os resultados hedônicos mostrados na Figura 9 confirmam que as formulações elaboradas com 10 e 15% de farinha de jatobá foram as que obtiveram escores iguais ou superiores a 7 (gostei moderadamente) da maioria dos provadores, ou seja mais do que 50%. Ainda que o teste afetivo realizado a nível laboratorial limite a extrapolação para o mercado consumidor dos resultados obtidos, os dados mostrados na Tabela 8 e Figura 9 são bastante favoráveis com relação à possibilidade de introdução de biscoitos tipo “cookie” com alto teor de fibra elaborados com farinha de jatobá no mercado nacional.

### 3.6 - Caracterização química e nutricional dos biscoitos tipo “cookie” com alto teor de fibra

A Tabela 9 mostra a composição centesimal aproximada dos produtos elaborados com diferentes níveis de farinha de jatobá.

A variação da composição química dos biscoitos em função da suplementação com farinha de jatobá fica bastante evidente nos teores de cinzas e fibra alimentar total. Curiosamente, as formulações com 20 e 25% de jatobá apresentaram níveis similares de fibra alimentar total, entretanto, a fórmula com 25% de jatobá continha maior teor de fibra insolúvel e a fórmula com 20% de jatobá maior teor de fibra solúvel.



**Figura 9.** Histograma de frequência dos dados de aceitação em função das características de degustação dos biscoitos tipo “cookie” elaborados com alto teor de fibra: FC - fórmula controle, e formulação contendo farinha de jatobá a 10, 15, 20 e 25% de substituição.

RANHOTRA et al. (34) elaboraram “cookies” com farinha de trigo de alto teor de fibra e obtiveram valores (em base úmida) de 3,5 % de fibra alimentar em “cookies” de chocolate com 5,9% de umidade e substituição de 75% de farinha rica em fibra e 3,9% de fibra alimentar para “cookies” de aveia e passas com 8,0% de umidade e um nível de 50% de substituição da farinha de trigo por farinha de trigo com elevado teor de fibra alimentar (de 10,50 a 13,50%).

**Tabela 9.** Composição centesimal aproximada dos biscoitos tipo “cookies” com alto teor de fibra (base seca)<sup>1</sup>

Comp. química	Tipo de Biscoito				
	Controle	Jatobá 10%	Jatobá 15%	Jatobá 20%	Jatobá 25%
Proteínas (g/100g)	7,7 <sup>a</sup> ±0,2	7,3 <sup>b</sup> ±0,2	6,98 <sup>b</sup> ±0,08	7,2 <sup>b</sup> ±0,1	6,9 <sup>b</sup> ±0,1
Lípidios (g/100g)	17,87 <sup>b</sup> ± 0,03	17,84 <sup>b</sup> ± 0,08	18,4 <sup>a</sup> ± 0,3	18,6 <sup>a</sup> ± 0,1	18,6 <sup>a</sup> ± 0,3
Cinzas (g/100g)	1,80 <sup>c</sup> ± 0,08	1,95 <sup>b,c</sup> ±0,08	2,00 <sup>b</sup> ± 0,07	2,12 <sup>a,b</sup> ±0,06	2,25 <sup>a</sup> ±0,06
Fibra insolúvel (g/100g)	1,0 <sup>c</sup> ± 0,1	3,45 <sup>d</sup> ± 0,06	4,1 <sup>c</sup> ± 0,1	5,31 <sup>b</sup> ± 0,03	6,5 <sup>a</sup> ±0,1
Fibra solúvel (g/100g)	3,5 <sup>c,d</sup> ±0,1	4,0 <sup>b,c</sup> ±0,3	4,5 <sup>a,b</sup> ±0,2	4,7 <sup>a</sup> ±0,3	3,06 <sup>d</sup> ±0,05
Fibra alimentar total (g/100g)	4,5 <sup>d</sup> ± 0,2	7,5 <sup>c</sup> ± 0,4	8,6 <sup>b</sup> ± 0,2	10,0 <sup>a</sup> ±0,3	9,6 <sup>a</sup> ±0,2
Carboidratos (g/100g)	68,13 <sup>a</sup>	65,41 <sup>b</sup>	64,02 <sup>c</sup>	62,08 <sup>d</sup>	62,65 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>Numa mesma linha médias com letras em comum não diferem significativamente (p<0,05) entre si.

KINSEL & PRENTICE (22) encontraram níveis de 1,5 a 3,5% de fibra alimentar em “cookies” formulados com substituição da farinha de trigo por resíduo de cevada proveniente da indústria cervejeira.

VOLLENDORF & MARLETT (48) analisaram o teor de fibra alimentar total, através do método enzimático da AOAC, em “cookies” formulados com farinha de aveia e farinha de aveia e passas, processados em escala industrial e a nível doméstico e obtiveram valores de 2,7 a 4,3% em base úmida.

Assim, comparando os resultados obtidos no presente estudo com aqueles reportados na bibliografia internacional, pode-se considerar os biscoitos elaborados com concentrações de 10, 15, 20 e 25% de farinha de jatobá, como boas fontes de fibra alimentar.

#### 4 - CONCLUSÕES

A farinha de jatobá apresenta um bom potencial para suplementação de produtos de panificação com fibra alimentar. Biscoitos tipo “Cookie” de boa qualidade tecnológica e bom nível de aceitação podem ser produzidos por substituição da farinha de trigo por farinha de jatobá até um limite de 25%. A níveis maiores de substituição, provavelmente, os efeitos adversos do alto teor de fibra na massa, diminuem a qualidade do produto.

Biscoitos elaborados com substituição de farinha de trigo por 10 e 15% de farinha de jatobá, mostraram boa aceitação em testes afetivos realizados a nível laboratorial, apresentando níveis bastante significativos de fibra alimentar. Entretanto, os biscoitos formulados com 20 e 25% de farinha de jatobá também estão dentro da faixa de aceitação.

Futuras pesquisas, com outros tipos de biscoitos e/ou produtos de panificação com o acréscimo de aditivos, poderão permitir uma substituição mais eficiente da farinha de trigo por farinha de jatobá permitindo a elaboração de alimentos que apresentem características nutricionais interessantes em termos de saúde.

#### 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AKOBUNDU, E. N. T., UBBAONU, C. N., NDUPUH, C. E. Studies on the baking potential of non-wheat composite flours. *J. Food. Sci. Technol.*, v. 25, n. 4, p. 211-214, 1988.

- (2) ALMEIDA, L. A. S. B., BICUDO NETO, L. C.; MORETTI, V. A., GASPARINO FILHO, J., VIEIRA, M. C. Minimização do custo de mistura de farinhas na substituição parcial do trigo. **Colet. Ital.**, v. 18, n. 2, p. 140-160, 1988.
- (3) AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9. ed. Saint Paul: AACC, 1995.1 v. (paginação irregular).
- (4) ARÊAS, J. A. G., LAJOLO, F. M. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas pré-climatéricas e climatéricas. **An. Farm. Quím. S. Paulo**, v. 20, n. 1/2, p. 307-318, 1980.
- (5) ARMBRISTER, W. L., SETSER, C. S. Sensory and physical properties of chocolate chip cookies made with vegetable shortening or fat replacers at 50 and 75% levels. **Cereal Chem.**, v. 71, n. 4, p. 344-351, 1994.
- (6) ARNDT, E. A., WEHLING, R. L. Evaluation of sweetener syrups derived from whey as replacements for sucrose in sugar-snap cookies. **Cereal Foods World**, v. 34, n. 5, p. 423-428, 1989
- (7) ARORA, A., CAMIRE, M. E. Performance of potato peels in muffins and cookies. **Food Res. Int.**, v. 27, n. 1, p. 15-22, 1994.
- (8) ARTZ, W. E., WARREN, C. C., MOHRING, A. E., VILLOTA, R. Incorporation of corn fiber into sugar snap cookies. **Cereal Chem.**, v. 67, n. 3, p. 303-305, 1990.
- (9) ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990. 1298 p.
- (10) BAJAJ, M., KAUR, A., SIDHU, J. S. Studies on the development of nutritious cookies utilizing sunflower kernels and wheat germ. **Plant Foods Human Nutr.**, v. 41, n. 4, p. 381-387, 1991.
- (11) BARKER, M. E., THOMPSON, K. A. MCCLEAN, S. I. Attitudinal dimensions of food choice and nutrient intake. **Br. J. Nutr.**, v. 74, n. 5, p. 649-659, 1995.
- (12) BLIGH, E. G., DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- (13) BOOTH, G. **Snack food**. New York, Van Nostrand Reinhold, 1990. p. 3-70.
- (14) CAMPBELL, L. A., KETELSEN, S. M., ANTENUCCI, R. N. Formulating oatmeal cookies with calorie-sparing ingredients. **Food Technol.**, v. 48, n. 5, p. 98, 102-105, 1994.
- (15) CHAVAN, J. K., KADAN, S. S. Nutritional enrichment of bakery products by supplementation with nonwheat flours. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 33, n. 3, p. 189-226, 1993.
- (16) DESHPANDE, S. S., DAMODARAN, S. Food legumes: chemistry and technology. **Adv. Cereal Sci. Technol.**, v.x, p. 147-241, 1990.

- (17) GAINES, C. S. Collaborative studies on the baking quality of cookie flour by wire-cut type formulations (AACC methods 10-53 and 10-54). **Cereal Foods World**, v. 38, n. 1, p. 26-30, 1993.
- (18) GAINES, C. S., KASSUBA, A., FINNEY, P. L. Instrumental measurement of cookie hardness. I. Assessment of methods. **Cereal Chem.**, v. 69, n. 2, p. 115-119, 1992.
- (19) HENRY, R. E. High fructose corn syrup: new sweetener for the baker. **Bakers Digest**, v. 50, n. 2, p. 25-26, 74, 1976.
- (20) INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Instituto Adolfo lutz, 1985. 533 p.
- (21) JAMES, C., COURTNEY, D. L. D., LORENZ, K. Rice bran-soy blends as protein supplements in cookies. **Int. J. Food Sci. Technol.**, v. 24, n. 5, p. 495-502, 1989.
- (22) KISSELL, L. T., PRENTICE, N. Protein and fiber enrichment of cookie flour with brewer's spent grain. **Cereal Chem.**, v. 56, n. 4, p. 261-266, 1979.
- (23) LEELAVATHI, K., RAO, P. H. Development of high fiber biscuits using wheat bran. **J. Food Sci. Technol.**, v. 30, n. 3, p. 187-190, 1993.
- (24) LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Piracicaba: Plantarum, 1992. 155 p.
- (25) MACFIE, H. J. H., THOMSON, D. M. H. Preference mapping and multidimensional scaling. In: PIGGOTT, R. J. **Sensory analysis of foods**. 2 ed. New York: Elsevier Applied Science, 1988. p. 381-409.
- (26) MATZ, S. A. **Cookie and cracker technology**. Westport: The AVI Publishing Company. 1968. Cap. 10: formulations and procedures - base cakes and plain cookies.
- (27) MENDEZ, M. H. M., DERIVI, S. C. N., FERNANDES, M. L., OLIVEIRA, A. M. G. Insoluble dietary fiber of grain food legumes and protein digestibility. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. 43, n. 1, p. 66-72, 1993.
- (28) NAVICKS, L. L. Corn flour addition to wheat flour dough effect on rheological properties. **Cereal Chem.**, v. 64, n. 4, p. 307-310, 1987.
- (29) NIP, W. K., WHITAKER, C. S., VARGO, D. Application of taro flour in cookie formulations. **Int. J. Food Sci. Technol.**, v. 29, n. 4, p. 463-468, 1994.
- (30) ODORICA-FALOMIR, C., PAREDES-LÓPEZ, O. Effect of safflower protein isolates on cookie characteristics. **Int. J. Food Sci. Technol.**, v. 26, n. 1, p. 39-43, 1991.
- (31) PARRAGA, I. M. Determinants of food consumption. **J. Am. Diet. Assoc.**, v. 90, n. 5, p. 661-663, 1990.

- (32) PATEL, M. M., RAO, G. V. Effect of untreated, roasted and germinated black gram (*Phaseolus mungo*) flours on the physico-chemical and biscuit (cookie) making characteristics of soft wheat flour. **J. Cereal Sci.**, v. 22, n. 3, p. 285-291, 1995.
- (33) PROSKY, L., ASP, N., SCHWEIZER, T. F., DEVRIES, J. W., FURDA, I. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. **J. Assoc. Off. Anal. Chem.**, v. 71, n. 5, p. 1017-1023, 1988.
- (34) RANHOTRA, G. S., GELROTH, J. A., EISENBRAUN, G. J. High-fiber white flour and its use in cookie products. **Cereal Chem.**, v. 68, n. 4, p. 432-434, 1991.
- (35) RASCO, B. A., RUBENTHALER, G., BORHAN, M., DONG, F. M. Baking properties of bread and cookies incorporating distiller's or brewer's grain from wheat or barley. **J. Food Sci.**, v. 55, n. 2, p. 424-429, 1990.
- (36) REDDY, B. S., PIERSON, M. D., SATHE, S. K., SALUNKHE, D. K. Chemical, nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates - a review. **Food Chem.**, v. 13, n. 1, p. 25-68, 1984.
- (37) RIZZINI, C. T. **Plantas do Brasil: árvores e madeiras úteis do brasil - manual de dendrologia brasileira.** São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 294 p.
- (38) ROCHA, M. R., BORGES, J. D., NAVES, R. V., VIDAL, V. L. Estudos sobre a emergência de plântulas de jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.; Caesalpinaceae). **Rev. Bras. Frutic.**, v. 14, n. 1, p. 61-64, 1992.
- (39) SANCHEZ, C., KLOPFENSTEIN, C. F., WALKER, C. E. Use of carbohydrate-based fat substitutes and emulsifying agents in reduced-fat shortbread cookies. **Cereal Chem.**, v. 72, n. 1, p. 25-26, 1995.
- (40) SILJESTROM, M., BJORCK, I. Digestible and undigestible carbohydrates in autoclaved legumes, potatoes and corn. **Food Chem.**, v. 38, n. 2, p. 145-152, 1990.
- (41) SILVA, J. A., SILVA, D. B., JUNQUEIRA, N. T. V., ANDRADE, L. R. M. **Frutas nativas dos cerrados.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1994. 165 p.
- (42) SILVEIRA, E. T. F., TRAVAGLINI, D. A., VITTI, P., CAMPOS, S. D. S., AGUIRRE, J. M., FIGUEIREDO, I. B.; SHIROSE, I. Farinha composta de resíduo do extrato de soja e de arroz em mistura com trigo para uso em panificação. **Bol. ITAL**, v. 18, n. 4, p. 509-542, 1981.
- (43) SMITH, W. H. **Biscuits, crackers and cookies: technology, production and management.** London: Applied Science Publishers, 1972. Cap. 20: Wire-cut cookies.
- (44) STONE, H., SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices.** Flórida: Academic Press, 1985. Cap. 7: Affective testing.
- (45) TOWNSEND, G. M. Cookies, crackers, and other flour confectionery. In: BOOTH, G. **Snack food.** New York, Van Nostrand Reinhold, 1990. p. 3-70.

- (46) TSEN, C. C. Regular and protein fortified cookies from composite flours. **Cereal Foods Word**, v. 21, n. 12, p. 634-637, 1976.
- (47) VETTER, J. L., BRIGHT, H., UTT, M., MCMASTER, G. Cookie formulating: sugar, mixing affect specific gravity, spread. **Bakers Digest**, v. 58, n. 4, p. 6-9, 1984.
- (48) VOLLENDORF, N. W., MARLETT, J.A. Dietary fiber content and composition in home-prepared and commercially baked products: analysis and prediction. **Cereal Chem.**, v. 71, n. 1, p. 99-105, 1994.

## CONCLUSÕES GERAIS

A avaliação dos dados obtidos no presente estudo permitiu chegar às conclusões relacionadas abaixo:

- a farinha de jatobá apresentou na sua composição química elevado teor de fibra alimentar total, com predominância de fibras insolúveis. A farinha apresentou também quantidades razoáveis de potássio, cálcio, magnésio,  $\beta$ -caroteno, e baixos teores de lipídios, proteínas, amido, ácido ascórbico e tocoferóis totais;
- a proteína presente na farinha de jatobá apresentou vários aminoácidos essenciais limitantes quando comparado com as necessidades de aminoácidos de crianças de 2-5 anos proposta pela FAO (1985). A digestibilidade “in vitro” da proteína da farinha de jatobá foi considerada baixa, porém próxima aos valores de digestibilidade “in vitro” de outras leguminosas cruas;
- entre os fatores antinutricionais analisados, quais sejam: fitato, inibidor de tripsina, lectinas e taninos, somente o tanino foi considerado de significância nutricional devido aos elevados teores encontrados na farinha de jatobá;
- aplicação de farinha de jatobá em produtos de panificação pode ser considerada promissora, uma vez que, não só a composição química do jatobá favorece a complementação de farinha mista, principalmente, devido ao alto teor de fibra alimentar, como também a maioria dos produtos elaborados com farinha mista de jatobá mostrou aceitação em testes sensoriais afetivos realizados a nível laboratorial;
- os resultados do teste de aceitação para sabor e textura dos “snacks” elaborados com farinha mista de jatobá e amido de mandioca revelaram que o melhor desempenho foi obtido junto às amostras processadas com farinha mista na proporção jatobá:amido de mandioca de 150:850, condicionada ao conteúdo de umidade de  $170 \text{ g kg}^{-1}$  e processada a  $150^\circ \text{ C}$ . A aceitabilidade desse “snack” pode ainda ser melhorada pela adição de aromatizantes e corantes;
- biscoitos tipo “cookie” de boa qualidade tecnológica e bom nível de aceitação podem ser produzidos por substituição da farinha de trigo por farinha de jatobá até o limite de 25% de substituição de farinha de trigo por farinha de jatobá;

- biscoitos elaborados com 10, 15, 20 e 25% de farinha de jatobá em farinha de trigo situaram-se na faixa de aceitação de testes afetivos realizados a nível laboratorial, apresentando níveis bastante significativos de fibra alimentar.

## ANEXO 1

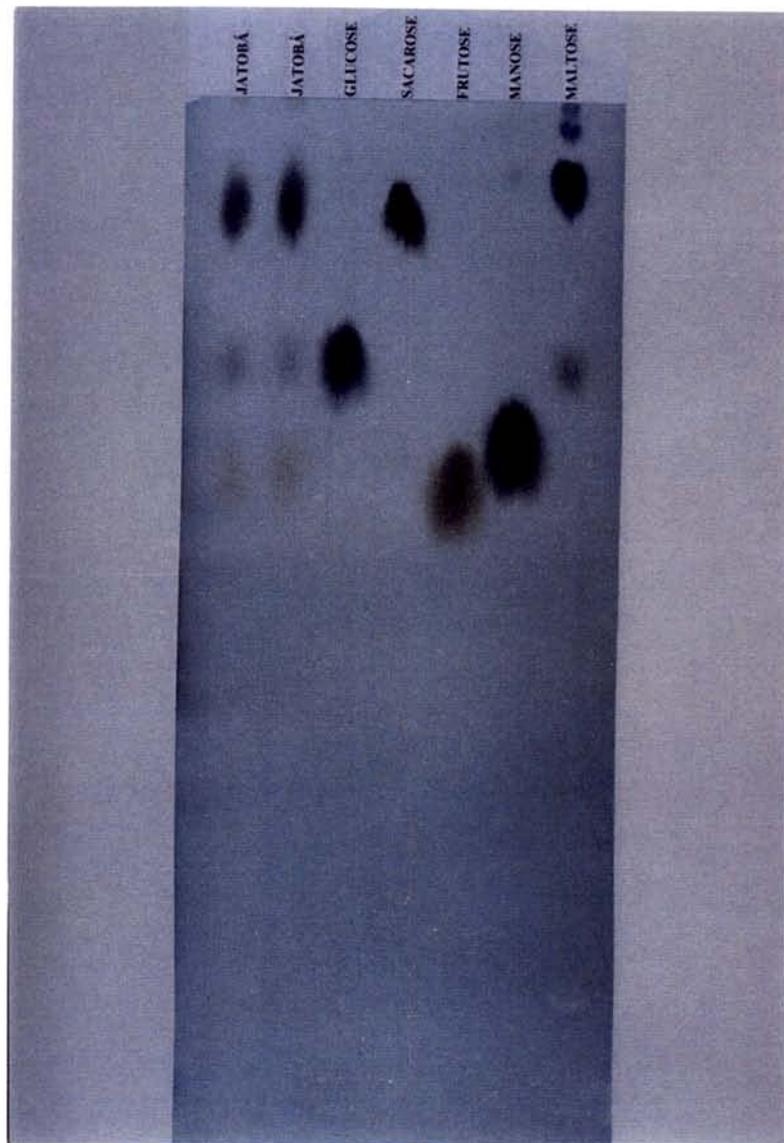


Figura 1. Cromatograma de açúcares da farinha de jatobá (solvente: acetato de etila, piridina e água)

## ANEXO 2

Tabela 1. Médias dos dados experimentais obtidas para cada tratamento empregado no processo de extrusão da farinha mista de jatobá e amido de mandioca

N°	Variáveis Independentes <sup>a</sup>			Variáveis Dependentes <sup>b</sup>						
	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
1	150	170	150	2,6	4,7	730	900	160	300	5,7
2	450	170	150	1,9	5,6	520	760	240	380	5,3
3	150	230	150	2,1	3,4	830	700	120	200	4,9
4	450	230	150	1,7	6,3	550	560	145	245	4,5
5	150	200	125	2,6	5,4	630	310	100	180	4,2
6	450	200	125	2,3	7,6	530	700	200	420	2,4
7	150	200	175	1,7	3,5	710	440	120	180	3,2
8	450	200	175	1,3	7,5	560	420	110	240	4,1
9	300	170	125	2,6	6,5	630	380	120	260	3,1
10	300	230	125	2,3	7,1	630	600	180	360	2,4
11	300	170	175	1,7	5,2	620	360	100	210	3,9
12	300	230	175	1,2	5,8	660	660	100	170	4,3
13	300	200	150	2,0	6,8	630	900	200	360	5,9
14	300	200	150	2,0	6,9	630	880	200	360	4,8
15	300	200	150	2,0	6,5	630	880	190	340	6,1

<sup>a</sup> X1 = farinha de jatobá (g Kg<sup>-1</sup>), X2 = umidade (g Kg<sup>-1</sup>), X3 = temperatura (°C)

<sup>b</sup> Y1 = índice de expansão, Y2 = índice de absorção de água (g gel g<sup>-1</sup>), Y3 = índice de solubilidade em água (g Kg<sup>-1</sup>), Y4 = viscosidade inicial (Unidades Amilográficas - U. A.), Y5 = viscosidade mínima a temperatura constante (U. A.), Y6 = viscosidade máxima de resfriamento (U. A.), Y7 = aparência (9 = gostei muitíssimo, 1 = desgostei muitíssimo).

### ANEXO 3

#### Análises Reológicas da Farinha de Trigo e das Farinhas Mistas de Trigo e de Jatobá

Os parâmetros farinográficos e extensográficos da farinha de trigo e das farinhas mistas de trigo e jatobá (10 e 15%) estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Com as farinhas mistas de 20 e 25% de jatobá não foi possível realizar estas análises devido a grande absorção de água das mesmas, ultrapassando a capacidade de água da bureta padronizada para este fim.

**Tabela 1.** Características farinográficas da farinha de trigo e das farinhas mistas de trigo e jatobá

Parâmetros (unidade)	Farinha de trigo	Jatobá 10%	Jatobá 15%
Absorção de água (%)	59,4	70,2	75,6
Tempo de chegada (min)	1,5	2	3,5
Tempo de desenvolvimento (min)	6	5,5	5,5
Estabilidade (min)	13	6	3,5
Índice de tolerância (U.F. <sup>a</sup> )	10	105	140

<sup>a</sup> U.F. = Unidades Farinográficas

**Tabela 2.** Características extensográficas da farinha de trigo e das farinhas mistas de trigo e de jatobá<sup>a</sup>

Parâmetros	Unidade	Tempo de Teste (min)	Farinha de Trigo	Jatobá 10%	Jatobá 15%
Energia (A)	(cm <sup>2</sup> )	45	136,45	112,25	190,50
		90	184,95	123,40	179,50
		135	190,00	121,90	68,85
Resistência à extensão (RE)	U.E. <sup>b</sup>	45	475	352,5	325
		90	555	400	327,5
		135	637,5	395	282,5
Resistência máxima (RM)	U.E.	45	625	425	332,5
		90	815	485	327,5
		135	930	445	287,5
Extensibilidade (E)	mm	45	158,5	185	172,5
		90	169,5	172,5	159
		135	153,5	176,5	174
Número proporcional (RE/E)	U.E./mm	45	3,04	1,91	1,89
		90	3,28	2,32	2,06
		135	4,16	2,24	1,62
“Oxynumber” (A x E/RE)	Adimensional	45	46,93	59,39	101,37
		90	56,75	53,44	87,31
		135	45,97	54,48	42,41

<sup>a</sup>Valores médios de duas repetições

<sup>b</sup>U.E. = Unidades Extensográficas