

**ESTUDO DA FARINHA E DA GOMA DE
ALGAROBA (*Prosopis spp.*)**

ABEL GONZÁLEZ GALÁN

2009

ABEL GONZÁLEZ GALÁN

ESTUDO DA FARINHA E DA GOMA DE ALGAROBA (*Prosopis spp.*)

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção
do título de “Doutor”.

Orientadora

Profª. Dra. Angelita Duarte Corrêa

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

González Galán, Abel.

Estudo da farinha e da goma de algaroba (*Prosopis* spp.) / Abel
González Galán. – Lavras : UFLA, 2009.
166 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
Orientador: Angelita Duarte Corrêa.
Bibliografia.

1. Algaroba. 2. Nutrientes. 3. Antinutrientes. 4. Propriedades
tecnológicas. 5. Fibra alimentar. I. Universidade Federal de Lavras.
II. Título.

CDD – 664.80565

A mi esposa Esther por su amor, apoyo y paciencia

A mis hijas Graciela y Lucia por ser la fuente de inspiración

DEDICO

A mis sobrinos:

Ernesto, Maria Jesús, Natalia,
Francisco, Julio Abel, Sarah Lucia
y Franka Laura

Como un ejemplo para que persigan sus sueños

AGRADECIMENTOS

“Quem a Deus tem nada lhe falta. Só Deus basta”.

A minha pequena grande família, pela compreensão e estímulo durante esta etapa.

Aos meus pais, Abel e Altagracia, por serem os melhores pais do mundo.

Aos meus sogros, Wolfango e Matilde, pelo carinho e apoio.

Aos meus irmãos, Aida e Julio, Angela e José Pepin, e Claudia que, de alguma forma, estiveram ao meu lado a cada dia, pelo incentivo e apoio.

A Marielos e Lourens, cúmplices desta aventura, exemplos de pesquisadores e modelo a seguir, obrigado pelo carinho.

À Universidade Federal de Lavras, por meio dos Departamentos de Ciência dos Alimentos e de Química, por abrirem suas portas.

À Capes, Programa PEC-PG, pela oportunidade de alcançar mais uma meta.

À Universidade Autônoma Gabriel René Moreno, por permitir minha saída para fazer o doutorado.

À Angelita, mais que uma grande tutora uma grande amiga, obrigado pelos conselhos e palavras de estímulo.

À Celeste, pela amizade que perdura por muitos anos e por ter sido a iniciadora do caminho para chegar a este momento.

Aos professores do Departamento de Ciência dos Alimentos: Eduardo Valério, Maria de Fátima, Joelma, Luis Carlos, José Luís Contado e Maria das Graças, pela colaboração durante o desenvolvimento do presente trabalho.

A Soraia, José Guilherme, Olga e Luciana, Cândido e Sandra pela amizade.

Aos amigos Chrystian e Luciana, Cristina, Annete, Ellem, Joyce, Tatiana, Antonia e Gustavo, pela amizade e companheirismo.

Aos funcionários Xulita, Tina, Sandra, Cidinha, Tânia, Cleusa, Lucilene, Rafaela e Miriam, pela colaboração no decorrer do meu trabalho.

Aos meus colegas de trabalho, Márcia, Vicky, Raul, Dante, Yandira, Nidia e Teresa, por suas atenções durante estes três anos.

A Antenor Vaca, Martha Mendez, Dalcy Torrico, por terem-me brindado com todo o seu apoio para que pudesse sair e realizar este doutorado.

Ao Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT), nas pessoas do Dr. Nelson Joaquin, Dr. Juan Velasco e Ing. Carlos Herrera, pela colaboração na colheita e no processamento das amostras.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Abel González Galán nasceu num ensolarado dia 7 de abril de 1962, na cidade de Santo Domingo, na formosa ilha de Republica Dominicana. Filho de Abel González Sanchez e Altagracia Galán Carpio, cresceu e estudou até formar-se como Bacharel em Química na primeiríssima Universidade do novo mundo, Universidade Autónoma de Santo Domingo, em 1986. Em 1988, foi selecionado pelo Ministério de Educação e Cultura do Governo do Brasil e pelo Programa Capes PEC-PG, para realizar o Mestrado em Ciência dos Alimentos na então Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), hoje Universidade Federal de Lavras, concluindo-o em 1990. Em 1996 ingressou como professor na Universidade Autónoma Gabriel René Moreno, em Santa Cruz de la Sierra, Bolívia, onde se dedica ao ensino e pesquisa. Em 2006, recebeu bolsa de estudos para realizar o Doutorado em Ciência dos Alimentos pelo MEC PEC-PG, na Universidade Federal de Lavras.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO GERAL	vii
GENERAL ABSTRACT.....	ix
RESUMEN GENERAL.....	xi
CAPÍTULO 1: 1 Introdução Geral	1
1.1 Objetivo geral	3
1.2 Objetivos específicos	4
2 Referencial Teórico.....	5
2.1 Aspectos gerais da planta algarobeira.....	5
2.2 Nutrientes.....	6
2.3 Antinutrientes	7
2.3.1 Saponinas.....	7
2.3.2 Lectinas.....	8
2.3.3 Inibidor de tripsina.....	9
2.3.4 Polifenóis	9
2.3.5 Nitrato e nitrito.....	10
2.3.6 Oxalato.....	11
2.3.7 Fitato	11
2.4 Alimentos funcionais e nutracêuticos	12
2.4.1 Fibra alimentar.....	13
2.4.1.1 Definição e classificação	13
2.4.1.2 Propriedades e atividade biológica	16
2.4.1.3 Emprego da fibra alimentar	17

2.4.1.4 Doenças associadas à falta de fibra na alimentação.....	18
2.4.1.5 Alimentos funcionais e diabete mellitus	20
2.4.2 Galactomananas	21
3 Referências Bibliográficas	23
CAPÍTULO 2: Nutrientes, antinutrientes y propiedades tecnológicas de la harina del fruto de la algarroba (<i>Prosopis spp.</i>).....	
1 Resumen.....	34
2 Abstract	36
3 Introducción.....	38
4 Material y Métodos.....	40
4.1 Materia prima.....	40
4.2 Análisis físicos.....	45
4.2.1 Rendimiento y granulometría de las harinas de algarroba	45
4.2.2 Absorción de agua y aceite	45
4.2.3 Color	46
4.3 Análisis químicos.....	48
4.3.1 Composición centesimal	48
4.3.2 Azúcares	48
4.3.3 Almidón	48
4.3.4 pH y acidez titulable	48
4.3.5 Minerales	49
4.3.6 Antinutrientes	49
4.3.6.1 Saponina	49
4.3.6.2 Lectina	49
4.3.6.3 Inhibidor de tripsina.....	50
4.3.6.4 Polifenoles	50
4.3.6.5 Nitrato	50
4.3.6.6 Oxalato.....	51

4.3.6.7 Fitato	51
4.3.7 Digestibilidad proteica <i>in vitro</i>	51
4.4 Estadística	51
5 Resultados e Discusion	52
6 Conclusión	68
7 Referencias Bibliográficas	69
CAPÍTULO 3: Utilização da farinha integral do fruto de algaroba (<i>Prosopis alba</i>) na elaboração de muffins com alta concentração de fibra e redução de açúcar	
	76
1 Resumo	77
2 Abstract	78
3 Introdução	79
4 Material e Métodos	81
4.1 Formulação dos muffins	82
4.2 Caracterização física e química dos muffins	85
4.2.1 Análises físicas	85
4.2.2 Composição química	88
4.3 Análise sensorial	88
4.4 Análise estatística	91
5 Resultados e Discussão	92
5.1 Cor dos muffins	92
5.2 Características físicas dos muffins de algaroba	98
5.3 Propriedades da textura dos muffins	100
5.4 Composição centesimal e valor calórico dos muffins	103
5.5 Composição de minerais	111
5.6 Análise sensorial dos muffins	116
6 Conclusão	119
7 Refêrencias Bibliográficas	120

CAPÍTULO 4: Caracterização química da goma obtida do extrato aquoso da farinha de sementes de algaroba (<i>Prosopis spp</i>) e sua utilização no tratamento de camundongos diabéticos	124
1 Resumo	125
2 Abstract.....	126
3 Introdução	127
4 Material e Métodos	129
4.1 Obtenção da farinha integral do fruto de algaroba.....	129
4.2 Obtenção da goma da farinha integral do fruto de algaroba	129
4.3 Obtenção da farinha da semente de algaroba.....	131
4.4 Caracterização da goma da semente de algaroba.....	131
4.4.1 Composição química.....	131
4.4.2 Cor da goma de semente de algaroba	131
4.5 Ensaio biológico	132
4.5.1 Grupos experimentais e preparo das rações.....	132
4.5.2 Indução da diabete mellitus	133
4.5.3 Consumo alimentar	133
4.5.4 Controle do peso dos animais	133
4.5.5 Controle da glicemia nos animais	133
4.5.6 Peso de órgãos internos.....	134
4.6 Análise estatística	134
5 Resultados e Discussão	135
5.1 Extração da goma da farinha integral do fruto de algaroba	135
5.2 Caracterização da goma da semente de <i>P. alba</i>	137
5.2.1 Rendimento de sementes nos frutos de <i>P. alba</i>	137
5.2.2 Composição química da farinha e goma da semente de <i>P. alba</i>	137
5.2.3 Cor da goma da farinha da semente de <i>P. alba</i>	139
5.2.4 Caracterização das rações	141

5.3 Ensaio biológico	141
5.3.1 Consumo alimentar	141
5.3.2 Peso dos animais	142
5.3.3 Glicemia.....	144
5.3.4 Peso do fígado, coração e rins	146
6 Conclusão	147
7 Referências Bibliográficas.....	148
ANEXOS	152

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPITULO 2	
TABLA 1	Distribución del tamaño de partículas de las harinas de trigo y de algarrobas. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.. 52
TABLA 2	Absorción de agua (AA) y absorción de aceite (AC) de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009..... 53
TABLA 3	Color de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009..... 54
TABLA 4	Composición centesimal, en g 100g ⁻¹ materia seca, de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009..... 57
TABLA 5	Composición de azúcares (g 100 g ⁻¹ de materia seca) de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009..... 59
TABLA 6	Almidón, pH y acidez de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009..... 60
TABLA 7	Macrominerales de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009..... 61
TABLA 8	Microminerales de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009..... 62
TABLA 9	Factores antinutricionales de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009..... 64
TABLA 10	Digestibilidad proteica <i>in vitro</i> de las harinas del fruto

	de algarroba de diferentes especies. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.....	67
CAPITULO 3		
TABELA 1	Outros ingredientes utilizados na elaboração dos muffins. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.....	81
TABELA 2	Formulações utilizadas na elaboração dos muffins. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.....	82
TABELA 3	Teste sensorial de aceitação e intenção de compra dos muffins. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.....	117
CAPITULO 4		
TABELA 1	Distribuição de grupos experimentais. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.....	132
TABELA 2	Proporção de sementes de <i>P. alba</i> , UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.....	137
TABELA 3	Composição centesimal da farinha e goma extraída da semente de <i>P. alba</i> (g 100g ⁻¹ matéria seca) UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.....	138
TABELA 4	Cor da goma extraída da semente de <i>P. alba</i> , UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.....	139
TABELA 5	Composição centesimal das diferentes rações utilizadas no experimento animal. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009	141
TABELA 6	Níveis de glicose no sangue de animais dos diferentes tratamentos durante 4 semanas. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.....	145
TABELA 7	Peso (g) dos órgãos dos diferentes grupos experimentais, animais tratados por 4 semanas com 25% e 50% de fibra solúvel. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.	146

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPITULO 1	
FIGURA 1	Estrutura genérica das galactomananas: manose e galactose 22
CAPITULO 2	
FIGURA 1	Fotografía de la especie botánica <i>Prosopis alba</i> Grisenbach de la colección botánica del Herbario de Muestras Neotropicales (The Field Museum of Natural History)..... 41
FIGURA 2	Fotografía de la especie botánica <i>Prosopis chilensis</i> de la colección botánica del Herbario de Muestras Neotropicales (The Field Museum of Natural History). 42
FIGURA 3	Fotografía de la especie botánica <i>Prosopis nigra</i> de la colección botánica del Herbario de Muestras Neotropicales (The Field Museum of Natural History). 43
FIGURA 4	Fotografía de la especie botánica <i>Prosopis juliflora</i> de la colección botánica del Herbario de Muestras Neotropicales (The Field Museum of Natural History). 44
FIGURA 5	Diagrama da cromaticidad CIELAB..... 47
FIGURA 6	Representación del sólido de color en el espacio de color L a* b* de las harinas de algarroba..... 55
CAPITULO 3	
FIGURA 1	Ingredientes líquidos e secos utilizados na formulação dos muffins..... 84
FIGURA 2	Formas e forno utilizados na elaboração dos muffins. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009..... 84

FIGURA 3	Exemplo da curva força-tempo gerada pelo analisador de textura TA-XT2.....	88
FIGURA 4	Modelo de ficha de resposta para o teste de aceitação usando escala hedônica.	90
FIGURA 5	Curvas e equações de regressão representativas de luminosidade L interna (miolo) e externa (crosta) dos diferentes muffins.	92
FIGURA 6	Curvas e equações de regressão representativas de cromaticidade a* interna (miolo) e externa (crosta) dos diferentes muffins.	93
FIGURA 7	Curvas e equações de regressão representativas de cromaticidade b* interna (miolo) e externa (crosta) dos diferentes muffins.	94
FIGURA 8	Representação do sólido de cor no espaço de cor L a* b* dos miolos dos muffins.....	95
FIGURA 9	Curvas e equações de regressão representativas de ΔE^* interna (miolo) e externa (crosta) dos diferentes muffins.....	96
FIGURA 10	Característica visual dos diferentes muffins.....	97
FIGURA 11	Curvas e equações de regressão representativas de umidade dos diferentes muffins.....	98
FIGURA 12	Curvas e equações de regressão representativas do volume dos diferentes muffins.....	99
FIGURA 13	Curvas e equações de regressão representativas do volume específico dos diferentes muffins.....	100
FIGURA 14	Curvas e equações de regressão representativas da firmeza dos diferentes muffins.....	101
FIGURA 15	Curvas e equações de regressão representativas de	

	elasticidade dos diferentes muffins.....	102
FIGURA 16	Curvas e equações de regressão representativas de mastigabilidade dos diferentes muffins.....	103
FIGURA 17	Curvas e equações de regressão representativas de proteína dos diferentes muffins.....	104
FIGURA 18	Curvas e equações de regressão representativas de extrato etéreo dos diferentes muffins.....	105
FIGURA 19	Curvas e equações de regressão representativas de cinzas dos diferentes muffins.....	106
FIGURA 20	Curvas e equações de regressões representativas de fibra solúvel dos diferentes muffins.....	107
FIGURA 21	Curvas e equações de regressões representativas de fibra insolúvel dos diferentes muffins.....	108
FIGURA 22	Curvas e equações de regressão representativas de extrato não nitrogenado (ENN) dos diferentes muffins.	109
FIGURA 23	Curvas e equações de regressão representativas do valor calórico dos diferentes muffins.....	110
FIGURA 24	Curvas e equações de regressão representativas de fósforo e potássio dos diferentes muffins.....	111
FIGURA 25	Curvas e equações de regressão representativas de cálcio, enxofre e magnésio dos diferentes muffins.....	113
FIGURA 26	Curvas e equações de regressão representativas de manganês e ferro dos diferentes muffins.....	115
CAPITULO 4		
FIGURA 1	Fluxograma da extração aquosa da goma da farinha de <i>Prosopis juliflora</i>	130
FIGURA 2	Rendimento da goma obtida do fruto de algaroba na proporção de 1:20 nas temperaturas de 70 e 90°C.....	135

FIGURA 3	Rendimento da goma obtida do fruto de algaroba na proporção de 1:10 nas temperaturas de 70 e 90°C.....	136
FIGURA 4	Representação do sólido de cor no espaço de cor L a* b* da goma extraída da semente de algaroba.....	140
FIGURA 5	Consumo de ração durante os 28 dias do experimento.	142
FIGURA 6	Média dos pesos dos camundongos durante os 28 dias do experimento animal.....	143

RESUMO GERAL

GONZALEZ GALAN, Abel. **Estudo da farinha e da goma de algaroba (*Prosopis spp.*)**. 2009. 166 p. Tese. (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.¹

A algaroba (*Propopis spp.*), leguminosa arbórea presente nas zonas áridas e semi-áridas da Bolívia e Brasil, é subutilizada, devido principalmente ao desconhecimento das suas características químicas, físicas e funcionais. O objetivo deste trabalho foi determinar a composição química do fruto de diferentes espécies de algaroba procedentes de Bolívia e Brasil, formular muffins, assim como caracterizar a goma presente na farinha e semente e seu possível efeito hipoglicemiante. Foram determinadas características funcionais, composição centesimal, amido, açúcares, minerais e digestibilidade protéica *in vitro*. Os factores antinutricionais determinados foram: saponina, lectina, inibidor de tripsina, polifenóis, nitrato, oxalato e fitato. A farinha do fruto de algaroba (FFA) (*Prosopis alba*) foi incorporada na formulação de muffins para incrementar a fibra alimentar e reduzir a concentração de açúcar, nas concentrações de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50%. Avaliou-se a cor e composição química dos muffins. Foram realizados análises de perfil de textura, mediante compressão dual, testes de aceitação sensorial e de intenção de compra. Foi selecionada a técnica que propiciou maior rendimento de goma e logo extraída das sementes de *P. alba*. As gomas foram caracterizadas quimicamente. Na última parte do experimento, a goma extraída da semente de *P. alba* foi adicionada em 25% e 50% acima da proporção de fibra solúvel presente na ração controle utilizada no experimento animal, para verificar o possível efeito desta em camundongos diabéticos. O fruto da algaroba produz uma farinha com boa capacidade de absorção de água e óleo, absorvendo água até 2,55 vezes seu próprio peso (*P. alba*). Na absorção de óleo a *P. chilensis* se destacou. Os resultados de cor indicam farinhas com característica de luminosidade clara, leve tendência a cor vermelho e marcada coloração amarela. As farinhas estudadas mostraram ser boa fontes de ferro, potássio e fósforo e deficientes em cálcio. Os teores médios de proteína bruta (10,05 g 100 g⁻¹ MS), cinzas (3,68 g 100 g⁻¹ MS), extrato etéreo (1,08 g 100 g⁻¹ MS), fibra alimentar (45,13 g 100 g⁻¹ MS), açúcares não-reduzidor (variando de 36,46 a 52,51 g 100 g⁻¹ MS), e maior digestibilidade para *P. juliflora* (66,45%) foram reportadas. Com relação aos antinutrientes estudados, a *P. juliflora* indicou o maior nível para o

¹Comitê orientador: Profa. Dra. Angelita Duarte Corrêa – UFLA (Orientadora), Profa. Dra. Celeste Maria, Patto de Abreu – UFLA, Profa. Dra. Maria de Fátima Piccolo Barcelos – UFLA.

inibidor de tripsina com $9,32 \text{ UTI mg}^{-1} \text{ MS}$, menor que para a soja crua. Saponina, lectinas e polifenóis apresentaram teores considerados baixos. No caso do nitrato, a *P. chilensis* contém $2,92 \text{ g NO}_3^- \text{ kg}^{-1} \text{ MS}$. Na elaboração de muffins houve um aumento na concentração da fibra de até 150% e uma diminuição do valor calórico de aproximadamente 15% na substituição de 50% de farinha de trigo pela FFA apresentando uma boa aceitação. O melhor método de extração de goma da FFA foi aquele em que se usou a proporção de 1:10 (peso da farinha: volume de água) com tempo de 60 minutos de agitação, a 70°C . As características químicas indicam uma goma com uma pureza maior que 78% e alto teor protéico. As doses de goma utilizadas (25% e 50% de fibra solúvel sobre o valor presente na ração padrão) mostraram efeito no controle da polifagia dos ratos diabéticos.

GENERAL ABSTRACT

GONZALEZ GALAN, Abel. **Study of the flour and of the gum the algaroba (*Prosopis* spp.)**. 2009. 166 p. Thesis. (Doctorate in Food Science) – The University of Lavras, Lavras-MG.²

The algarroba (*Propopis spp.*), a Leguminous tree found in arid and semi-arid regions of Bolivia and Brazil, is underused, mainly due to lack of knowledge of its chemical, physical and functional characteristics. The objective of this study was to determine the chemical composition of the fruit of different species of algarrobo from Bolivia and Brazil, to make muffins, and to characterize the gum in the flour and seed and its possible hypoglycemic effect. Functional characteristics of grain size, water and oil absorption, color, pH and acidity were determined. Proximal composition, amount of starch, sugars, minerals and in vitro protein digestibility were analyzed. The antinutritional factors studied were: saponin, hemagglutination activity, trypsin inhibitor, polyphenol, nitrate, oxalate and phytate. Algarroba (*Prosopis alba*) fruit flour (AFF) was added in formulating muffins aimed at increasing the proportion of dietary fiber and decreasing the concentration of sugar. Muffins were prepared with 0%, 10%, 20%, 30%, 40% and 50% of algarroba fruit flour. Texture profile analyses were conducted by dual compression or TPA (hardness, springiness and cohesiveness). An acceptance test and shopping intentions was carried out using a structure hedonic scale. To extract the gum from the AFF from *P. juliflora* a technique was selected which obtained the highest proportion of soluble fiber. Gum extracted from the seeds of *P. alba* was added in 25 and 50% above the proportion of soluble fiber in the diet control animal used in the experiment to verify the possible effect of this in diabetic mice. The fruit of algarroba produces flour with good capacity to absorb water and oil, absorbing water up to 2.55 times its own weight (*P. alba*). In the oil absorption of *P. chilensis* is highlighted. The color results indicate meal with clear characteristics of light, slight tendency to red and pronounced yellowing. Flour showed a good source of iron, potassium and phosphorus and deficient in calcium. The average levels of crude protein (10.05 g 100 g⁻¹ dry matter - DM), ash (3.68 g 100 g⁻¹ DM), ether extract (1.08 g 100 g⁻¹ DM), dietary fiber (45, 13 g 100 g⁻¹ DM), non-reducing sugars (ranging from 36.46 to 52.51 g 100 g⁻¹ DM) and higher digestibility of *P. juliflora* (66.45%) were reported. *P. juliflora* showed the higher value of trypsin inhibitors 9.32 UTI mg⁻¹ DM, was well inferior to that of

² Advisor Comitee: Profa. Dra. Angelita Duarte Corrêa – UFLA (Advisor), Profa. Dra. Celeste Maria, Patto de Abreu – UFLA, Profa. Dra. Maria de Fátima Piccolo Barcelos – UFLA.

raw soy. Regarding saponin, hemagglutinin and poliphenol, the levels found are considered low. As for nitrates, the levels found were higher than those reported for peas and beans, with *P. chilensis* presenting the highest value (2.92 g NO₃⁻ kg⁻¹ DM). Muffins showed an increased in fiber concentration of 150% and a decrease in the caloric value of approximately 15% in the replacement of 50% of wheat flour by AFF showing a good acceptance. The method selected to extract was the one that used a proportion of 1:10 flour to water at 70°C for 60 minutes, reaching an extraction of 9.5%. The chemical characteristics indicate a gum with a higher purity to 78% and high protein concentration. The doses used gum (25% and 50% of soluble fiber on the value in the standard diet) showed the effect in control polyphagia of diabetic rats.

RESUMEN GENERAL

GONZALEZ GALAN, Abel. **Estudio de la harina y la goma de la algarroba (*Prosopis spp.*)**. 2009. 166 p. Tesis. (Doctorado en Ciencia de los Alimentos) – Universidad Federal de Lavras, Lavras-MG.³

El algarrobo (*Prosopis spp.*) leguminosa arbórea que se encuentra en zonas áridas y semiáridas de Bolivia y Brasil, es subutilizado, debido principalmente al desconocimiento de sus características químicas, físicas y funcionales. El objetivo fue determinar la composición química de los frutos de diferentes especies de algarrobo de Bolivia y Brasil, elaborar muffins y caracterizar la goma de la harina y las semillas y su posible efecto hipoglicémiante. Fueron determinadas características funcionales, composición centesimal, almidón, azúcares, minerales y digestibilidad *in vitro*. Los factores antinutricionales determinados fueron: saponina, lectina, inhibidor de la tripsina, polifenoles, nitrato, oxalato y fitato. La harina del fruto del algarrobo (FFA) (*Prosopis alba*) fue incorporada en la formulación de muffins para incrementar la fibra alimentar y reducir la concentración de azúcar, en concentraciones de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de FFA. Se evaluaron el color y la composición química de los muffins. Fueron realizados análisis de perfil de textura por compresión dual, pruebas de aceptación sensorial y de intención de compra. Fue seleccionada la técnica que produjo el mejor rendimiento de goma, e luego extraída de las semillas de algarroba. Las gomas fueron caracterizadas químicamente. En la última etapa del experimento, la goma extraída de la semilla *P. alba* fue adicionada en proporción de 25% y 50% de la composición de fibra soluble presente en la ración control utilizada en el experimento animal, para verificar el posible efecto de esta en ratones diabéticos. El fruto del algarrobo produce una harina con buena capacidad de absorción de agua y aceite, absorbiendo agua hasta 2,55 veces su propio peso (*P. alba*). En la absorción de aceite, *P. chilensis* se destacó. Los resultados de color indican harinas con características de luminosidad clara, leve tendencia al color rojo y marcada coloración amarilla. Las harinas estudiadas mostraron ser una buena fuente de hierro, potasio y fósforo y deficiente en calcio. El contenido medio de proteína bruta (10,05 g 100 g⁻¹ MS), cenizas (3,68 g 100 g⁻¹ MS), extracto etéreo (1,08 g 100 g⁻¹ MS), fibra alimentar (45,13 g 100 g⁻¹ MS), azúcares no-reductores (variando de 36,46 a 52,51 g 100 g⁻¹ MS), y mayor digestibilidad para

³ Comité orientador: Profa. Dra. Angelita Duarte Corrêa – UFLA (Orientadora), Profa. Dra. Celeste Maria, Patto de Abreu – UFLA, Profa. Dra. Maria de Fátima Piccolo Barcelos – UFLA.

P. juliflora (66,45%) fueron reportadas. Con relación a los antinutrientes estudiados, la *P. juliflora* mostró el mayor contenido para el inhibidor de tripsina con 9,32 UTI mg⁻¹ MS, menor que para la soja cruda. Saponina, lectinas y polifenoles presentaron contenidos considerados bajos. En el caso del nitrato, la *P. chilensis* presenta 2,92 g NO₃⁻ kg⁻¹ MS. En la elaboración de muffins se evidencio un aumento en la concentración de la fibra de hasta 150% y una disminución del valor calórico de aproximadamente 15% con la substitución de 50% de harina de trigo por FFA presentando una buena aceptación. El mejor método de extracción de goma de la FFA fue aquel en que se utilizo la proporción de 1:10 (peso de harina: volumen de agua) con tiempo de 60 minutos de agitación a 70°C. Las características químicas muestran una goma con una pureza mayor a 78% y alta concentración proteica. Las dosis de goma utilizadas (25% e 50% de fibra soluble sobre el valor presente en la ración patrón) mostraron efecto en el control de la polifagia de los ratones diabéticos.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os alimentos têm se tornado, primariamente, o veículo para nos transportar ao caminho de uma saúde ótima e bem-estar. A dieta tem sido reconhecida como a primeira linha de defesa na prevenção de diversas doenças crônicas não transmissíveis. Sob esse aspecto, os alimentos funcionais e os nutracêuticos se destacam, já que eles apresentam efeitos potencialmente benéficos à saúde, como redução do risco de doenças cardiovasculares e de câncer, controle da obesidade e da função imune, controle da diabetes mellitus tipo II e outros.

O panorama futuro não é muito promissor em relação à diabetes tipo II; a incidência é crescente em proporções alarmantes em muitos países, inclusive nos Estados Unidos e no Brasil. Espera-se, para o ano de 2030, que a prevalência de diabetes tipo II nos Estados Unidos vá crescer 75% e, no Brasil, irá dobrar (Wild et al., 2004).

Na atualidade, as indústrias de alimentos estão pesquisando novos compostos que, incorporados a alimentos já tradicionais, apresentem algum efeito benéfico à população que o consome. As sementes das leguminosas contêm, em diferentes concentrações e composições, gomas que são capazes de atuar como hipoglicemiantes e hipocolesterolêmicos.

Na Bolívia, existe uma árvore chamada cupesi, a qual é também chamada de algaroba, mesquite, huarango,tacco e ong, pertencente à família Fabaceae, e que agrupa várias espécies, entre elas *Prosopis chilensis*, *P. alba* e *P. nigra*. No Brasil, existe outra espécie, chamada de algarobeira (*P. juliflora*), na região nordeste. Essas espécies são encontradas na forma silvestre em regiões com pouca precipitação, tanto no Brasil como na Bolívia.

Os frutos das algarobeiras *Prosopis* spp. são considerados importantes recursos alimentícios humano e animal em regiões áridas e semiáridas do mundo. Na Bolívia, essas leguminosas crescem na zona do chaco, região que é compartilhada com a Argentina e o Paraguai.

A exploração econômica da algarobeira, para aproveitamento de seus frutos na elaboração de produtos alimentares, pode representar uma alternativa de significância ecológica, econômica e social para as regiões áridas, tanto da Bolívia como de outros países. Entretanto, apesar da utilização culinária da farinha de algaroba na região do chaco boliviano, não existem informações científicas disponíveis sobre o seu aproveitamento industrial, havendo, assim, a necessidade da realização de estudos que caracterizem aspectos químicos e tecnológicos da farinha de algaroba.

Os alimentos, para serem considerados inócuos e liberados para o consumo pela população, devem ser caracterizados quanto aos nutrientes e antinutrientes. Apesar de a farinha do *Prosopis* ser amplamente utilizada na elaboração de bebidas, doces e bebida similar ao café, trabalhos relacionados ao estudo dos antinutrientes na farinha são muito escassos.

Além disso, o estudo sobre as gomas (galactomananas) do *Prosopis* da Bolívia é incipiente e elas podem ser consideradas como ingrediente potencial de alimentos funcionais, com funções específicas na diminuição da glicose e do colesterol em pacientes que sofrem das doenças do século XXI, a diabete e doenças cardiovasculares.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi determinar a composição química do fruto de diferentes espécies de algaroba procedentes da Bolívia e do Brasil e caracterizar a goma presente na farinha da semente e seu possível efeito hipoglicemiante.

1.2 Objetivos específicos

Especificamente, objetivou-se:

- elaborar as farinhas de quatro espécies de algaroba e caracterizar sua composição química;
- selecionar a farinha que apresenta maior teor de fibra alimentar e incorporar a mesma na formulação de muffins;
- obter e caracterizar a goma presente na farinha da semente de algaroba;
- estudar o possível efeito hipoglicemiante da goma da semente de algaroba em camundongos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da planta algarobeira

Prosopis é um gênero muito antigo com, aproximadamente, 45 espécies na América do Sul, do Norte e Central, África e Leste da Ásia. A maioria concentra-se em zonas áridas e secas da América do Sul, sendo a Argentina o centro de maior diversidade, com 27 espécies, das quais 8 são árvores e 11 espécies são endêmicas (Food and Agriculture Organization of the United Nations - Fao, 2006).

As espécies do gênero *Prosopis* apresentam grande resistência à seca e à salinidade, tendo alta capacidade de fixar nitrogênio. O fruto, a algaroba, é um legume com elevados teores de proteínas e carboidratos e variam em tamanho, cor e características químicas, segundo a espécie. Isto faz com que seu cultivo seja recomendado com dupla finalidade: deter o avanço da desertificação e a erosão do solo em zonas áridas e semiáridas, e utilizar seus frutos para a alimentação humana e animal em países em desenvolvimento (Fagg & Stewart, 1994).

A algarobeira é uma árvore que pode medir de 5 até 20 m de altura (Figura 1), apresenta raízes profundas e ramificadas, o que lhe permite absorver a umidade subterrânea; o seu tronco é de cor marrom-escuro no centro e branco-cremoso na parte externa; a cortiça é fissurada; em cada nódulo das ramas há de 1 a 2 espinhas opostas. Suas folhas são bipinadas; as flores são em racimos de cor marfim; o fruto é uma leguminosa indeiscente, carnosa, comestível e de cor amarelo palha; as sementes são ovoides e têm cobertura dura (Saldías et al., 1994; Díaz, 1997). Na Bolívia, os frutos da *Prosopis* amadurecem no final da primavera e no início do verão (novembro-janeiro).

As sementes do *Prosopis chilensis* são cozidas e utilizadas na comida por tribos de Madhya Pradesh na Índia (Vijayakumari et al., 1997). Araújo et al. (2002) indicam que as sementes da algaroba são utilizadas como fonte alternativa de alimento por populações pobres em muitos países tropicais, ainda que a sua utilização seja limitada devido à pouca informação dos seus valores nutricionais.

2.2 Nutrientes

Segundo Meyer et al. (1986), as vagens do *Prosopis* apresentam teores de proteína entre 11 e 17 g 100 g⁻¹ e carboidratos entre 13 e 34 g 100 g⁻¹, sendo o principal açúcar a sacarose. As sementes também apresentam galactomanano com características semelhantes às da goma guar. Já Silva et al. (1986) indicam que as vagens da algaroba apresentam conteúdo de proteína de 10 a 14 g 100 g⁻¹ e de carboidratos próximo de 49 g 100 g⁻¹. As proteínas têm baixo nível de metionina e cisteína, porém, elevados níveis de leucina, lisina e valina. Já Meyer et al. (1986) indicam que a proteína das sementes de algaroba é nutricionalmente limitada para os aminoácidos tirosina, metionina e cisteína.

A polpa da vagem de *P. pallida* foi estudada por Bravo et al. (1998), apresentando os seguintes teores, em g 100 g⁻¹, 4,01 de proteína; 0,71 de gordura e 3,67 de cinzas 3,67.

Ortega-Nieblas (1996) estudou a composição da semente de *P. juliflora* registrando: 28,7 g 100 g⁻¹ de proteína; 3,5 g 100 g⁻¹ de cinzas; 5,2 g 100 g⁻¹ de fibra; 14,5 g 100 g⁻¹ de gordura e 48,1 g 100 g⁻¹ de carboidratos.

Com relação aos componentes lipídicos das sementes de algumas *Prosopis*, Lamarque et al. (1993) constataram que elas contêm grande proporção de ácidos graxos insaturados, como ácido oleico (22,0% a 30,8%) e linoleico (37,5% a 52,5%), sendo os ácidos graxos predominantes.

2.3 Antinutrientes

De acordo com Proll et al. (1998), as leguminosas, de maneira geral, podem conter fatores antinutricionais e outras substâncias nocivas à saúde. Dessa forma, grãos não convencionais com potencial de uso na alimentação devem ser testados em dietas animais antes da sua utilização em dietas humanas.

Vijayakumari et al. (1997) citam que as sementes de *P. chilensis* apresentam teores de fenóis livres totais maiores que muitas variedades de ervilhas, níveis elevados de ácido fítico e teor de rafinose comparável ao das diferentes cultivares de soja. Segundo Galera (2000), a maioria de ovelhas alimentadas exclusivamente com os frutos de algaroba morre.

2.3.1 Saponinas

As saponinas são substâncias orgânicas de origem mista que se formam tanto de glicosídeos triterpenoides (de reação ligeiramente ácida) como de esteroides derivados de perhidro-1,2-ciclopentanofenantreno. Estas moléculas encontram-se concentradas na casca dos grãos. Nas formas silvestres, existem as variedades amargas de quinoa, cujo teor máximo (aproximado) de saponina é de $2,8 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ (ainda que a faixa seja variável de acordo com a espécie e o ecotipo), extremamente alta quando comparada com as exigências atuais do mercado, que fixam como valor limite $0,05 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ (Fortúnbel, 2006).

As saponinas são utilizadas para a síntese de cortisona (antinflamatórios) e de hormônios sexuais. O organismo pode empregá-las como precursores de outras substâncias úteis. Altas doses de saponinas na corrente sanguínea podem ser perigosas, pois podem provocar hemólise. Felizmente, sua absorção pelo trato gastrointestinal é reduzida, diminuindo o risco de intoxicação, quando utilizadas via oral. No intestino, atuam facilitando a absorção de algumas substâncias, alguns medicamentos ou alimentos, por aumentarem a permeabilidade das membranas. São laxativas suaves, diuréticas e expectorantes.

A fervura prolongada pode diminuir ou destruir a eficácia das saponinas (Martins et al., 1995).

2.3.2 Lectinas

As lectinas ou hemaglutininas, em geral, são glicoproteínas que têm a propriedade de se ligar a sacarídeos e glicopeptídios. Devido a essa propriedade, podem se ligar a certos componentes da membrana das células sanguíneas, provocando aglutinação. Algumas só aglutinam leucócitos (leucoaglutininas), outras aglutinam hemácias (hemaglutininas) e outras provocam aglutinação mista (Sgarbieri & Whitaker, 1982).

A especificidade das lectinas com relação a diferentes carboidratos possibilita a sua utilização em pesquisas na área biológica e médica, como investigação da superfície de células, caracterização de eritrócitos, como agentes mitogênicos, caracterização de estádios de desenvolvimento de microrganismos diversos, purificação de glicoproteínas, morfologia de neurônios e identificação de conexões neurais no sistema nervoso central (Kennedy et al., 1995).

Martin-Cabrejas et al. (1997) encontraram quantidades consideráveis de inibidores de tripsina/quimotripsina e amilase e elevada atividade de lectinas em cinco cultivares de feijões (*Phaseolus vulgaris*) frescos e estocados por cinco anos. Muitas lectinas também já foram isoladas e caracterizadas de diversas variedades de cogumelos (Kawagishi et al., 1996).

Lectinas purificadas adicionadas à dieta de ratos inibiu seu crescimento, devido à redução na ingestão alimentar e interferência com o metabolismo sistêmico e intestinal levando a grandes perdas de nitrogênio e matéria seca nas fezes e grande diminuição na retenção de nitrogênio absorvido. As lectinas causam destruição do epitélio do intestino delgado e sua hiperplasia, como também induzem inicialmente uma hipertrofia e, após 7 dias, a uma hiperplasia no pâncreas (Grant, 1989).

2.3.3 Inibidor de tripsina

Os inibidores de proteases são proteínas de ampla distribuição no reino vegetal, capazes de inibir as atividades da tripsina, quimotripsina, amilase e carboxipeptidase.

Os efeitos nocivos dos inibidores de proteases em animais alimentados com leguminosa crua são complexos. Muitos estudos com animais monogástricos têm atribuído aos efeitos deletérios, principalmente alterações metabólicas do pâncreas (aumento da secreção enzimática, hipertrofia e hiperplasia) e redução da taxa de crescimento, a presença de inibidores de tripsina na alimentação à base de leguminosas (Al-Wesall et al., 1995).

Antunes & Sgarbieri (1980) obtiveram inativação total de inibidor de tripsina em feijões (*Phaseolus vulgaris*) embebidos em água destilada por uma noite e submetidos à temperatura de 97°C, por 7min30. Segundo os mesmos autores, a 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 facilidade relativa com que os inibidores de proteases podem ser destruídos pelo calor permitiu o uso popular de feijões, como fonte importante de proteína na dieta humana e animal (Fennema, 1996; Silva & Silva, 2000).

2.3.4 Polifenóis

Os polifenóis de leguminosas e cereais são predominantemente taninos de origem flavonoide, sendo solúveis em água, com peso molecular entre 500 e 3.000 e habilidade para precipitar proteína. Mais especificamente, os taninos são compostos de alto peso molecular que contêm suficientes grupos hidroxila fenólica, para permitir a formação de ligações cruzadas estáveis com proteínas (Deshpande & Cheryan, 1985).

O grupo de compostos flavonoides, do qual fazem parte os taninos, possui estrutura básica, C₆-C₃-C₆, que inclui os mais diversos e numerosos

compostos fenólicos de plantas: pigmentos antocianinas, flavonas, flavonóis, flavanonas e alguns menos conhecidos como auronas, chalconas e isoflavonas (Deshpande et al., 1986).

Os taninos condensados inibem importantes enzimas digestivas como a celulase, pectinase, amilase, lipase, enzimas proteolíticas, β -galactosidase e enzimas microbianas envolvidas na fermentação de grãos de cereais. Os taninos também afetam a utilização de vitaminas e minerais, particularmente vitamina A e ferro. O consumo de alimentos ricos em taninos pode ser responsável pela incidência de câncer, como do esôfago, mas pode ter uma associação negativa com a incidência de câncer de estômago. As atividades anticarcinogênica e antimutagênica dos taninos devem estar relacionadas à sua propriedade antioxidativa, que é importante na proteção do dano oxidativo celular, incluindo peroxidação lipídica (Chung et al., 1998).

2.3.5 Nitrato e nitrito

Nitratos e nitritos podem estar presentes naturalmente nos alimentos de origem vegetal e animal e na água e também em decorrência do uso de fertilizantes na agricultura (Rath et al., 1994).

Um problema de grande interesse relacionado com a presença de nitrato e nitrito em alimentos é a propriedade que têm esses compostos de reagir com aminas secundárias para formar nitrosaminas. Certas nitrosaminas são apontadas como carcinogênicas por provocarem o aparecimento de tumores malignos em algumas espécies animais. Nenhuma evidência existente de que essas nitrosaminas possam produzir câncer em humanos (Sgarbieri, 1987).

A ingestão diária de NO_3^- e NO_2^- , considerada aceitável pela Organização Mundial da Saúde (OMS), é de 5 mg kg^{-1} de peso corporal para o nitrato e 0,4 mg kg^{-1} de peso corporal para o nitrito, além da ingestão desses

mesmos componentes já contidos nos alimentos convenientemente preparados (Sgarbieri, 1987).

2.3.6 Oxalato

O ácido oxálico ($C_2O_4H_2 \cdot 2H_2O$) é um ácido dicarboxílico ($pk_1 = 1,46$; $pk_2 = 4,40$) que tem peso molecular 126,067 no seu estado hidratado e 90,036 no seu estado anidro. Nas condições ambientais, é um sólido branco solúvel em água, aproximadamente $10\text{ g } 100^{-1}\text{ mL}$, a 20°C . Forma sais solúveis com íons Na^+ , K^+ e NH_4^+ e insolúveis com Ca^{2+} , Fe^{2+} e Mg^{2+} (Valle-Vega & Lucas-Florentino, 2000).

Altos níveis de oxalatos são encontrados em inúmeros vegetais. Os oxalatos ocorrem geralmente como sais de sódio ou de potássio solúveis, ou como sais de cálcio insolúvel. Os cristais de oxalato de cálcio insolúvel são facilmente visíveis ao exame microscópico das folhas dos vegetais com alto teor de oxalato (Hathcock & Rader, 2003).

A presença de oxalato em alimentos tem sido associada à redução da biodisponibilidade de minerais essenciais, como o cálcio, além de afetar a absorção de ferro, magnésio e zinco (Lindner, 1995). O ácido oxálico é um veneno; sua dose letal varia de 10 a 15 g ou menos. Seu efeito tóxico vem da ação precipitante do cálcio no organismo, formando oxalatos, tornando o cálcio indisponível (Fabre & Truhaut, 1971).

2.3.7 Fitato

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).

A quantidade de ácido fítico presentes nos alimentos de origem vegetal depende de uma série de fatores, como tipo de planta, parte ou órgão que será

analisado, tipo de adubação e estágio de maturação (Sgarbieri, 1987). Setenta e cinco por cento do ácido fítico está associado aos componentes insolúveis da fibra, não sendo detectada sua presença na fração solúvel (Frolich & Asp, 1985).

Grynspan & Cheryan (1989) sugerem que a interação de cálcio, fitato e proteína de soja parece ser afetadas pelo pH do meio e pela concentração dos três componentes. Em pH baixo (<4), 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, ele pode deslocar o fitato do complexo fitato-proteína e torná-lo solúvel. Com o pH alto (>6,5) e concentração de cálcio elevada, o fósforo precipita e a proteína permanece solúvel como resultado da formação de complexos cálcio-fitato insolúveis.

O consumo de fitato não parece ter apenas efeitos negativos na saúde humana. Fitato pode prevenir a formação de cálculo renal (Grases et al., 2000), proteger contra diabetes mellitus (Yoon et al., 1983), ateroscleroses, doenças coronárias (Jariwalla et al., 1990), cáries e contra uma série de cânceres (Vucenik & Shamsuddin, 2003).

2.4 Alimentos funcionais e nutracêuticos

Alimentos funcionais são aqueles que, além do seu valor nutritivo intrínseco, contêm um ou mais compostos nutritivos ou não, que apresentam funções bioquímicas e fisiológicas benéficas à saúde humana. Os compostos específicos presentes e/ou isolados desses alimentos podem ser genericamente chamados de nutracêuticos (Bloch & Thomson, 1995).

Segundo Costa (2006), os alimentos funcionais incluem alimentos integrais, fortificados, enriquecidos ou melhorados que têm efeitos potencialmente benéficos à saúde, quando consumidos regularmente como parte de uma dieta variada e em níveis efetivos.

Os benefícios à saúde são redução de doenças cardiovasculares, efeito inibidor da carcinogênese (Donaldson, 2004), maior sensibilidade à insulina (Alexander et al., 1999), controle da obesidade (Delzenne & Cani, 2005), da função imune e modulação da taxa de envelhecimento (Costa, 2006).

Rosado (2006) indica que, entre os componentes funcionais mais comumente estudados, destacam-se as fibras, os prebióticos, os aminoácidos e imunoglobulinas do soro de leite, alguns condimentos, chás e cafeína. Melby et al. (2006) incluem também alimentos ricos em magnésio, nozes, amendoim e alimentos com alto conteúdo de fibras alimentares, entre outros.

De acordo com Roberfroid (1999), um alimento natural pode ser genuinamente funcional ou tornar-se funcional pelo aumento de concentração, adição ou substituição de um componente. Os alimentos e/ou produtos confeiteiros (como bolachas, pão, macarrão) podem ser considerados exemplos desses alimentos, pois foram adicionados de alguma fonte de fibra, com a finalidade de enriquecê-los.

Best (2000) indica que o desenvolvimento de alimentos para a saúde é uma das tendências principais na indústria de alimentos. Numa pesquisa da revista Food Processing Magazine, realizada no ano 2000, os alimentos funcionais ocuparam o segundo lugar em relação à necessidade de pesquisar e realizar esforços de desenvolvimento nos próximos cinco anos. Nos últimos anos, a indústria de alimentos vem lançando produtos que, consumidos habitualmente e em quantidades adequadas, apresentam impacto positivo sobre a saúde, além do valor nutricional.

2.4.1 Fibra alimentar

2.4.1.1 Definição e classificação

A definição clássica de fibra alimentar (FA) é descrita como uma classe de compostos vegetal constituída, principalmente, de polissacarídeos e

substâncias associadas, que, quando ingeridos, não sofrem hidrólise, digestão e absorção no intestino delgado de humanos (Prosky, 2001).

Segundo os conhecimentos atuais sobre a fermentação no cólon e do ponto de vista nutricional, entende-se como fibra aquele termo que faz referência a diversos carboidratos e a lignina, que resistem à hidrólise pelas enzimas digestivas humanas, mas que podem ser fermentadas pela microflora colônica, e/ou excretadas parcialmente pelas fezes (Lee & Prosky, 1994).

No Brasil, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), a FA é definida como “qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano” (Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003) (Brasil, 2006).

A American Association of Cereal Chemists (AACC) elaborou a seguinte definição para fibra: a FA é a parte comestível das plantas ou de carboidratos análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado de humanos com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. A FA inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias associadas às plantas. A FA promove efeitos fisiológicos benéficos, incluindo laxação e/ou atenuação do colesterol do sangue e/ou atenuação da glicose do sangue (AACC, 2001).

Em alguns países, como o Japão, o conteúdo de FA é descrito nas tabelas de composição de alimentos tanto para alimentos de origem vegetal como para os de origem animal, como a quitina e derivados que são polissacarídeos de origem animal (Prosky, 2001).

Segundo Roberfroid (1993), ao termo fibra poder-se-iam incluir os polissacarídeos não-amido, a inulina, os fructoligossacarídeos (FOS), o amido resistente e a lignina, ainda que a lignina não seja um polissacarídeo, mas que deveria ser considerada como fibra.

Como o termo fibra, a classificação da mesma está em pleno debate. A classificação da fibra que apresenta maior interesse do ponto de vista biológico é aquela relativa ao seu grau de solubilidade em água. As fibras podem ser classificadas, quanto à sua solubilidade em água, em solúveis e insolúveis.

A FA solúvel é composta por pectinas, beta-glicanas, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses. Os componentes insolúveis são lignina, pectinas insolúveis, celulose e hemiceluloses. Esta classificação apresenta importância quanto à sua ação, pois os efeitos fisiológicos das fibras solúveis são diferentes das fibras insolúveis (Gutkoski & Trombetta, 1999).

Os polissacarídeos não-amido são constituídos por centenas de unidades de monossacarídeos. A sua composição depende do número e da variedade de monossacarídeos, da ordem nas cadeias de polímeros, do tipo de enlaces, etc. (Roberfroid, 1993).

A inulina e os fruto-oligosacarídeos (FOS) são os frutanos mais estudados, do ponto de vista nutricional e tecnológico. A inulina está presente, em quantidades significativas, em várias frutas e verduras comestíveis e cereais (PAK, 2006).

Tanto a inulina quanto os FOS têm demonstrado que resistem às enzimas digestivas humanas e fermentam no cólon. Estas propriedades similares às das fibras conhecidas e que se têm demonstrado mediante provas enzimáticas *in vitro* (Anderson et al., 2000).

Figueiredo (1983) demonstrou que os frutos de *P. juliflora* apresentaram, na sua composição, galactose e manose na proporção 1:4,2, com peso molecular de 250.000, sendo considerado uma fonte de galactomanano.

2.4.1.2 Propriedades e atividade biológica

As fibras insolúveis não são viscosas e não são fermentadas ou são fermentadas parcialmente no cólon. Já as solúveis são, com frequência, viscosas e altamente fermentáveis (Roberfroid, 1993).

Devido a essas propriedades, as fibras solúveis retardam o esvaziamento gástrico, a absorção da glicose e reduzem o colesterol no soro sanguíneo. Já as insolúveis aceleram o trânsito intestinal e aumentam o peso das fezes, contribuindo para a redução do risco de doenças do trato gastrointestinal (Anderson, 1985).

De acordo com Calixto (1993), a propriedade mais apreciada das fibras alimentares é a capacidade de retenção de água (CRA). Do ponto de vista fisiológico, maior CRA propicia maior volume do bolo alimentício e, portanto, maior sensação de saciedade, maior volume e peso das fezes.

As FA solúveis, como gomas, mucilagens, substâncias pécticas e outros polissacarídeos solúveis, absorvem muita água já a partir do estômago, formando sistemas viscosos de consistência gelatinosa que podem retardar o esvaziamento gástrico e o trânsito do conteúdo intestinal.

Esses polissacarídeos tendem a formar uma camada viscosa de proteção à mucosa do estômago e do intestino delgado, dificultando a absorção, principalmente de açúcares e gorduras. Este, talvez, seja o mecanismo pelo qual esses polissacarídeos ajudam a baixar os níveis lipídicos sanguíneos e teciduais, assim como glicemia, prevenção de certas enfermidades, como diverticulite, câncer de cólon, obesidade, problemas cardiovasculares e diabetes (Rössner, 1992; Truswell & Beynen, 1992; Anderson et al., 2000; Derivi & Mendez, 2001).

A fração insolúvel exerce um efeito físico-mecânico, aumentando o volume do bolo alimentar e das fezes e diminuindo o tempo de trânsito intestinal. Esses componentes, ao se hidratarem, ligam não somente água, mas

também elementos minerais, vitaminas, sais biliares, hormônios e lipídios, dificultando a absorção e aumentando a excreção dessas substâncias (Schweizer & Edwards, 1992).

Hoje, se admite que as fibras sejam essenciais para o perfeito funcionamento do trato gastrintestinal. Elas possuem função importante não apenas na formação do bolo alimentar, mas também na modulação da absorção dos nutrientes e como elemento adsorvente para reter compostos nocivos que, dessa forma, não são absorvidos pelo organismo. Também se correlacionam com a redução na incidência de câncer de intestino e, até certo ponto, com o controle da diabete em pacientes não dependentes de insulina (Buckeridge et al., 2000).

Outro termo que vem sendo associado à FA é o de prebiótico (substância que não é digerível e que, ao fermentar no cólon, pode favorecer o desenvolvimento de determinadas bactérias saudáveis, como lactobacilos e bifidos). A este grupo pertencem a inulina e o oligofrutano (Saura-Calixto, 2006).

2.4.1.3 Emprego da fibra alimentar

Há uma grande disponibilidade de alimentos regionais e tradicionais com teor significativo de FA como frutas, hortaliças e, principalmente, cereais e leguminosas. Fontes concentradas de FA, obtidas a partir de diferentes resíduos industriais, foram caracterizadas e avaliadas, podendo ser utilizadas no enriquecimento de alimentos (Giutini et al., 2003).

A FA pode ser utilizada no enriquecimento de produtos ou como ingrediente, pois é constituída de polissacarídeos, lignina, oligossacarídeos resistentes e amido resistente, entre outros, que têm diferentes propriedades físico-químicas. De maneira geral, essas propriedades permitem inúmeras aplicações na indústria de alimentos, substituindo gordura ou atuando como agente estabilizante, espessante e emulsificante. Dessa forma, podem ser

aproveitadas na produção de diferentes produtos, como bebidas, sopas, molhos, sobremesas, derivados de leite, biscoitos, massas e pães (Cho & Dreher, 2001).

Cho & Dreher (2001) indicam que, devido às propriedades físico-químicas da fibra, há também benefícios tecnológicos que podem e devem ser explorados na produção de alimentos, somando-se estas qualidades aos atributos nutricionais.

2.4.1.4 Doenças associadas à falta de fibra na alimentação

Atualmente, existem várias doenças que afetam grande proporção da população mundial, as quais estão associadas à alimentação, ao ritmo de vida e à hereditariedade. Entre elas estão diabetes mellitus, hiperlipidemia, diverticuloses, câncer de cólon e outras.

a) Diabetes mellitus

A American Diabetes Association (2000) define a diabetes como um grupo de transtornos provocados por um defeito na produção de insulina, na ação deste hormônio, ou nos dois processos.

A diabetes ocasiona um desajuste geral na utilização de combustível celular, como a captação celular de aminoácidos e ácidos graxos, assim como da glicose. Implica também num déficit absoluto ou relativo de insulina.

No Brasil, o estudo multicêntrico sobre prevalência de diabetes mellitus (Malerbi & Franco, 1992) encontrou prevalência geral da doença de 7,6%, em pessoas de 30 a 69 anos. Destas, metade não tinha conhecimento de ser portadora da doença e, das previamente diagnosticadas, 22% não faziam nenhum tratamento.

Sua importância, nas últimas décadas, vem crescendo em decorrência de vários fatores, como maiores taxas de urbanização, industrialização, sedentarismo, obesidade, aumento da qualidade de vida e maior sobrevida dos

diabéticos. Juntamente com as doenças cardiovasculares, neoplasias malignas e causas externas, a diabetes está entre os quatro mais importantes problemas de saúde, em termos de número de pessoas afetadas, pela considerável morbidade associada à sua presença, pelos custos envolvidos em seu controle e no tratamento de suas complicações, pelas incapacitações que produz e pelo número de anos de vida perdidos, em decorrência da mortalidade prematura (Franco et al., 1998).

b) Classificação da diabetes mellitus

Wylie-Rosett & Vinicor (2003) classificam a diabetes em quatro grupos básicos, que incluem o tipo I (anteriormente conhecida como diabetes mellitus dependente da insulina), o tipo II (previamente denominada como diabetes mellitus não dependente da insulina), a diabetes gestacional e a diabetes secundária no dano pancreático ou resistência à insulina causada por outras enfermidades ou tratamentos.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, a diabetes mellitus tipo I é uma das mais importantes doenças crônicas da infância, em esfera mundial. Nos Estados Unidos, dos 651.000 casos novos diagnosticados a cada ano, 11.000 são em crianças e adolescentes, constituindo-se, assim, na segunda mais importante doença crônica, nestas faixas etárias, naquele país (Pond et al., 1995).

A diabetes tipo I frequentemente progride com sequelas, tais como amputação, cegueira, nefropatia e retinopatia, comprometendo a qualidade de vida do portador (Dall'antonia & Zanetti, 2000).

A diabetes mellitus II (DMII) resulta de defeitos na secreção e na ação da insulina. Ela está frequentemente associada a resistência à insulina, obesidade androide, dislipidemia e hipertensão arterial, constituindo a síndrome metabólica. O tratamento atual visa diminuir a resistência à insulina e melhorar a função da célula beta pancreática com dieta, exercícios, hipoglicemiantes orais,

anti-hiperglicemiantes e/ou drogas antiobesidade. Novas drogas no tratamento do DMII estão surgindo, tornando possíveis múltiplas opções terapêuticas (Araujo et al., 2000), tais como exenatida, liraglutida e vildagliptina (Pi-Sunyer, 2008).

O diabetes mellitus gestacional (DMG) envolvendo qualquer grau de intolerância à glicose precisa ser detectado porque é causa de morbidades para mãe e filho, durante e após a gravidez (Kjos & Buchanan, 1999).

Entre estas, encontra-se o risco materno aumentado para o desenvolvimento de diabetes no futuro, cuja frequência relatada tem sido variável. Vários fatores influenciam esta frequência: 1) tempo evolutivo a partir do diagnóstico de DMG; 2) critério diagnóstico do DMG, que ainda não está universalmente padronizado; 3) grau de intolerância à glicose apresentada pela mãe durante a gestação; 4) idade gestacional ao diagnóstico de DMG; 5) etnia; 6) idade materna; 7) paridade; 8) obesidade, principalmente a do tipo abdominal e 9) história familiar de diabetes, principalmente em primeira geração (Dornhorst & Rossi, 1998).

Metzger et al. (1985) afirmam que 75% das mulheres com glicemia de jejum $>130 \text{ mg dL}^{-1}$ desenvolveram diabetes num período de seis meses após o parto, cifra claramente superior aos 10% verificados entre aquelas com valores glicêmicos gestacionais de jejum inferiores a 105 mg dL^{-1} .

2.4.1.5 Alimentos funcionais e diabetes mellitus

Há um interesse crescente na identificação de alimentos específicos e no desenvolvimento de produtos alimentícios que possam reduzir o risco de diabetes tipo II. Existem dois métodos primários usados para determinar tais alimentos: 1) a partir de estudos epidemiológicos, podem ser identificadas associações entre a incidência de diabetes tipo II e hábitos alimentares, alimentos e nutrientes específicos e 2) alimentos e nutrientes podem ser examinados quanto à melhoria

de defeitos celulares específicos, relacionados à resistência insulínica e à reduzida secreção de insulina (Melby et al., 2006).

Muitos padrões dietéticos, alimentos e nutrientes específicos relacionados à redução do risco de diabetes foram identificados por estudos epidemiológicos. Entre eles incluem-se produtos lácteos, café, alimentos ricos em magnésio, consumo de gordura saturada baixo em relação aos poliinsaturados, nozes e amendoim, além de padrões alimentares com baixo índice glicêmico e alto conteúdo de fibras alimentares, particularmente fibra de cereais (Mckeown et al., 2004; Melby et al., 2006).

2.4.2 Galactomananas

As galactomananas são polissacarídeos que se enquadram dentro das fibras solúveis em água, encontradas, principalmente, no endosperma de sementes de plantas, em sua maioria da ordem *Fabales*, segundo a classificação sugerida por Cronquist (1981) ou família *Leguminosae*, de acordo com classificação de Engler (1964).

São constituídas por manose, que formam uma cadeia principal de manano com ligações β (1 \rightarrow 4), ramificada com resíduos de galactose ligadas à cadeia principal com ligações α (1 \rightarrow 6) (Panegassi, 2000) (Figura 1). Existem diferentes fontes de galactomanana que diferem entre si na proporção manose:galactose, o que causa variação na solubilidade, nas características reológicas e em outras propriedades (Kapoor et al., 1998).

Dentre as muitas espécies de galactomananas já estudadas, três são utilizadas comercialmente, alfarrobo (*Ceratonia siliqua*), guar (*Cyamopsis tetragonolobus*) e, mais recentemente, a tara (*Caesalpinia spinosa* (M.) Kuntza). (Neukom, 1989).

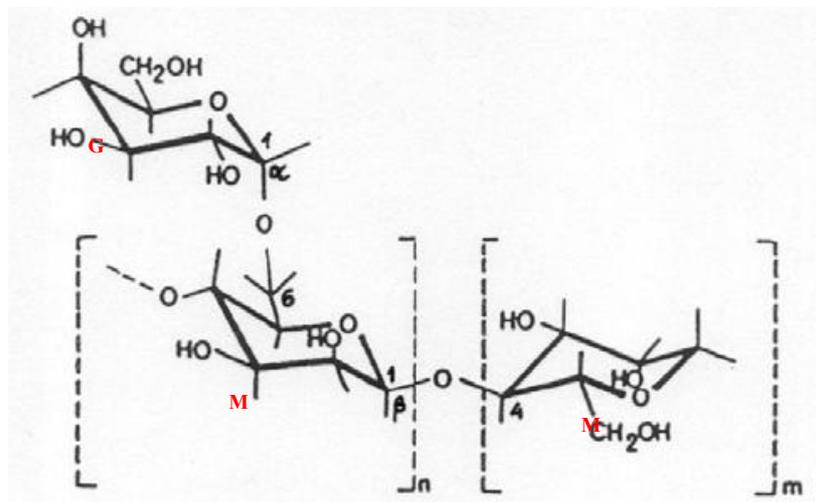


FIGURA 1 Estrutura genérica das galactomananas: manose (M) e galactose (G)

Segundo Reicher & Ganter (2001), o consumo de galactomanana (principalmente goma guar), em todo o mundo e também no Brasil, tem aumentado significativamente nos últimos anos. É importante observar que a galactomanana utilizada pela indústria brasileira é obtida por meio de importação.

As galactomananas são muito empregadas pelas indústrias farmacêutica e cosmética, em virtude, principalmente, da sua capacidade de formar gel em associação com outros polissacarídeos, de controlar a atividade de água, de estabilizar soluções e dispersões aquosas e por causa do seu alto poder espessante (Reid & Edward, 1995).

Outra aplicação das galactomananas é na indústria de alimentos (40% da produção mundial), sendo utilizadas para estabilizar sorvetes e sobremesas geladas, manufatura de queijos, produção de alimentos (pães, biscoitos, pizza e bolos) com finalidades terapêuticas, pois causam a queda do colesterol (Evans et al., 1992).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, H.; LOCKWOOD, L.P.; HARRIS, M. A.; MELBY, C. L. Risk factors for cardiovascular disease and diabetes in two groups of Hispanic Americans with differing dietary habits. **Journal of the American College of Nutrition**, Stanford, v. 18, n. 2, p. 127-136, Apr. 1999.

AL-WESALI, M.; LAMBERT, N.; WELHAM, T.; DOMONEY, C. The influence of pea seed trypsin inhibitors on the in vitro digestibility of casein. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 68, n. 4, p. 431-437, Apr. 1995.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World Journal**, Minnesota, v. 46, n. 3, p. 112-126, Mar. 2001.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Report of the expert committee on the diagnosis and classification do diabetes mellitus. **Diabets Care**, Stanford, v. 23, n. 1, p. 4-19, Jan. 2000.

ANDERSON, J. W. Physiological and metabolic effects of dietary fiber. **Federation Proceedings**, Washington, v. 44, n. 14, p. 2902-2906, Nov. 1985.

ANDERSON, J. W.; ALLGOOD, L. D.; LAWRENCE, A.; ALTRINGER, L. A.; JERDACK, G. R.; HENGEHOLD, D. A.; MOREL, J. G. Cholesterol-lowering effects of psyllium intake adjunctive to diet therapy in men and women with hypercholesterolemia: Meta-analysis of controlled trials. **American Journal Clinical Nutrition**, Stanford, v. 71, n. 2, p. 472-479, Feb. 2000.

ANTUNES, P.L.; SGARBIERI, V.C. Fatores antinutricionais, toxicidade e valor nutricional do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Agros**, Pelotas, v. 15, n. 1, p. 39-62, jan.1980.

ARAUJO, A. H.; CARDOSO, P. C. B.; PEREIRA, R. A.; LIMA, L. M.; OLIVEIRA, A. D.; MIRANDA, M. R. A.; XAVIER-FILHO, J.; SALES, M. P. In vitro digestibility of globulins from cowpea (*vigna unguiculata*) and xerophitic algaroba (*Prosopis juliflora*) seeds by mammalian digestive proteinases: a comparative study. **Food Chemistry**, Amsterdan, v. 78, n. 2, p. 143-147, Aug. 2002.

ARAÚJO, L. M. B.; BRITTO, M. M.; PORTO DA CRUZ, T. R. Tratamento do diabetes mellitus do tipo 2: novas opções. **Arquivos Brasileiros Endocrinologia Metabologia**, São Paulo, v. 44, n. 6, p. 509-518, Dec. 2000.

BEST, D. The 2000 top 100 R&D survey. **Food Processing**, Chicago, v. 61, n. 9, p. 18-20, Sept. 2000.

BLOCH, A.; THOMSON, C. A. Position of the American Dietetic Association: Phytochemical and functional foods. **Journal of the American Dietetic Association**, New York, v. 95, n. 4, p. 493-96, Apr. 1995.

BRAVO, L.; GRADOS, N.; SAURA-CALIXTO, F. Characterization of syrups and dietary fiber obtained from mesquite pods (*Prosopis pallida* L). **Journal of Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 5, p. 1727-1723, Mar. 1998.

BRASIL. Resolução n. 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 de dezembro de 2003. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: 1 set. 2006.

BUCKERIDGE, M. S.; TINE, M. A. S.; SANTOS, H. P.; LIMA, D. U. Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes. Estrutura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, p. 137-162, 2000. Edição Especial.

CALIXTO, F. S. Fibra dietética de manzana: hacia nuevos tipos de fibras de alta calidad. **Alimentaria**, Madrid, v. 4, n. 1, p. 57-61, mayo 1993.

CHO, S. S.; DREHER, M. L. **Glucose**: handbook of dietary fiber. New York: M. Dekker, 2001. 894 p.

CHUNG, K. T.; WONG, T. Y.; WEI, C. I.; HUANG, Y. W.; LIN, Y. Tannins and human health: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 38, n. 6, p. 421-464, Aug. 1998.

COSTA, N. M. B. Biotecnología aplicada ao valor funcional dos alimentos. In: BRUNORO, N. M. C.; ROSA, C. O.B. (Ed.). **Alimentos funcionais**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 185-202.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University, 1981. 1262 p.

DALL'ANTONIA, C.; ZANETTI, M. L. Self-administration of insulin by diabetic type 1 children. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 8, n. 3, p. 51-58, jul. 2000.

DELZENNE, N. M.; CANI, P. D. A place for dietary fiber in the management of the metabolic syndrome. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, London, v. 8, n. 6, p. 636-640, Nov. 2005.

DERIVI, S. C. N.; MENDEZ, M. H. M. Uma visão retrospectiva da fibra e doenças cardiovasculares. In: LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. (Ed.). **Fibra dietética en iberoamérica: tecnología y salud**. São Paulo: Livraria Varela, 2001. cap. 30, p. 411-430.

DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M. Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, n. 4, p. 905-910, Aug. 1985.

DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. Interactions of tannic acid and catechin with legume starches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 6, p. 2080-2083, Nov./Dec. 1982.

DIAZ, A. **Guía para el cultivo y aprovechamiento de los algarrobos o trupillos**. Colombia: Guadalupe, 1997. 41 p.

DONALDSON, M. S. Nutrition and cancer: a review of the evidence for an anticancer diet. **Nutrition Journal**, London, v. 3, n. 19, Oct. 2004. Disponível em: < <http://www.nutritionj.com/content/3/1/19>>. Acesso em: 15 maio 2009.

DORNHORST, A.; ROSSI, M. Risk and prevention of type 2 diabetes in women with gestational diabetes. **Diabetes Care**, Stanford, v. 21, p. B43-B49, 1998. Supplement 2.

ENGLER, H. G. A. **Syllabus der pflanzenfamilien**. Berlin: Nikolasse, 1964. v. 2.

EVANS, A. J.; HOOD, R. L.; OAKENFULL, D. G.; SIDHU, G. S. Relationship between structure and function of dietary fibre: a comparative study of effects of three galactomannans on cholesterol metabolism in the rat. **Brazilian Journal of Nutrition**, Campinas. v. 68, n. 1, p. 217-229, jul. 1992.

FABRE, R.; TRUHAUT, R. **Toxicologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1971. 887 p.

FAGG, C; STEWARD, T. The value of *Acacia* and *prosopis* in arid and semi-arid environments. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 3-25, May 1994.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1996.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Red latinoamericana de cooperación técnica en sistemas agroforestales, especies arbóreas y arbustivas para las zonas aridas y semiáridas de américa latina. In: OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE, 1997, Santiago. **Anais eletrônicos...**Santiago, 1997. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/redes/sisag/arboles/default.htm#indice>>. Acesso em: 12 out. 2006.

FIGUEIREDO, A. de A. Extração, Identificação e características do polissacarídeo da semente de algarobeira (*Prosopis juliflora* DC). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 82-89, jan. 1983.

FORTUNBEL, F. Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quinoa* W. (*Chenopodiaceae*), debida a la presencia de las saponinas. **Ciência Aberta**, Santiago, v. 21, n. 1, dic. 2002. Disponível em: <<http://cabierta.uchile.cl/~cabierta/revista/21/articulos/pdf/paper6.pdf>>. Acesso em: 30 aug. 2006.

FRANCO, L. J.; MAMERI, C.; PAGLIARO, H.; IOCHIDA, L. C.; GOLDENBERG, P. Diabetes as underlying or associated cause of death in the State of S. Paulo, 1992. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 237-245, jun. 1998.

FROLICH, W.; ASP, N. G. Minerals and phytate in the analysis of dietary fiber from cereals III. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 62, n. 4, p. 238-242, Aug./Sept. 1985.

GALERA, F. M. **Los algarrobos**: las especies del género *Prosopis* (Algarrobos) de America Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. Córdoba: Graziani, 2000. 269 p.

GIUNTINI, E. B.; LAJOLO, F. M.; DE MENEZES, E. W. Potencial de fibra alimentar em países ibero-americanos: alimentos, produtos e resíduos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 53, n. 1, p. 14-20, 2003.

GRANT, G. Anti-nutritional effects of soybean: a review. **Progress in Food & Nutrition Science**, Oxford, v. 13, n. 3, p. 317-348, 1989.

GRASES, F.; MARCH, J. G.; PRIETO, R. M.; SIMONET, B. M.; COSTA-BAUZA, A.; GARCIA-RAJA, A.; CONTE, A. Urinary phytate in calcium oxalate stones formers and healthy people. **Scandinavian Journal of Urology and Nephrology**, Stockholm, v. 34, n. 3, p. 162-164, 2000.

GRYNSPAN, F.; CHERYAN, M. Phytate-calcium interactions with soy protein. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, Champaign, v. 66, n. 1, p. 93-97, 1989.

GUTKOSKI, L. C., TROMBETTA, C. Avaliação dos teores de fibra alimentar e de beta-glicanas em cultivares de aveia (*Avena Sativa* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 387-390, set. 1999.

HATHCOCK, J. N.; RADER, J. I. Aditivos, contaminantes e toxinas naturais de alimentos. In: SHILS, M. (Ed.). **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. 9. ed. São Paulo: Manole, 2003. v. 2, cap. 113, p. 1971-1998.

JARIWALLA, R. J.; SABIN, R.; LAWSON, S.; HERMAN, Z. S. Lowering of serum cholesterol and triglycerides and modulation of divalent cations by dietary phytate. **Journal of Applied Nutrition**, Chicago, v. 42, n. 1, p. 18-28, Apr. 1990.

KAPOOR, V. P.; TARAVEL, F. R.; JOSELEAU, J. P.; MILAS, M.; CHANZY, H.; RINAUDO, M. Cassia spectabilis DC seed galactomannan: structural, crystallographical and rheological studies. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 306, n. 1/2, p. 231-241, 1998.

KAWAGISHI, H.; WASA, T.; MURATA, T.; USUI, T.; KIMURA, A.; CHIBA, S. Two N-cetyl-D-galactosamine-specific lectins from *Phaeolepiota aurea*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 41, n. 4/5, p. 1013-1016, Mar. 1996.

KENNEDY, J. F.; PALVA, P. M. G.; CORELLA, M. T. S.; CAVALCANTI, M. S. M.; COELHO, L. C. B. B. Lectins, versatile proteins of recognition: a review. **Carbohydrate Polymers**, Great Yarmouth, v. 26, n. 3, p. 219-230, 1995.

KJOS, S. L.; BUCHANAN, T. A. Gestational diabetes mellitus. **New England Journal of Medicine**, Massachusetts, v. 341, n. 21, p. 1749-56, Dec. 1999.

LAMARQUE, A. L.; MAESTRI, D. M.; GROSSO, N. R.; ZYGADLO, J. A.; GUZMAN, C. A. Proximate composition and seed lipid components of some *Prosopis* (Leguminosae) from Argentina. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 66, n. 2, p. 323-326, Sept. 1993.

LEE, S. C.; PROSKY, L. Perspectives on new dietary fiber definition. **Cereal Foods World Journal**, Minnesota, v. 39, n. 12, p. 767-768, Dec. 1994.

LINDNER, E. **Toxicologia de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1995. 262 p.

MAGA, J. A. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 30, n. 1, p. 1-9, Jan. 1982.

MALERBI, D. A.; FRANCO, L. J. Multicenter study of the prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose tolerance in the urban Brazilian population aged 30-69 yr., The Brazilian Cooperative Group on the Study of Diabetes Prevalence. **Diabetes Care**, Stanford, v. 15, n. 11, p. 1509-16, Nov. 1992.

MARTÍN-CABREJAS, M. A.; ESTEBAN, R. M.; PEREZ, P.; MAINA, G.; WALDRON, K. W. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 45, n. 8, p. 3223-3227, Aug. 1997.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 220 p.

MCKEOWN, N. M.; MEIGS, J. B.; LIU, S.; SALTZMAN, E.; WILSON, P. W.; JACQUES, P. F. Carbohydrates nutrition, insulin resistance, and prevalence of the metabolic glucose in the framingham offspring cohort. **Diabetic Care**, Stanford, v. 27, n. 2, p. 538-546, Feb. 2004.

MELBY, C.; SCHMIDT, S.; HICKEY, M. H. Alimentos funcionais, resistencia insulínica e diabetes. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. (Ed.). **Alimentos Funcionais**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 159-184.

METZGER, B. E.; BYBEE, D. E.; FREINKEL, N.; PHELPS, R. L.; RADVANY, R. M.; VAISRUB, N. Gestational diabetes mellitus: correlations between the phenotypic and genotypic characteristics of the mother and abnormal glucose tolerance during the first year postpartum. **Diabetes**, New York, v. 34, p. 111-115, June 1985. Supplement 2

MEYER, D.; BECKER, R.; GUMBMANN, M.R.; VOHRA, P.; NEUKOM, H.; SAUNDERS, M. Processing, composition, nutritional evaluation, and utilization of mesquite (*Prosopis spp.*) pods as a raw material for the food industry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 34, n. 5, p. 914-919, May 1986.

NEUKOM, H. Galactomannans: properties and applications. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, London, v. 22, n. 2, p. 41-45, Apr. 1989.

ORTEGA-NIEBLAS, M. Protein quality and antinutritional factors of wild legume seeds from the sonoran desert. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington v. 44, n. 10, p. 3130-3132, Oct. 1996.

PAK, N. Inulina y fructooligosacáridos: propiedades nutricionales y funcionales. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. (Coord.). **Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos**. São Paulo: Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, 2006. pág. 335-356.

PANEGASSI, V. R.; SERRA, G. E.; BUCKERIDGE, M. S. Potencial tecnológico da galactomanana da semente de faveiro (*Dimorphandra mollis*) para uso na indústria de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 406-415, set./dez. 2000.

PI-SUNYER, F. X. Avances en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 y la enfermedad cardiovascular. **Revista Española de Cardiología**, Madrid, v. 8, p. 62-72, mayo 2008. Suplemento C. Disponível em: < <http://apuntesmedicos.net/2008/05/31/avances-en-el-tratamiento-de-la-diabetes-mellitus-tipo-2-y-la-enfermedad-cardiovascular/>>. Acesso em: 15 maio 2009.

POND, J. S.; PETERS, M. L.; PANNELL, D. L.; ROGERS, C. S. Psychosocial challenges for children with insulin-dependent diabetes mellitus. **The Diabetes Educator**, Massachusetts, v. 21, n. 4, p. 297-299, July 1995.

PROLL, J.; PETZKE, J.; EZEAGU, E. I.; METGES, C. C. Low nutritional quality of unconventional tropical crop seeds in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, n. 11, p. 2014-2022, Nov. 1998.

PROSKY, L. What is dietary fibre?: new look at the definition. In: MCCLEARY, B. V.; PROSKY, L. (Ed.). **Advanced dietary fibre: technology**. London: Blackwell Science, 2001. p. 63-76.

RATH, S.; XIMENES, M. I. N.; REYES, F. G. R. Teores de nitrato e nitrito em vegetais cultivados no Distrito Federal: um estudo preliminar. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 54, n. 2, p. 126-130, jul./dez. 1994.

REICHER, F.; GANTER, J. L. M. S. Composição química e caracterização estrutural de galactomananas de espécies brasileiras. In: LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. (Coord.). **Fibra dietética en Iberoamerica: tecnología y salud, obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2001. cap. 2, p. 27-41.

REID, J. S. G.; EDWARDS, M. E. Galactomannans and other cell wall storage polysaccharides in seeds. In: STEPHEN, A. M. (Ed.). **Food polysaccharides and their applications**. New York: M. Dekker, 1995. cap. 6, p. 155-86.

ROBERFROID, M. B. Concepts in functional foods: the case the inulin and oligofructose. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 129, n. 7, p. 1398-401, July 1999.

ROBERFROID M. Dietary fiber, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects. **Critical Review Food Science Nutrition**, Boca Raton, v. 33, n. 2, p. 103-148, 1993.

ROSADO, E. L. Obesidade e alimentos funcionais. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. (Ed.). **Alimentos funcionais**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 115-134.

RÖSSNER, S. Dietary fibre in the prevention and treatment of obesity. In: SCHWEIZER, T. F.; EDWARDS, C. A. (Ed.). **Dietary fibre: a component of food**. New York: Springer Verlag, 1992. p. 265-277.

SALDIAS, M.; JOHNSON, J.; LAURENCE, A.; QUEVEDO, R.; GARCIA, B. **Guia para uso de árboles en sistemas agroforestales para Santa Cruz**. Bolivia: ASMIDOR, 1994. 188 p.

SAURA-CALIXTO, F. Evolución del concepto fibra. In: LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. (Ed.). **Fibra dietética en iberoamérica: tecnología y salud**. São Paulo: Livraria Varela, 2006. cap. 30, p. 411-430.

SCHWEIZER, T. F.; EDWARDS, C. A. (Ed.). **Dietary fibre: a component of food, nutritional function in health and disease**. New York: Springer Verlag, 1992. 354 p.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição: fator saúde e desenvolvimento**. São Paulo: Almed, 1987. 387 p.

SGARBIERI, V. C.; WHITAKER, J. R. Physical, chemical, and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. **Advances in Food Research**, San Diego, v.28, n. 1, p. 94-166, Apr. 1982.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 166 p.

SILVA, L. F.; FARIAS, G. G. M.; NASCIMENTO, C. B. S.; LIMA, C. I.; NEGREIROS, A. N. M.; LIMA, D. F.; FLORES, H. *Prosopis juliflora* pods and flour syrup processing and nutritional evaluation. In HABIT, M. A. (Ed.). **The current state of knowledge on Prosopis juliflora**. Recife: FAO, 1986. cap. 7, p. 405-408.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lectinas. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 13, n. 1. p. 3-9, 2000.

TORRES, M.; RODRIGUEZ, A. R.; SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 1, n. 1, p. 1-22, Jan. 1991.

TRUSWELL, A. S.; BEYNEN, A. C. Dietary fibre and plasma lipids: potential for prevention and treatment of hyperlipidaemias. In: SCHWEIZER, T. F.; EDWARDS, C.A. (Ed.). **Dietary fiber: a component of food**. New York: Springer Verlag, 1992. p. 295-332.

VALLE-VEGA, P.; LUCAS-FLORENTINO, B. **Toxicología de alimentos**. Ciudad del México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2000. 267 p.

VIJAYAKUMARI, K.; SIDDHURAJU, P.; JANARDHANAN, K. Effect of domestic processing on the level of certain antinutrients in *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz seeds. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 59, n. 3, p. 367-371, July 1997.

VUCENIK, I.; SHAMSUDDIN, A. M. Cancer inhibition by inositol hexaphosphate (IP6) and inositol: from laboratory to clinic. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 133, n. 11, p. 3778S-3784S, Nov. 2003.

WILD, S.; ROGLIC, G.; GREEN, A.; KING, H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. **Diabetes Care**, Stanford, v. 27, n. 5, p. 1047-1053, May 2004.

WYLIE-ROSETT, J.; VINICOR, F. Diabetes Mellitus. In: BOWMAN, B.; RUSSELL, R. **Conocimientos actuales, sobre nutrición**. 8. ed. Washington: OPS, 2003. p. 602-614.

YOON, J. H.; THOMPSON, L. U.; JENKINS, D. J. A. The effect of phytic acid on in vitro rate of starch digestibility and blood glucosa response. **American Journal of Clinical Nutrition**, Stanford, v. 38, n. 6, p.835-842, Mar. 1983.

CAPÍTULO 2

NUTRIENTES, ANTINUTRIENTES Y PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA HARINA DEL FRUTO DE LA ALGARROBA (*Prosopis spp.*).

Parte de este capítulo fue publicado:

GONZÁLEZ-GALÁN, A.; CORRÊA, A.D.; ABREU, C.M.P. de; BARCELOS, M de F.P. Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis spp.* procedente de Bolivia y Brasil. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Caracas, v. 58 n.3, p.309-316, 2008.

1 RESUMO

Prosopis spp. es una leguminosa ampliamente distribuida en las regiones áridas de América del Sur, conocida como algarroba. En Bolivia existen varias especies que aun no han sido estudiadas desde el punto de vista funcional y nutricional. El objetivo de este trabajo fue caracterizar los nutrientes y antinutrientes de la harina del fruto de tres especies de algarroba procedentes de Bolivia (*Prosopis chilensis* (Molina) Stunz, *P. alba* Grisebach y *P. nigra* (Grisebach) Hieronymus) y una de Brasil (*P. juliflora* (SW) DC). Las vainas, en cinco repeticiones, fueron secadas a 50°C en estufa de ventilación forzada por 72 horas y trituradas en molino de cuchilla hasta la obtención de una harina homogénea. Se determinaron las características funcionales de granulometría, absorción de agua y aceite, color, pH y acidez. Se determinó la composición centesimal, cantidad de almidón, azúcares, minerales y la digestibilidad proteica *in vitro*. Los factores antinutricionales determinados fueron: saponina, lectina, inhibidor de tripsina, polifenoles, nitrato, oxalato y fitato. Con relación a la granulometría, la *P. juliflora* presentó el mayor tamaño de partícula, (57,5% entre 30 y 50 mesh), mientras que *P. nigra*, *P. chilensis* y *P. alba* presentaron valores mayores de retención en los cernidores de 100 a < 200 mesh que la harina de trigo, indicando harinas de granulometría menor que la harina de trigo. La *P. alba* presentó una capacidad de absorción de agua de 2,55 veces su propio peso, con relación a absorción de aceite la *P. chilensis* se destacó con una capacidad de absorción de 1,73 veces su propio peso. Para el color los resultados de L, a*, b* y ΔE^* indican harinas con características de luminosidad clara, leve tendencia al color rojo y marcada coloración amarilla. La *P. juliflora* se destacó por su concentración de almidón (10,37 g 100 g⁻¹ materia seca-MS) seguida por *P. alba* (9,21 g 100 g⁻¹ MS). Para pH tanto la *P. nigra* como *P. juliflora* presentaron los menores valores y *P. alba* el más elevado (5,79), ya en la acidez la *P. nigra* alcanzó 0,84. El contenido de macrominerales, la *P. nigra* mostró el mayor rendimiento para K, P y S mientras que *P. juliflora* para Ca y Mg, en los microminerales la *P. juliflora* presentó los mejores valores para Fe y Mn, *P. alba* para Cu y *P. chilensis* para Zn. *P. nigra* presentó los niveles más elevados de proteína bruta (11,33 g 100 g⁻¹ MS), cenizas (4,12 g 100 g⁻¹ MS) y *P. juliflora* los menores niveles de lípidos (0,79 g 100 g⁻¹ MS), proteína bruta (8,84 g 100 g⁻¹ MS), fibra alimentaria (40,15 g 100 g⁻¹ MS), el nivel más elevado de azúcares no reductores (52,51 g 100 g⁻¹ MS) y la mayor digestibilidad proteica *in vitro* (66,45%). La cantidad de inhibidor de tripsina (0,29 a 9,32 UTI mg⁻¹ MS) fue inferior al de la soya cruda, en la cual la *P. juliflora* se destacó. Con

Palabras claves: algarroba, nutrientes, antinutrientes, propiedades tecnológicas.

relación a la saponina, lectinas y polifenoles, los niveles encontrados son considerados bajos. Los niveles encontrados de nitrato son más elevados que los reportados en arvejas y frijoles, siendo la *P. chilensis* la que presentó el mayor valor (2,92 g NO₃⁻ kg⁻¹ MS). Los niveles de fitatos en las muestras variaron de 1,31 a 1,53 g 100 g⁻¹ MS.

NUTRIENTS, ANTI-NUTRIENTS AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF ALGARROBA FLOUR (PROSOPIS SPP.)

2 ABSTRACT

The *Prosopis sp.* (common name: algarroba) is a legume tree widely distributed in arid and dry regions of South America. There are several species in Bolivia which had not yet been researched from a nutritional point of view. The objective of this work was to characterize the nutrients and antinutrients of three species of algarroba found in Bolivia (*Prosopis chilensis* (Molina) Stunz, *P. alba* Grisebach y *P. nigra* (Grisebach) Hieronymus) and one of Brazil (*P. juliflora* (SW) DC). Five repetitions per specie of algarroba pods were dehydrated at 50°C in a forced ventilation oven for 72 hours and triturated by a knife mill until homogeneous flour was obtained. Functional characteristics of grain size, water and oil absorption, color, pH and acidity were determined. Proximal composition, amount of starch, sugars, minerals and *in vitro* protein digestibility were analyzed. The antinutritional factors studied were: saponin, hemagglutination activity, trypsin inhibitor, polyphenol, nitrate, oxalate and phytate. Regarding granulometry, *P. juliflora* showed the largest particle size, (57.5% between 30 and 50 mesh), while *P. nigra*, *P. chilensis* and *P. alba* presented higher values of retention in the sieve of 100 to < 200 mesh than wheat flour, showing flours with less grain granulometry than wheat flour. *P. alba* presented a water absorption capacity of 2.55 times its own weight, with respect to oil absorption *P. chilensis* is highlighted with 1.73 times its own weight. The results of L, a *, b * and ΔE * indicates meal with clear characteristics of light, slight tendency to red and pronounced yellowing. *P. juliflora* distinguished by its concentration of starch (10.37 g 100 g⁻¹ dry matter-DM) followed by *P. alba* (9.21 g 100 g⁻¹ DM). *P. nigra* and *P. juliflora* showed the lowest values in pH and *P. alba* highest (5.79), to acidity the *P. nigra* reached 0.84. The content of macromineral, *P. nigra* showed the highest yield for K, P and S, while *P. juliflora* for Ca and Mg; in the micromineral, *P. juliflora* presents the best values for Fe and Mn, *P. alba* for Cu and *P. chilensis* for Zn. *P. nigra* showed the highest levels of crude protein (11.33 g 100 g⁻¹ DM) and ashes (4.12 g 100 g⁻¹ DM). *P. juliflora* presented the lowest levels of lipids (0.79 g 100 g⁻¹ DM), crude protein (8.84 g 100 g⁻¹ DM) and dietary fiber (40.15 g 100 g⁻¹ DM), and the highest levels of non reducing sugar (52.51 g 100 g⁻¹ DM) and *in vitro* protein digestibility (66.45%). The amount of trypsin inhibitors

Key words: algarroba, nutrients, antinutrients, technological properties.

(0.29 to 9.32 UTI mg⁻¹ DM) was well inferior than that of raw soy, with *P. juliflora* presenting the smaller values. Regarding saponin, hemagglutinin and polyphenol, the levels found are considered low. *P. nigra* presented the highest level of saponin (0.16 g 100 g⁻¹ DM) and polyphenol (0.54 mg 100 g⁻¹ DM) and *P. juliflora* the highest value for hemagglutination activity (1.0 UH 100 μL⁻¹) and oxalate (56.97 g 100 g⁻¹ DM). As for nitrates, the levels found were higher than those reported for peas and beans, with *P. chilensis* presenting the highest value (2.92 g NO₃⁻ kg⁻¹ DM). The levels of phytate varied from 1.31 a 1.53 g 100 g⁻¹ DM.

3 INTRODUCCIÓN

En Bolivia existe un árbol llamado cupesí, el cual recibe también los nombres de algarroba, mesquite, huarango, tacco y ong, perteneciente a la familia Fabaceae, la cual agrupa varias especies entre ellas *Prosopis chilensis*, *P. alba* y *P. nigra* y otras que crecen en la zona del Chaco, región que es compartida con Argentina y Paraguay. En la región nordestina de Brasil existe otra especie llamada *algarrobeira* (*P. juliflora*). Tanto en Brasil como en Bolivia, estas especies son encontradas de forma silvestre en regiones con poca precipitación.

Los frutos de las *Prosopis spp.* son considerados como importantes recursos alimenticios para humanos y animales en regiones áridas y semiáridas del mundo. Los frutos del *Prosopis* presentan entre 11 y 17 g 100 g⁻¹ MS de proteína, entre 13 y 34 g 100 g⁻¹ MS de carbohidratos, siendo el principal azúcar la sacarosa (Meyer et al., 1986). En otro estudio, la pulpa de la vaina del *P. pallida*, presentó niveles, en g 100 g⁻¹ MS, de proteína: 4,01, extracto etéreo: 0,71, cenizas: 3,67 (Bravo et al., 1998). Los frutos de la algarroba *P. chilensis* presentan contenido de proteína de 11,48 g 100 g⁻¹ MS y carbohidratos de 59 g 100 g⁻¹ MS (Silva et al., 2000). Por otro lado, la proteína de las semillas de algarroba es nutricionalmente limitante para los aminoácidos tirosina, metionina y cisteina (Meyer et al., 1986).

Las leguminosas en general presentan factores antinutricionales y otras sustancias nocivas a la salud que imposibilitan la utilización de todo su potencial nutritivo por el organismo (PROLL et al., 1998). De esta forma, granos no convencionales con uso potencial en la alimentación, deben ser analizados en dietas animales antes de su utilización en dietas humanas.

A pesar de que la harina de la vaina del *Prosopis* sea ampliamente utilizada en la elaboración de bebidas, dulces y substitutos del café (Bernardi et

al. 2006; Bravo et al., 1998; Meyer et al., 1986), los trabajos relacionados al estudio de los antinutrientes en la harina son muy escasos. Las semillas de *P. chilensis* presentan niveles de fenoles libres totales mayores que muchas variedades de arvejas y niveles elevados de ácido fítico (Vijayakumari et al., 1997). Por otro lado, la mayoría de las ovejas alimentadas exclusivamente con los frutos de algarroba mueren (Galera, 2000).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar los nutrientes y antinutrientes y determinar algunas de las propiedades tecnológicas de la harina integral del fruto de tres especies de algarroba procedentes da Bolivia y una del Brasil.

4 MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Materia prima

Para el presente trabajo fueron utilizadas los frutos (vainas y semillas) de tres especies de algarroba procedente de Bolivia, *Prosopis alba* Grisebach (Figura 1), *P. chilensis* (Molina) Stunz (Figura 2) y *P. nigra* (Grisebach) Hieronymus (Figura 3) y una especie procedente del Brasil: *P. juliflora* (SW) DC (Figura 4).



FIGURA 1 Fotografía de la especie botánica *Prosopis alba* Griseb de la colección botánica del Herbario de Muestras Neotropicales (The Field Museum of Natural History)



FIGURA 2 Fotografía de la especie botánica *Prosopis chilensis* de la colección botánica del Herbario de Muestras Neotropicales (The Field Museum of Natural History).



FIGURA 3 Fotografía de la especie botánica *Prosopis nigra* de la colección botánica del Herbario de Muestras Neotropicales (The Field Museum of Natural History).



FIGURA 4 Fotografía de la especie botánica *Prosopis juliflora* de la colección botánica del Herbario de Muestras Neotropicales (The Field Museum of Natural History)

Los frutos maduros de las algarrobas (*P. chilensis*, *P. alba* e *P. nigra*) fueron recogidos a mano entre los meses de octubre 2006 y febrero 2007 en Santa Cruz de la Sierra, Cordillera y Vallegrande en la región suroeste de Bolivia, y las de *P. juliflora* en Campina Grande, Paraíba, Brasil. Los frutos separados en cinco repeticiones fueron sometidos a secado en estufa de circulación de aire a 50°C por 72 h \pm 24 h en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Salud Humana de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (Santa Cruz de la Sierra, Bolivia) y de Bioquímica del Departamento de Química de la Universidad Federal de Lavras (Lavras, Minas Gerais, Brasil).

Los frutos secos fueron procesados en molino de cuchillo del Laboratorio de Bioquímica del Departamento de Química de la Universidad Federal de Lavras (UFLA) y del Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT – Santa Cruz de la Sierra, Bolivia), obteniéndose harina integral del fruto de la algarroba (HIFA).

4.2 Análisis físicos

4.2.1 Rendimiento y granulometría de las harinas de algarroba

Fueron cernidas 200 g de cada harina, durante 15 minutos en un conjunto de siete cernidores redondos vibratorios con aberturas variando de 0,074 mm (200 mesh) y 0,84 mm (20 mesh). Posteriormente las cantidades retenidas en cada cernidor fueron pesadas y calculados los porcentajes.

4.2.2 Absorción de agua y aceite

Fue realizado basado en el método descrito por Onuma Okeie y Bello (1988) con modificaciones. Se utilizó 500 mg de la harina de algarroba en tubo de centrifuga graduado de fondo cónico, al que se le adicionó 25 g de agua y/o aceite, mezclado en politron a alta velocidad por 30 segundos. Se dejó en reposo por 30 minutos, seguido de centrifugado a 1.500 x g por 30 minutos. Se retiró el

agua/aceite libre en un vaso de precipitado previamente tarado colocando el tubo en un ángulo de 15° a 30° hasta agotamiento. Se pesó la cantidad de agua/aceite recuperado. La cantidad de agua/aceite absorbida se calculó a partir de la siguiente formula:

$$\text{g agua/aceite retenido} = \text{g agua/aceite total} - \text{g agua/aceite libre} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\text{Capacidad de absorción de agua/aceite (\%)} = \frac{\text{g agua o g aceite retenido}}{\text{g de muestra}} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

4.2.3 Color

La determinación de color fue realizada con el aparato colorímetro marca Minolta, modelo Chroma meter CR-3000 (Japón), sistema CIELAB Color Space, por reflectancia. Los parámetros de color medidos con relación a la placa de color blanca (L=97,02; a= 0,04; b=2,02), fueron: Luminosidad (L) (que varia del color negro (0) al color blanco (100)); a* que varia de color verde (-60) a rojo (+60); b* que varia de color azul (-60) a amarillo (+60), como se muestra en la Figura 5.

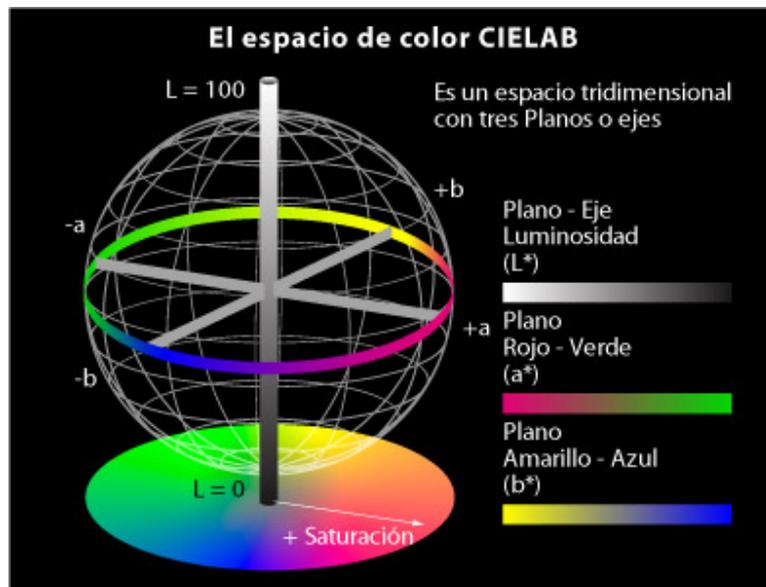


FIGURA 5 Diagrama da cromaticidad CIELAB

Los resultados fueron expresados en valores de L, a*, b* e ΔE^* .

El calculo para expresar la diferencia de color (ΔE^*) fue calculado mediante la Ecuación 1.

$$\Delta E^* = [(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

ΔE^* = valor para la diferencia de color.

ΔL^* = diferencia entre la lectura L del patrón blanco y la lectura L de la muestra.

Δa^* = diferencia entre la lectura a del patrón blanco y la lectura a de la muestra.

Δb^* = diferencia entre la lectura b del patrón blanco y la lectura b de la muestra.

4.3 Análisis químicos

4.3.1 Composición centesimal

La determinación del contenido de humedad, proteínas, extracto etéreo, cenizas, fibra alimentaria total (FA), fibra soluble (FS) y fibra insoluble (FI) se realizó de acuerdo con la metodología especificada por la Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000).

4.3.2 Azúcares

El contenido de azúcares fue determinado utilizando el método de Somogy modificado por Nelson (1944). El método se fundamenta en la transformación de los carbohidratos reductores calentados en medio alcalino en enediones que reducen al ión cúprico presente a cuproso. El óxido cuproso formado reduce la reacción arsénico-molibdenito a óxido de molibdeno de coloración azul cuya intensidad de color es proporcional a la cantidad de azúcares reductores existentes en la muestra.

La cantidad de azúcares reductores fue calculado por espectrofotometría a 510 nm, utilizándose una curva patrón construida a partir de una solución de glucosa (100 mg mL⁻¹) con intervalo de 0 a 180 µg.

4.3.3 Almidón

El almidón fue extraído por hidrólisis ácida, según la técnica de la AOAC (2000) e identificado por el método de Somogy modificado por Nelson (1944).

4.3.4 pH y acidez titulable

La determinación del pH y de la acidez total titulable se realizó siguiendo la metodología descrita por Plata Oviedo (1998), que consiste en la agitación de 10 g de muestra con 100 mL de agua destilada por 10 minutos, en

agitador magnético, realizando la lectura del pH inmediatamente después de la agitación utilizando un potenciómetro DM-20 Digimed (Brasil). El mismo material se utilizó para la titulación con NaOH 1 N hasta pH 8,3, siendo la acidez titulable expresada en mL de la base por 100 g de la muestra.

4.3.5 Minerales

Para cuantificar los minerales (Fe, Zn, Mn, Cu, Ca, Mg, P, K y S), las muestras fueron sometidas a una digestión nitro-perclórica, en bloques digestores con control de temperatura (Malavolta et al., 1997). El P y el S fueron determinados por colorimetría, K por fotometría de llama y Fe, Zn, Mn, Cu, Mg y Ca por espectrofotometría de absorción atómica.

4.3.6 Antinutrientes

4.3.6.1 Saponina

La saponina fue extraída con etanol por agitación continua, a temperatura ambiente. La cantidad de saponina fue determinada por la reacción de la saponina con el anisaldehído, en medio ácido, produciendo un compuesto de color rojo, cuyo pico de absorbancia ocurre en 430 nm (Baccou et al., 1977). La digitonina fue utilizada como patrón.

4.3.6.2 Lectina

La actividad hemaglutinante fue determinada, mediante extracción de las lectinas de las harinas empleándose solución salina, en agitación a temperatura ambiente (La Barca et al., 1985). El análisis fue realizado en placa de micro titulación, haciéndose una serie de diluciones en la base 2 y, adicionando una suspensión de eritrocitos 2 % (sangre humana A, Rh⁺), siendo los resultados expresados en número de unidades hemaglutinantes (UH), que es calculado a partir del inverso del título de la mayor dilución, en la base 2, que

aun presentó aglutinación visible. Por ejemplo: considerando una dilución 2^4 , el título es igual a $1/16$, y el volumen de la muestra utilizado en el ensayo de $100 \mu\text{L}$, la UH es de $16 \text{ UH } 100 \mu\text{L}^{-1}$.

4.3.6.3 Inhibidor de tripsina

La extracción fue realizada con solución de NaOH a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ en agitación continua. Después del centrifugado, una alícuota del sobrenadante fue usada en el ensayo enzimático empleando BApNA (bensoil-DL-arginina-p-nitroanilida) como sustrato y la enzima tripsina. Si existe inhibidor en la muestra, este inhibe la acción de la tripsina sobre el BApNA. La lectura fue realizada a 410 nm . La actividad del inhibidor de tripsina se expresa en términos de unidad de tripsina inhibida (UTI) (Kakade et al., 1974).

4.3.6.4 Polifenoles

La extracción de los polifenoles fue realizada con metanol acuoso ($50 \text{ mL } 100 \text{ mL}^{-1}$) en reflujo por tres veces consecutivas. Los extractos de cada extracción fueron reunidos, evaporados hasta volumen de 25 mL y sometidos a determinación de polifenoles según Folin-Denis, usando ácido tánico como patrón (Goldstein & Swain, 1963).

4.3.6.5 Nitrato

El método utilizado en la determinación del nitrato se basa en la formación de un complejo por la nitración del ácido salicílico sobre condiciones altamente ácidas, el cual puede ser leído en espectrofotómetro a 410 nm en soluciones básicas ($\text{pH} > 12$), y la absorbancia del material es directamente proporcional a la cantidad de nitrato presente sin la ocurrencia de la interferencia de iones amonio, nitrito o cloro (Cataldo et al., 1975).

4.3.6.6 Oxalato

El ácido oxálico fue extraído en caliente con ácido clorhídrico, precipitado y cuantificado por la titulación del oxalato de calcio con permanganato de potasio (Loures & Jokl, 1990).

4.3.6.7 Fitato

El fitato fue extraído con HCl por una hora a temperatura ambiente, siendo el pH ajustado a 6,0 y la muestra centrifugada. El extracto fue eluído a través de una resina de intercambio aniónica para remover los fósforos inorgánicos y otros compuestos interferentes. El contenido de fitato fue medido usando el reactivo de Wade. Se utilizó el fitato de sodio (SIGMA) como patrón, realizando la lectura a 500 nm (Latta & Eskin, 1980; Frühbeck et al., 1995).

4.3.7 Digestibilidad proteica *in vitro*

La digestibilidad proteica *in vitro* fue realizada utilizándose una combinación de dos métodos (Akesson & Stahmann, 1964; Mauron, 1973) utilizándose una cantidad de muestra proporcional a 8 mg de nitrógeno y realizándose una digestión con pepsina en medio ácido por una hora seguida de una digestión con pancreatina en medio neutro por tres horas. La digestibilidad encontrada de la caseína fue considerada como patrón.

4.4 Estadística

Se realizó un diseño completamente aleatorizado, con 4 tratamientos y 5 repeticiones. El análisis estadístico de los resultados fue realizado con el programa computacional SISVAR versión 4.6 (build 62). Cuando el análisis de varianza mostró diferencia significativa, se hizo la comparación entre medias por la prueba de Tukey, a 5 % de probabilidad (Ferreira, 2000).

5 RESULTADOS E DISCUSION

En la Tabla 1 se muestran los resultados para la caracterización granulométrica de las HIFA. La harina de *P. juliflora* fue la que presentó mayor tamaño de partícula, 57,5% de las partículas fueron retenidas en los cernidores de 30 a 50 mesh, seguida de la *P. alba* con 9,11%. Este valor elevado en el tamaño de partícula de la *P. juliflora* fue debido al tipo de molino utilizado en la elaboración de la harina. Ya las tres harinas procedentes de Bolivia presentaron mayor retención en el cernidor de fondo < 200 mesh. La harina de trigo, en los cernidores de 100, 200 y fondo < 200, retuvo 62,7%, la *P. nigra* 69,3%, la *P. chilensis* 71,7% y la *P. alba* 67,1%, indicando harinas de tamaño de partícula menores que la del trigo.

TABLA 1 Distribución del tamaño de partículas de las harinas de trigo y de algarrobas

Tamaño de partícula (mesh)	Trigo (%)	<i>P. juliflora</i> (%)	<i>P. nigra</i> (%)	<i>P. chilensis</i> (%)	<i>P. alba</i> (%)
30 (0,600 mm)	0,04	25,73	0,43	0,98	3,95
40 (0,425 mm)	0,00	14,41	4,66	4,87	5,16
50 (0,300 mm)	14,40	17,38	12,36	10,11	10,91
70 (0,212 mm)	22,87	11,31	13,25	12,37	12,90
100 (0,150 mm)	17,29	6,61	10,17	10,60	9,88
200 (0,075 mm)	44,35	12,90	23,28	30,74	19,50
Fundo < 200	1,07	11,67	35,86	30,34	37,72

Según Borges et al. (2003), el tamaño de partícula influye directamente en la capacidad de absorción de agua, hecho que quedó demostrado en la Tabla 2. La *P. juliflora* fue la que presentó la mayor granulometría reteniendo menor volumen de agua y de aceite comparadas a las demás harinas de algarroba. La *P. alba* se destacó en la absorción de agua (255,61%) y la *P. chilensis* en la absorción de aceite (173,12%).

TABLA 2 Absorción de agua (AA) y absorción de aceite (AC) de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies.

Especies	AA g g ⁻¹ MI	AC g g ⁻¹ MI
<i>P. juliflora</i>	1,81 c	1,45 b
<i>P. nigra</i>	2,08 b	1,53 b
<i>P. chilensis</i>	2,16 b	1,73 a
<i>P. alba</i>	2,55 a	1,49 b
CV (%)	3,89	4,81

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey, a 5% de probabilidad.

La capacidad de absorción de agua de las diferentes harinas de algarroba fue de aproximadamente dos veces el peso de agua por gramo de muestra con excepción de la *P. alba* que fue de 2,55 veces. Similar resultado reportó Ascheri, Pereira y Mota (2007) para harina de bagazo fermentado de jabuticaba y Zambrano et al. (2001) para salvado de trigo, pero 4 veces menor al reportado para bagazo de naranja por Tamayo y Bermúdez (1998) y cáscara de maracuyá por Baquero y Bermúdez (1998).

Para la absorción de aceite, la *P. chilensis* se destacó con relación a las demás. Los resultados de las harinas de algarroba se pueden comparar con los valores encontrados para cáscara de mango criollo (1,46 mL g⁻¹) y bagazo de naranja (1,98 mL g⁻¹) (García-Luna, 2003) y mayor a la reportada por Ascheri, Pereira y Mota (2007) para el bagazo de jabuticaba (1,0 mL g⁻¹).

Con relación al color de las diferentes harinas (Tabla 3), los resultados indican que la harina de *P. alba* mostró valores que la clasifican como la más clara de las harinas y la *P. nigra* como la más oscura, los valores fueron considerados estadísticamente diferentes, pero muy próximo entre estos.

TABLA 3 Color de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies

Especies	L	A*	b*	ΔE*
<i>P. juliflora</i>	79,29 c	3,71 a	27,26 a	31,06 a
<i>P. nigra</i>	75,13 d	3,93 a	23,35 b	30,75 a
<i>P. chilensis</i>	80,07 b	3,12 b	22,67 c	26,88 b
<i>P. alba</i>	81,41 a	2,28 c	22,46 c	25,79 c
CV (%)	0,37	4,28	0,94	1,16

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey, a 5% de probabilidad.

Von Atzingen y Pinto-Silva (2005) evaluando textura y color de diferentes fuentes de almidones y harinas encontraron valores de color para la harina de trigo (L 91,80, a* 9,30 y b* 9,28), fécula de papa (L 95,40, a* 2,42 y b* 2,41) y harina de maíz (L 82,30, a* 28,5 y b* 28,2), indicando valores de luminosidad mayores para harina de trigo y fécula de papa y comparables a los de la harina de maíz con los encontrados en este trabajo.

En la Figura 6 se puede observar la representación gráfica de las diferencias de color encontradas y observadas en las harinas de las especies de *Prosopis* estudiadas.

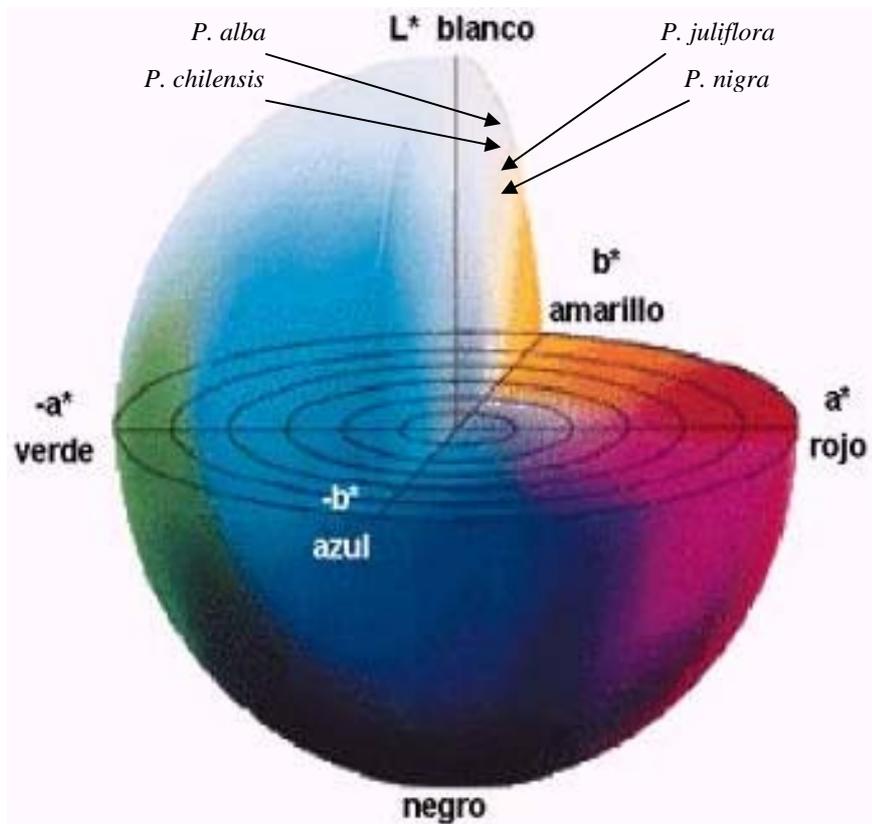


FIGURA 6 Representación del sólido de color en el espacio de color L a* b* de las harinas de algaroba. UFLA/DCA, Lavras, MG. 2009.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la composición centesimal de la harina del fruto de diferentes especies de algarroba.

Con relación al extracto etéreo, los valores indican diferencia significativa entre las diferentes harinas, siendo que la harina de *P. juliflora* presentó la menor proporción 0,79 g 100 g⁻¹ materia seca-MS y la *P. chilensis* la mayor 1,34 g 100 g⁻¹ MS. El contenido de proteína bruta indicó niveles variables, siendo que la *P. juliflora* y la *P. chilensis* presentaron los menores valores y estadísticamente iguales entre ellos 8,84 y 9,02 g 100 g⁻¹ MS respectivamente, y para *P. alba* (11,01 g 100 g⁻¹ MS) y *P. nigra* (11,33 g 100 g⁻¹ MS) reportaron valores mayores e iguales estadísticamente.

Los resultados de las cenizas solo mostraron diferencia significativa para la *P. nigra* y la *P. alba* con valores de 4,12 y 3,17 g 100 g⁻¹ MS, respectivamente. Con relación a las fibras, la FA, que representa la composición de las fibras insolubles y solubles, presentaron niveles mas elevados en las algarrobas bolivianas que en la brasilera (*P. juliflora*), destacándose la harina de *P. alba* con un valor de 48,15 g 100 g⁻¹ MS. La harina de *P. juliflora* mostró el nivel mas elevado de FS y menor de FI. Entre la *P. nigra* y *P. chilensis* no existe diferencia significativa en la FS, FI y FA, y en FI la *P. alba* alcanzó el mayor nivel con 44,18 g 100 g⁻¹ MS.

TABLA 4 Composición centesimal de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies.

Especies ¹	E. etéreo	Prot.bruta	Cenizas	FS ²	FI ²	FAT ²
	g 100g ⁻¹ materia seca					
<i>P. juliflora</i>	0,79±0,1 c	8,84±0,9 b	3,92±0,5 ab	5,63±0,5 a	34,53±0,9 c	40,15±1,4 c
<i>P. nigra</i>	1,18±0,1 ab	11,33±0,5 a	4,12±0,2 a	3,35±0,3 c	42,58±0,4 b	45,93±0,3 b
<i>P. chilensis</i>	1,34±0,1 a	9,02±0,6 b	3,54±0,3 bc	3,55±0,1 bc	42,73±0,5 b	46,28±0,5 b
<i>P. alba</i>	1,00±0,1 b	11,01±0,4 a	3,17±0,2 c	3,97±0,3 b	44,18±0,4 a	48,15±0,2 a
CV (%)	10,13	6,28	9,14	7,75	1,51	1,68

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

¹Niveles de humedad en g 100g⁻¹, *P. juliflora* = 4,22; *P. nigra* = 1,74; *P. chilensis* = 1,07 y *P. alba* = 2,14.

²FS = Fibra soluble; FI = Fibra insoluble; FAT = Fibra alimentaria total.

Los resultados de la composición centesimal de las HIFA mostraron variabilidad entre las especies. Se observó un bajo contenido de extracto etéreo. En un estudio con la pulpa de la *P. alba* y *P. pallida* (Prokopiuk et al., 2000) se encontraron niveles de extracto etéreo de 2,2 y 0,8 g 100 g⁻¹ MS, respectivamente. Por tanto, los resultados del presente trabajo están entre los valores citados.

Según estudios anteriores (Meyer et al., 1986), los frutos de *Prosopis velutina* presentaron contenido de proteína bruta de 12 g 100 g⁻¹ MS; en otro estudio (Bernardi et al., 2006) se relatan niveles de 9,7 ± 0,43 g 100 g⁻¹ MS para *P. alba*. Analizando *P. juliflora* (Silva et al., 2007), reportaron 9,88 g 100 g⁻¹ MS para la harina de los frutos. Por tanto, los valores encontrados de proteína en las especies estudiadas se asemejan a los reportados en la literatura.

En un trabajo con la pulpa de *P. alba* (Prokopiuk et al., 2000), los autores indican un contenido de cenizas de 4,21 g 100 g⁻¹ MS, siendo éste valor mayor al obtenido en la harina integral del fruto de *P. alba*, y en el caso de *P. juliflora* (Silva et al., 2007) mostraron 3,82 g 100 g⁻¹ MS, resultado éste muy semejante al encontrado en el presente trabajo (3,92 g 100 g⁻¹ MS).

Trabajos realizados con estas especies (Bravo et al., 1998; Silva et al., 2007) solo reportan resultados de fibra bruta, la cual subestima el verdadero aporte de las harinas en fibra alimentaria. Otros trabajos (Prokopiuk et al., 2000; Bernardi et al., 2006) indican tenores de fibra alimentaria para la harina de pulpa de *P. alba* que revelan contenidos bastante menores (21,00 a 35,66 g 100 g⁻¹ MS) comparados con la harina aquí estudiada.

El aporte de fibra alimentaria de la HIFA es muy superior a la reportada para el açai (Sanabria & Sangronis, 2007) (20,00 a 30,90 g 100 g⁻¹), fresas, higos, guayabas y dátiles (Ramalu & Udayasekhara, 2003), así como harina de trigo integral y afrecho de arroz (Sangronis & Rebolledo, 1993), los cuales son

señalados como fuentes de fibra, lo que indica que la harina integral del fruto de algarroba es una rica fuente de fibra alimenticia.

En relación con los azúcares, la *P. juliflora* se destacó con cantidades mucho más elevadas que las de Bolivia, confirmado por el mayor valor de azúcares no reductores (52,51 g 100 g⁻¹ MS) (Tabla 5). Las HIFA de Bolivia presentaron un nivel menor de estos azúcares, pero, fueron estadísticamente iguales entre si.

TABLA 5 Composición de azúcares de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies

Especies	Azúcares totales	Azúcares no	Azúcares
		reductores	reductores
g 100 g ⁻¹ de materia seca			
<i>P. juliflora</i>	57,37±2,8 a	52,51±2,6 a	2,12±0,1 c
<i>P. nigra</i>	45,07±0,6 b	39,71±0,6 b	3,27±0,1 a
<i>P. chilensis</i>	43,83±2,4 bc	39,01±2,4 b	2,77±0,2 b
<i>P. alba</i>	40,28±2,2 c	36,46±2,3 b	1,90±0,2 c
CV (%)	4,69	5,14	6,63

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey, a 5% de probabilidad.

En relación con los azúcares, la *P. juliflora* se destacó con cantidades mucho más elevadas de azúcares no reductores que las de Bolivia (52,51 g 100 g⁻¹ MS) (Tabla 5); este valor fue menor al reportado en la caracterización de

harina de la pulpa de algarroba (59,98 g 100 g⁻¹ MS) (Silva et al., 2007). Cuando se comparan los azúcares totales de este trabajo con los presentados para la harina de sorgo (Souza et al., 2005) con tenores de 56,84 a 68,85 g 100 g⁻¹ MS, se observa que son próximos a *P. juliflora* y menores en las harinas provenientes de Bolivia. Estos valores de azúcares encontrados nos permiten afirmar que este fruto presenta una gran perspectiva para su industrialización, ya sea como materia prima para la producción de alimentos destinados a humanos o en la producción de combustible biológico a partir de la fermentación de los frutos y obtención de alcohol.

Con relación al tenor de almidón, la *P. juliflora* y *P. alba* se destacaron seguida por la (Tabla 6). En la determinación del pH, la *P. nigra* y *P. juliflora* presentaron los menores valores y la *P. alba* el mas elevado (5,79). En el caso de la acidez, la *P. nigra* mostro el valor mas elevado (0,84) seguido por la *P. alba* (0,72).

TABLA 6 Almidón, pH y acidez de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies

Espécies	Almidón ⁺	pH	Acidez ⁺⁺
<i>P. juliflora</i>	10,37 a	5,48 c	0,65 c
<i>P. nigra</i>	8,17 b	5,44 c	0,84 a
<i>P. chilensis</i>	8,65 b	5,69 b	0,58 d
<i>P. alba</i>	9,21 ab	5,79 a	0,72 b
CV (%)	7,83	0,49	2,85

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey, a 5% de probabilidad.

⁺ g 100 g⁻¹ muestra seca.

⁺⁺ mL NaOH 1 N 100 g⁻¹ muestra integral.

Los resultados para los macrominerales se presentan en la Tabla 7. Con relación a la concentración de fósforo (P) encontrado en las harinas, la *P. nigra* se destacó sobre las demás variedades, siendo que esta representa 24% de la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) (Brasil, 2005). El segundo mineral más abundante del cuerpo humano es el fósforo y está relacionado directamente con el calcio, manteniendo un equilibrio indispensable para que sean utilizados de manera efectiva por el organismo.

TABLA 7 Macrominerales* de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies

Especies	P	K	Ca	Mg	S
	mg 100 g ⁻¹ de materia seca				
<i>P. juliflora</i>	122 c	1.154 b	88 a	72 a	141 b
<i>P. nigra</i>	189 a	1.384 a	56 b	69 a	184 a
<i>P. chilensis</i>	158 b	1.222 b	32 c	49 b	153 b
<i>P. alba</i>	152 b	1.200 b	54 b	62 a	120 c
CV (%)	3,98	3,62	8,93	6,44	5,51

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey, a 5% de probabilidad.

Prokopiuk et al. (2000), estudiando diferentes variedades de *Prosopis* (*P. alba* y *P. pallida*) encontraron valores para *P. alba* mayores para el calcio (127,45 mg 100 g⁻¹) y magnesio (96,70 mg 100 g⁻¹) y menor valor para el potasio (892,00 mg 100g⁻¹) comparando con los valores encontrados en este estudio. Ya la *P. pallida* presentó el valor más elevado para potasio (2650,00 mg 100 g⁻¹) comparado con los encontrados para las otras variedades de *Prosopis*.

El potasio no tiene un IDR, por eso se utiliza como base de prescripción la dosis de 100 mg K día⁻¹, utilizándose el criterio adoptado por la FDA de hasta 99 mg K día⁻¹, como dosis terapéutica (Name, 2009). Con estos valores las HIFA proporciona con elevadas dosis el potasio necesario para un adulto por día.

El menor valor de IDR alcanzada fue para el calcio (11% para *P. juliflora*) lo que le disminuye su valor biológico de estas *Prosopis*, ya que el calcio es un mineral importante en la dieta de adulto, gestantes y lactantes (800 a 1200 mg día⁻¹) (Brasil, 2005).

TABLA 8 Microminerales* de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies.

Espécies	Cu	Zn	Fe	Mn
Mg kg ⁻¹ materia seca				
<i>P. juliflora</i>	23,5 b	15,5 ab	49,1 a	9,4 a
<i>P. nigra</i>	23,9 b	13,9 b	35,9 b	3,8 b
<i>P. chilensis</i>	12,9 c	17,1 a	31,9 b	3,1 c
<i>P. alba</i>	28,6 a	13,3 b	45,2 a	3,6 bc
CV (%)	8,84	8,28	6,29	7,21

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey, a 5% de probabilidad.

Con relación a los microminerales (Tabla 8), para el cobre, todas las variedades de *Prosopis* contribuyen casi en la totalidad con IDR de 3 mg día⁻¹, siendo que la *P. alba* alcanza el mayor aporte con 95% y *P. chilensis* el menor con 43% (Brasil, 2005).

El zinc es un mineral que está siendo estudiado por su importancia en el metabolismo celular y que su deficiencia está asociado al desarrollo de daños oxidativos asociados con inflamación (ROSSI et al., 1999). La ingesta diaria recomendada está en 7 mg día^{-1} , siendo que la *P. chilensis* presentó la mayor concentración ($17,1 \text{ mg kg}^{-1}$) lo que representa un 24,4% del IDR.

Un elemento muy importante en el desempeño de las funciones del metabolismo humano es el hierro, como transporte y almacenamiento de oxígeno, reacciones de liberación de energía en la cadena de transporte de electrones, conversión de ribosa a desoxirribosa, co-factor de algunas reacciones enzimáticas e innumerables otras reacciones metabólicas esenciales (Cook et al., 1992). Las HIFA estudiadas podrían ser consideradas como una fuente considerable de hierro, ya que los valores encontrados representan cerca de 35% a 23% de la IDR.

En la Tabla 9 son presentados los resultados de los factores antinutricionales de la HIFA de diferentes especies de algarroba. Los niveles encontrados de saponina y hemaglutinina son considerados bajos, aunque la *P. nigra* presentó el mayor nivel de saponina y la *P. juliflora* la mayor actividad hemaglutinante.

Con relación a estos antinutrientes, comparando los valores encontrados de saponina en la harina del fruto de la algarroba con los reportados en la quinua (Fortubel, 2003), en las formas silvestres y las variedades amargas, estas presentaron contenido máximo de $2,8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MS}$, que, comparado con las exigencias actuales del mercado que fijan como valor límite $0,05 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, es extremadamente alto. En otro trabajo (Saharan et al., 2002) fueron reportados valores de 2,16 y $1,32 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MS}$ en los granos de arroz y de frijoles, respectivamente, siendo estos valores mucho mayores a los encontrados en las harinas de este trabajo. Altas dosis de saponinas en el torrente sanguíneo pueden ser peligrosas, ya que pueden provocar hemólisis (Martins et al., 1995).

TABLA 9 Factores antinutricionales de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies.

Especies	Saponina	Actividad hemaglutinante	Inhibidor de tripsina	Polifenoles	Nitrato	Oxalato	Fitatos
	g 100g ⁻¹ MS	UH* 100μL ⁻¹	UTI ^{††} mg ⁻¹ MS	mg ácido tánico 100g ⁻¹ MS	g kg ⁻¹ MS	mg 100g ⁻¹ MS	g 100g ⁻¹ MS
<i>P. juliflora</i>	0,08±0,01 b	1,0	9,32±0,02 a	0,49±0,005 b	2,69±0,2 ab	56,97±2,2 a	1,42±0,03 b
<i>P. nigra</i>	0,16±0,01 a	0,5	0,49±0,03 b	0,54±0,01 a	2,55±0,05 b	44,47±3,2 b	1,53±0,04 a
<i>P. chilensis</i>	0,08±0,01 b	ND [‡]	0,29±0,04 c	0,40±0,01 d	2,92±0,3 a	54,11±3,6 a	1,31±0,03 c
<i>P. alba</i>	0,08±0,004 b	0,5	0,44±0,02 b	0,43±0,01 c	2,83±0,2 ab	44,65±3,2 b	1,34±0,05 c
CV (%)	9,54	-	1,28	2,04	6,56	6,22	2,94

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey, a 5% de probabilidad.

*UH = Unidad hemaglutinante, calculada a partir del inverso del título de la mayor dilución, en la base 2, que aún presentó aglutinación visible utilizando sangre tipo A RH⁺.

[‡]ND = No detectado.

^{††} UTI = Unidades de tripsina inhibida.

Se detectaron valores bajos de actividad hemaglutinante en las especies *P. juliflora*, *P. nigra* y *P. alba*, mientras que *P. chilensis* no mostró actividad. El simple hecho de presentar actividad hemaglutinante baja no nos permite descartar la posibilidad de estar frente a una lectina tóxica. Las lectinas disminuyen la absorción de nutrientes, provocan pérdida de proteína, rápida pérdida de peso e inhibición de crecimiento (Sgarbieri, 1987); además, muestran capacidad de inhibir varias enzimas intestinales (Vasconcelos & Oliveira, 2004).

El contenido de inhibidor de tripsina de la harina de las algarrobas fue estadísticamente diferente entre las especies, siendo la *P. juliflora* quien alcanzó el valor más elevado.

El contenido de inhibidor de tripsina de las HIFA fue inferior al encontrado en frijoles silvestres, 28 UTI mg⁻¹ de muestra (Sotelo et al., 1995), siendo que la *P. juliflora* mostró valores parecidos al del frijol cultivado, 9 a 15 UTI mg⁻¹ de muestra (Fernández et al., 1982), y las demás especies presentaron valores menores. La presencia de este antinutriente muestra la especificidad de inhibir las enzimas proteolíticas y, consecuentemente, reduce la digestión proteica de los alimentos, disminuyendo la ganancia de peso y crecimiento de los animales (Miura et al., 2001).

Los resultados encontrados sobre la composición de polifenoles indican diferencia estadística entre las harinas estudiadas.

La concentración de polifenoles fue estudiada en 20 familias de frijoles comunes (Mendoza et al., 2003), encontrando tenores de 257,91 a 1.446,80 mg ácido tánico 100 g⁻¹ MS, siendo estos extremadamente altos comparados con los resultados alcanzados para las HIFA. Los polifenoles, son mencionados con frecuencia como los mayores limitantes del valor nutritivo de leguminosas, ya que en estudios con animales alimentados con dietas ricas en este componente presentaron reducción de la ingesta de alimentos y bajo cociente de eficiencia proteica (Deshpande & Salunkhe, 1982).

En el caso del nitrato los valores encontrados mostraron diferencia significativa solamente entre las especies *P. chilensis* (2,92 g NO₃⁻ kg⁻¹ MS) y *P. nigra* (2,55 g NO₃⁻ kg⁻¹ MS). Un estudio con espinacas (Kaminishi & Kita, 2006) mostró un contenido medio de nitrato en espinaca producida en invierno de 3,79 g NO₃⁻ kg⁻¹ materia fresca (MF) y en las otras estaciones entre 4,12 y 4,33 g kg⁻¹ MF, niveles éstos mucho más elevados que los encontrados para las algarrobas.

El nivel de ácido oxálico en las HIFA fue inferior al encontrado en la espinaca (820 mg 100 g⁻¹ MF), y superior a los de coliflor (6 mg 100 g⁻¹ MF), col (7,3 mg 100 g⁻¹ MF), manzana con cáscara (3 mg 100 g⁻¹ MF), té negro (0,69 mg 100 g⁻¹ MF) y escarola (10 mg 100 g⁻¹ MF) (Franco, 1992). La presencia de oxalato en alimentos ha sido asociada a la reducción de minerales esenciales como el calcio, además de afectar la absorción de hierro, magnesio y zinc (Lindner, 1995).

Los resultados encontrados para los fitatos en la HIFA mostraron diferencia significativa al nivel del 5% de significancia, siendo que la harina de *P. nigra* presentó el valor más elevado.

En un estudio con mezclas de trigo, maíz, cáscara de huevo y hojas de yuca (Nappi et al., 2000), se encontraron contenidos de fitatos de 1,61 a 2,25 g 100 g⁻¹ MS; y otro estudio con harina estabilizada de cáscara de arroz (Cuneo et al., 2000) alcanzó valores de 7,53 g 100 g⁻¹ MS, mayores a los encontrados en este estudio. Y en granos de frijoles (Saharan et al., 2002) reportaron 1,01 g 100 g⁻¹ MS, valores menores a los de la harina de algarroba. La capacidad que presenta el ácido fítico de formar complejos insolubles con minerales puede interferir en la biodisponibilidad de algunos de ellos como zinc, calcio y hierro, contribuyendo de esta forma a una disminución del valor biológico de los alimentos (Serrano & Goni, 2004).

Con relación a la digestibilidad proteica *in vitro* los resultados se presentan en la Tabla 10. El mayor valor fue alcanzado por *P. juliflora* siendo este estadísticamente diferente a las demás HIFAS estudiadas.

TABLA 10 Digestibilidad proteica *in vitro* de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies.

Especies	Digestibilidad proteica <i>in vitro</i> (%)
<i>P. juliflora</i>	66,45±1,83 a
<i>P. nigra</i>	60,97±3,52 b
<i>P. chilensis</i>	45,57±2,13 d
<i>P. alba</i>	55,37±1,89 c
CV (%)	4,28

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa en la prueba de Tukey, a 5% de probabilidad.

Un trabajo anterior (Galera, 2000) indica una digestibilidad mayor para *P. juliflora* (74,00%) y para *P. nigra* (62,16%) y *P. alba* (62,00%), valores semejantes a los encontrados en este trabajo. *P. chilensis* mostró la menor digestibilidad proteica *in vitro* la cual es menor a la reportada en un estudio realizado al momento de la cosecha (Silva et al., 2000) (71,18%) y que según los autores disminuye con el tiempo de almacenamiento sin protección, alcanzando una digestibilidad de 30%.

6 CONCLUSIÓN

Entre las HIFA estudiadas, la *P. nigra* y *P. alba* se destacaron por su contenido en proteína, fibra e bajos niveles de los antinutrientes estudiados, mientras que la *P. juliflora* se destacó en su composición de azúcares totales y almidón.

Las HIFA pueden ser considerados como una buena fuente de potasio y hierro ya que los resultados así lo demuestran.

En el caso de las sustancias antinutricionales, las estudiadas en el presente trabajo no representan un riesgo para la población, ya que los valores encontrados no interfieren en la utilización nutricional de las mismas, una vez que estos tienden a disminuir durante el procesamiento de los alimentos.

Debido a su capacidad de absorción de agua y aceite este tipo de harinas pueden ser consideradas ideales para la formulación de alimentos que necesiten retener mayor proporción de estos componentes.

La harina integral del fruto del algarrobo no se utiliza en la elaboración de productos alimenticios, y ha quedado demostrado que es una importante fuente de fibra alimentar, azúcares, proteína y algunos macro y microminerales. Por lo que su uso puede ser recomendado para la elaboración de alimentos funcionales.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKESON, R.; STAHMANN, M. A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 83, n. 3, p. 257-261, Mar. 1964.

ASCHERI, D. P. R.; PEREIRA, L. D.; MOTA, R. D. P. **Farinha do bagaço de jaboticaba (*Myrciria jaboticaba* Berg) e sua incorporação em biscoitos**. Anápolis: Universidade Estadual de Goiás, 2007. 12 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International**. 17. ed. Gaithersburg: Horwitz, 2000. 2200 p.

BACCOU, J. C.; LAMBERT, F.; SAUVAIRE, Y. Spectrometric method for the determination of total steroidal sapogenin. **Analyst**, London, v. 102, n. 5, p. 458-65, May 1977.

BAQUERO, C.; BERMUDEZ, A. S. Los residuos vegetales de la industria de jugo de maracuyá como fuente de fibra dietética. In: LAJOLO, M.; WENZEL, E. (Ed.). **Fibra Dietética: temas em tecnologia de alimentos**. México: CYTED, 1998. v. 2, p. 207-214.

BERNARDI, C.; DRAGO, S.; SABBAG, N.; SANCHEZ, H.; FREYRE, M. Formulation and sensory evaluation of *Prosopis alba* (algarroba) pulp cookies with increased iron and calcium dialyzabilities. **Plant Foods for Human Nutrition**, Amsterdam, v. 61, n. 1, p. 39-44, Jan./Mar. 2006.

BORGES, J. T. S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L.) polido por extrusão termoplástica. **Bulletim Ceppa**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 27, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente à informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 4-13, 31 jan. 1998.

BRAVO, L.; GRADOS, N.; SAURA-CALIXTO, F. Characterization of syrups and dietary fiber obtained from mesquite pods (*Prosopis pallida* L). **Journal of Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 5, p. 1727-1733, Mar. 1998.

CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNG, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 6, n. 1, p. 71-80, Jan. 1975.

COOK, J. D.; BAYNES, R. D.; SKIKNE, B. S. Iron deficiency and the measurement of iron status. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 5, n. 1, p. 189-202, Jan. 1992.

CUNEO, F.; AMAYA-FARFAN, J.; CARRARO, F. Distribuição dos fitatos em farelo de arroz estabilizado e tratado com fitase exógena. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 94-98, jan./fev. 2000.

DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. Interactions of tannic acid and catechin with legume starches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 6, p. 2080-2083, Nov./Dec. 1982.

FERNANDEZ, R.; ELIAS, L. G.; BRAHAM, E.; BRESSANI, R. Trypsin inhibitors and hemagglutinins in beans (*Phaseolus vulgaris*) and their relationship with the content of tannins and associated polyphenols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 30, n. 4, p. 734-739, Feb. 1982.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-58.

FIELD MUSEUM OF NATURAL HISTORY. **Botany collections database**. Chicago: Botany Department, 2006. Disponível em: <<http://emuweb.fieldmuseum.org/botany/Query.php>>. Acesso em: 20 mar. 2009.

FORTUNBEL, F. Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quinoa* W. (*Chenopodiaceae*), debida a la presencia de las saponinas. **Ciência Aberta**, Santiago, v. 21, n. 1, dic. 2002. Disponível em: <<http://cabierta.uchile.cl/~cabierta/revista/21/articulos/pdf/paper6.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2006.

FRANCO, G. V. E. **Tabela de composição química dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1992. 226 p.

FRÜHBECK, G.; ALONSO, R.; MARZO, F.; SANTIDRIÁN, S. A modified method for the indirect quantitative analysis of phytate in foodstuffs. **Analytical Biochemistry**, Pamplona, v. 225, n. 2, p. 206-212, Jan. 1995.

GALERA, F. M. **Los algarrobos**: las especies del género *Prosopis* (Algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. Córdoba: Graziani, 2000. p. 269.

GARCÍA-LUNA, I. N. **Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (*Mangifera indica* L.) y su incorporación en galletas**. 2003. 50 p. Tesis (Graduación en Ingeniería de Alimentos) – Universidad Tecnológica de la Mixteca, Instituto Agroindustrial, México.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**: chemistry, biochemistry, molecular biology, New York, v. 2, n. 4, p. 371-383, Apr. 1963.

KAKADE, M. L.; RACKIS, J. J.; MCGHEE, J. E.; PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy product: a collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 51, n. 3, p. 376-382, May/June 1974.

KAMINISHI, A.; KITA, N. Seasonal change of nitrate and oxalate concentration in relation to the growth rate of spinach cultivars. **HortScience**, Alexandria, v. 41, n. 7, p. 1589-1595, Dec. 2006.

LA BARCA, A. M. C. de; OCHOA, J. L.; VALENCIA, M. E. Effect of extraction of a hemagglutinin on the nutritive value of amaranthus leucocarpus seeds. **Journal Food Science**, Chicago, v. 50, n. 6, p. 1700-1702, Nov./Dec. 1985.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 28, n. 6, p. 1313-15, Mar. 1980.

LINDNER, E. **Toxicología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1995. p. 274.

LOURES, A.; JOKL, L. Microtécnica para determinação de ácido oxálico em folhas e derivados. In: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 1990, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná, 1990. p. 59.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. Viçosa, MG: UFV; 1995. p. 220.

MAURON, J. The analysis of food proteins: amino acid composition and nutritive value. In: PORTER, J. W. G; ROLLS, B A. (Ed.). **Proteins in human nutrition**. London: Academic, 1973. p. 139-154.

MENDOÇA, C. V. C. E.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D. D.; MORAIS, A. R. D. Quantificação de polifenóis e digestibilidade protéica de famílias de feijoeiro comum. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 858-864, set./out. 2003.

MEYER, D.; BECKER, R.; GUMBMAN, M. R.; VOHRA, P.; NEUKOM, H.; SAUNDERS M. Processing, composition, nutritional evaluation, and utilization of Mesquite (*Prosopis spp.*) pods as a raw material for the food industry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 34, n. 5, p. 914-919, Mar. 1986.

MIURA, E. M. Y.; BINOTTI, M. A. R.; CAMARGO, D. S.; MIZUBUTI, I. Y.; IDA, E. I. Avaliação biológica de soja com baixas atividades de inibidores de tripsina e ausência do inibidor Kunitz. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 51, n. 2, p. 195-198, jul./sept. 2001.

NAME, J. J. Magnésio bis-creatina quelato na função muscular e cardíaca. **Albitech nutritional**. São Paulo: [s.n.], [200?]. Disponível em: <http://www.albitech.com.br/publicacao_1.php>. Acesso em: 30 jan. 2009.

NAPPI, G. U.; RIBEIRO-CUNHA, M. R.; COELHO, J. V.; JOKL, L. Validação de métodos para determinação dos ácidos fítico e oxálico em multimistura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 811-820, dez. 2006.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of somogy method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 153, n. 2, p. 375-380, Jan. 1944.

OKEIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 2, p. 450-454, Mar./Apr. 1988.

PLATA, M. S. V. O. **Secagem do amido fermentado de mandioca: modificação química relacionada com a propriedade de expansão e características físico-químicas**. 1998. 114 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PROKOPIUK, D.; CRUZ, D.; GRADOS, N.; GARRO, O.; CHIRAT, A. Estudio comparativo entre frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*. **Multequina**, Mendoza, v. 9, n. 1, p. 35-45, 2000.

PROLL, J.; PETZKE, J.; EZEAGU, E. I.; METGES, C. C. Low nutritional quality of unconventional tropical crop seeds in rats. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 128, n. 11, p. 2014-2022, Nov. 1998.

RAMULU, P.; UDA, R. P. Y. Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 16, n. 6, p. 677-685, Nov./Dec. 2003.

ROSSI, L.; BRANCA, F.; MIGLIACCIO, S.; PAOLETTI, F. Mechanical properties of bone in rats with dietary zinc deficiency. **Rivista di Scienza dell'alimentazione**, Roma, v. 28, n. 3, p. 21-24, 1999. Suplemento.

SAHARAN, K.; KHETARPAUL, N.; BISHNOI, S. Antinutrients and protein digestibility of fababean and ricebean as affected by soaking, dehulling and germination. **Journal of Food Science And Technology**, Mysore, v. 39, n. 4, p. 418-422, July/Aug. 2002.

SANABRIA, N.; SANGRONIS, E. Caracterización del açáí o manacá (*Euterpe olerácea Mart.*): um fruto del Amazonas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 57, n. 1, p. 94-99, ene./mar. 2007.

SANGRONIS, E.; REBOLLEDO, M. A. Fibra dietética soluble, insoluble y total en cereales, productos derivados de su procesamiento y en productos comerciales a base de cereales. **Archivos Latinoamericanos Nutrición**, Caracas, v. 43, n. 3, p. 258-263, jul./ago. 1993.

SERRANO, J.; GONI, I. Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. **Archivos Latinoamericanos Nutrición**, Caracas, v. 54, n. 1, p. 36-44, ene./mar. 2004.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição**: fator saúde e desenvolvimento. São Paulo: Almed, 1987. 387 p.

SILVA, C. G. M.; MELO-FILHO, A. B.; PIRES, E. F.; STAMFORD, T. L. M. Caracterização físico-química e microbiológica da farinha de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 733-736, out./dez. 2007.

SILVA, M. P.; MARTINEZ, M. J.; COIRINI, R.; BRUNETTI, M. A.; BALZARINI, M.; KARLIN, U. Valoración nutritiva del fruto del algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*) bajo distintos tipos de almacenamiento. **Multequina**, Mendoza, v. 9, n. 1, p. 65-74, 2000.

SOTELO, A.; SOUSA, H.; SANCHEZ, M. Comparative study of the chemical composition of wild and cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*). **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 47, n. 2, p. 93-100, Apr./June 1995.

SOUZA, C. C.; DANTAS, J. P.; SILVA, S. M.; SOUZA, V. C.; ALMEIDA, F. A.; SILVA, L. E. Produtividade do sorgo granífero e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p.512-517, jul./ago. 2005.

TAMAYO, Y.; BERMUDEZ, A. S. Los residuos vegetales de la industria de jugo de naranja como fuente de fibra dietética. In: LAJOLO, M.; WENZEL, E. (Ed.). **Fibra dietética**: temas em tecnologia de alimentos. México: CYTED, 1998. v. 2, p. 181-189.

VASCONCELOS, J. M.; OLIVIERA, J. T. A. Antinutritional properties of plant lectins. **Toxicon**, Elmsford, v. 44, n. 4, p. 385-403, Apr. 2004.

VIJAYAKUMARI, K.; SIDDHURAJU, P.; JANARDHANAN, K. Effect of domestic processing on the level of certain antinutrients in *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz. seeds. **Food Chemistry**, London, v. 59, n. 3, p. 367-371, July 1997.

VON ATZINGEN, M. C.; PINTO-SILVA, M. E. M. Evaluación de la textura y color de almidones y harinas en preparaciones sin gluten. **Ciencia y Tecnología Alimentaria**, México, v. 4, n. 5, p. 319-323, jul. 2005.

ZAMBRANO, Z. M. L.; PEREZ, R. M.; NAVARRO, Y. T. G. Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. In: MENEZES, E. W.; LAJOLO, F. M.; TADINI, C.; TRIBESS, T. (Coord.). **Fibra dietética en iberoamérica**: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. São Paulo: Varela, 2001. cap. 30, p. 195-209.

CAPÍTULO 3

UTILIZAÇÃO DA FARINHA INTEGRAL DO FRUTO DE ALGAROBA (*Prosopis alba*) NA ELABORAÇÃO DE MUFFINS COM ALTA CONCENTRAÇÃO DE FIBRA E REDUÇÃO DE AÇÚCAR

1 RESUMO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de incorporar farinha do fruto de algaroba (*Prosopis alba*) na formulação de muffins para incrementar a fibra alimentar e reduzir a concentração de açúcar. Foram preparados muffins com 0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50% de farinha do fruto de algaroba. Foram avaliadas, nos muffins, característica de cor, composição química e análises de perfil de textura mediante compressão dual ou TPA (firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade). Testes de aceitação sensorial foram realizados com 50 provadores não-treinados utilizando-se uma escala hedônica estruturada de nove pontos. Também se avaliou a intenção de compra, utilizando-se uma escala hedônica estruturada de cinco pontos. Os resultados indicaram aumento na cor dos muffins diretamente proporcional ao incremento na concentração da farinha do fruto de algaroba e incremento no valor da umidade relacionada diretamente com o aumento na concentração da fibra alcançando 150% na substituição de 50% de farinha de trigo pela farinha do fruto de algaroba. Os resultados indicaram que a substituição de farinha de trigo até 50% é possível.

USING THE ENTIRE FRUIT'S FLOUR OF ALGARROBA (*Prosopis alba*) IN THE DEVELOPMENT OF MUFFINS WITH HIGH CONCENTRATION OF FIBER AND REDUCED SUGAR

2 ABSTRACT

The purpose of this study was to incorporate algarroba fruit flour (*Prosopis alba*) in formulating muffins aimed at increasing the composition of dietary fiber and decreasing the concentration of sugar. Muffins were prepared with 0%, 10%, 20%, 30%, 40% and 50% of algarroba fruit flour. In the muffins were evaluated the characteristics of color, chemical composition and texture profile analyses by dual compression or TPA (hardness, springiness and cohesiveness). An acceptance test with 50 non-trained panelists was carried out using a nine-points structure hedonic scale. The shopping intentions were asked using a five-points structure hedonic scale. The results indicated an increase in the color of the muffins directly proportional to the increase in the concentration of algarroba fruit flour, an increase in the value of moisture directly related to the changing concentrations of fiber that reached a 150% in the replacement of 50% of wheat flour by algarroba fruit flour. Results indicated that a 50% of substitution is possible.

3 INTRODUÇÃO

A situação atual de falta de alimento e má distribuição dos mesmos tem se agravado nos últimos anos e as expectativas não são nada promissoras. Nos países nos quais não existe uma produção constante de farinha de trigo e que dependem da importação deste grão, como é o caso da Bolívia, a possibilidade de desabastecimento e encarecimento dos alimentos é muito provável.

O informe anual da Organização de Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (Fao, 2006) alerta sob a preocupação atual da falta de alimentos: “Faltam alimentos e cada vez são mais caros. Mais de 854 milhões de pessoas no mundo sofrem com a fome. O índice para os preços dos alimentos aumenta em 37%”.

Combinando essas duas preocupações, escassez de alimentos e alto custo dos mesmos, é possível utilizar, na elaboração de alimentos tradicionais, produtos que aportem componentes funcionais e também contribuam para diminuir a dependência de produtos tradicionais, como a farinha de trigo, pela substituição parcial da mesma.

Uma alternativa é a procura por novas fontes de alimentos que possam ser utilizadas na substituição parcial da farinha de trigo na elaboração de produtos destinados à população geral. Se também mediante a incorporação desses ingredientes melhoram-se, de alguma forma, os alimentos tradicionais, devido a incorporação de fibras, diminuição da adição de açúcares, adição de antioxidantes, está-se caminhando no sentido de produzir alimentos benéficos para a população saudável e também para aquelas com alguma doença própria do novo milênio.

A farinha de algaroba branca (*Prosopis alba*) é uma boa opção para ser utilizada na substituição parcial da farinha de trigo na elaboração de produtos de

padaria e confeitaria, já que ela é rica em açúcares e é uma ótima fonte de fibra alimentar. Nos últimos tempos, as indústrias de alimentos têm procurado dar resposta à nova tendência do mercado de alimentos funcionais, incorporando matérias-primas que permitam substituir os materiais originais por aqueles que aportam maior quantidade de componentes que apresentam alguma qualidade funcional. Nessa linha de ingredientes estão fibras, antioxidantes como as vitaminas E, C e betacaroteno, ácidos graxos poli-insaturados, pró-bióticos e outros presentes em frutas, legumes, cereais integrais e verduras.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de incorporar farinha de fruto de algaroba na elaboração de muffins ricos em fibra com uma diminuição na adição de açúcar, visando obter um produto de menor valor calórico, assim como avaliar, física e sensorialmente, as características dos muffins produzidos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos, do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Utilizou-se farinha obtida do fruto de algaroba de *Prosopis alba* procedente da Bolívia, com umidade de 2,14 g 100 g⁻¹ e a sua composição química apresentou os seguintes teores, em g 100 g⁻¹ de MI, proteína bruta, 10,77; cinza, 3,10; extrato etéreo, 0,98; fibra solúvel, 3,88; fibra insolúvel, 43,23; fibra alimentar total, 47,11 e extrato não nitrogenado (ENN), 35,88 (González-Galán et al., 2008).

A farinha de trigo utilizada foi da marca SM tipo I, do Moinho Sul Mineiro, a qual apresentou umidade de 13,17 g 100 g⁻¹ e os seguintes teores, em g 100 g⁻¹ de MI, proteína bruta, 12,20; cinza, 0,55; extrato etéreo, 0,83; fibra solúvel, 1,09; fibra insolúvel, 6,04; fibra alimentar total, 7,13 e ENN, 66,12.

Os demais ingredientes, adquiridos no comércio local de Lavras, MG, estão listados na Tabela 1.

TABELA 1 Outros ingredientes utilizados na elaboração dos muffins

Ingredientes	Marca	Procedência
Açúcar	União	Tarumã, SP
Adoçante	União light	Tarumã, SP
Leite	Milênio integral	Campo Belo, MG
Ovos	Granja São Jorge	-
Manteiga	Ipê com sal	Lavras, MG
Sal	Cisne	Cabo Frio, RJ
Fermento químico	Royal –Indústria Kraf	Curitiba, PR
Baunilha	Dr. Oetker	Osasco, SP

4.1 Formulação dos muffins

As formulações utilizadas para a elaboração dos muffins estão detalhadas na Tabela 2.

TABELA 2 Formulações utilizadas na elaboração dos muffins

Ingredientes ^a	F0 ^b	F10	F20	F30	F40	F50
Farinha de trigo	100,0	90,0	80,0	70,0	60,0	50,0
Farinha de algaroba ^c	-	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Adoçante	43,1	-	-	-	-	-
Adoçante ^d	-	19,6	17,9	16,1	14,3	12,4
Leite	94,1	94,1	94,1	94,1	94,1	94,1
Ovo	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8
Manteiga	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
Sal	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Fermento químico	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Baunilha	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

^a Dosagem sobre g 100 g⁻¹ de farinha.

^b FO = 0% farinha do fruto de algaroba (FFA) + 100% farinha de trigo (FT); F10= 10% FFA + 90% FT; F20= 20% FFA + 80% (FT); F30= 30% FFA + 70% FT; F40= 40% FFA + 60% FT; F50= 50% FFA + 50% FT.

^c Teor de açúcar: 40,28 g 100g⁻¹ farinha.

^d Poder adoçante: dobro da capacidade adoçante do açúcar tradicional.

Ingredientes líquidos e secos (Figura 1) foram misturados e homogeneizados separadamente e, em seguida, incorporados manualmente, com auxílio de um garfo durante um minuto. A massa foi colocada em formas individuais com peso exato de 60,0 g cada um. Dez ou doze formas (Figura 2) foram levadas ao forno elétrico da marca Suggar FE 4221/22 (Brasil), com

temperatura controlada de 180°C, durante 30 minutos e, após o forno ter sido desligado, os muffins permaneceram nele por ± 2 minutos. Os muffins prontos foram deixados à temperatura ambiente para resfriarem; logo depois foram empacotados e selados em sacolas de polietileno, até sua utilização nas análises (24 horas de repouso).



FIGURA 1 Ingredientes líquidos e secos utilizados na formulação dos muffins



FIGURA 2 Formas e forno utilizados na elaboração dos muffins

4.2 Caracterização física e química dos muffins

4.2.1 Análises físicas

a) Cor

A determinação de cor foi realizada em aparelho colorímetro marca Minolta, modelo Chroma meter CR-3000 (Japão), sistema CIELAB Color Space, por reflectância. Os resultados foram expressos em valores de L, a*, b* e ΔE^* .

Os parâmetros de cor, medidos em relação à placa de cor branca (L=97,02; a= 0,04; b=2,02), foram: luminosidade (L), que varia da cor preta (0) a cor branca (100); a*, que varia da cor verde (-60) a vermelho (+60) e b*, que varia da cor azul (-60) a amarela (+60).

A diferença de cor (ΔE^*) foi calculada por meio da Equação 1.

$$\Delta E^* = [(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad \text{Equação 1}$$

em que:

ΔE^* = valor para a diferença de cor.

ΔL = diferença entre a leitura L do padrão branco e a leitura L da amostra.

Δa^* = diferença entre a leitura a do padrão branco e a leitura a da amostra.

Δb^* = diferença entre a leitura b do padrão branco e a leitura b da amostra.

Primeiro foi realizada a determinação da cor externa do muffin (crosta) e, em seguida, a parte interna (miolo). Cada valor representou a média de quatro amostras.

b) Umidade

A umidade foi determinada pela secagem em estufa, à temperatura de 105°C, de acordo com a metodologia da AOAC (2000) com secagem, até obter-se peso constante.

c) Rendimento e perda de massa

Para a avaliação da perda de massa dos muffins após assados, eles foram pesados, antes e depois de assados, sendo calculada a diferença, em gramas.

d) Volume dos muffins

O volume dos muffins foi determinado pelo deslocamento de sementes de painço. As sementes foram colocadas em uma proveta de 1.000 mL e o volume dos muffins foi obtido por meio da diferença do volume de sementes de painço do recipiente com e sem o muffin.

O volume específico foi obtido segundo a Equação 2, dividindo-se o volume dos muffins pela massa:

$$VE = V/M \quad \text{Equação 2}$$

sendo VE = volume específico, V = volume, M= massa.

O resultado foi expresso em cm³, para o volume dos muffins e o volume específico em cm³ g⁻¹.

e) Propriedades de textura dos muffins

Para a determinação das análises do perfil de textura foi utilizado o texturômetro TA. XT2 i (Stable Micro Systems, Godalming, UK). Quatro amostras em forma de cubo de 2,5 cm² foram retiradas do miolo dos muffins. Os parâmetros de textura foram determinados com uma velocidade de teste de 1,00

mm s⁻¹ e força de 50% da altura original do cubo. O tempo de 5 segundos foi definido entre os ciclos de compressão com o prato de alumínio de 75 mm (P/75) (Baixauli et al., 2007). Foram analisadas quatro repetições de todas as formulações. O perfil de textura é o resultado da aplicação de uma força ao alimento, cujo registro dá origem a uma curva específica do produto analisado. Cada área formada pela curva representa uma característica de textura do alimento (firmeza, coesividade, adesividade, fraturabilidade e elasticidade). Além desses cinco parâmetros, interpretados diretamente da curva, a combinação de alguns deles fornece valores que se relacionam com outras características sensoriais, como mastigabilidade e gomosidade (Costell et al., 1997). Nas análises realizadas, optou-se por utilizar, como perfil de textura, os parâmetros de firmeza (g), elasticidade, coesividade e mastigabilidade (g.mm), calculados pelo software do aparelho através da curva (Figura 3) da seguinte forma:

. dureza: pico de força, medido durante o ciclo de compressão (altura da curva 1), em g;

. coesividade: relação entre as áreas da segunda e primeira compressão (área da curva 2/ área da curva 1) adimensional;

. elasticidade: intervalo de tempo da segunda compressão (amplitude da curva 2 no ponto em que se inicia a ascensão), em mm; parâmetro necessário para o cálculo da mastigabilidade;

. mastigabilidade: produto da dureza, coesividade e elasticidade, em g.mm.

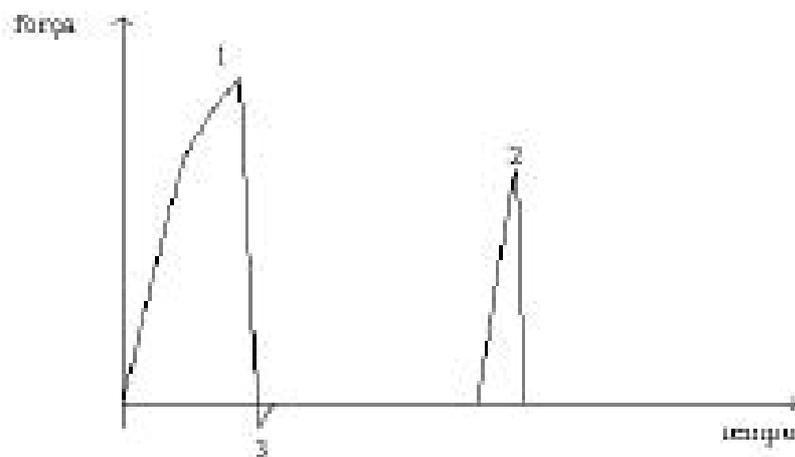


FIGURA 3 Exemplo da curva força-tempo gerada pelo analisador de textura TA-XT2.

4.2.2 Composição química

A determinação do teor de proteína bruta ($N \times 6,25$), extrato etéreo, cinzas, fibra solúvel (FS), fibra insolúvel (FI) e extrato não nitrogenado (ENN) foi realizada segundo a metodologia especificada pela AOAC (2000). Para o valor calórico, utilizaram-se os coeficientes de Atwater (WATT & MERRILL, 1963), ou seja, para proteínas, 4,0; carboidratos, 4,0 e lipídios, 9,0.

Para quantificar os minerais (Fe, Zn, Mn, Cu, Ca, Mg, P, K e S), as amostras foram submetidas a uma digestão nitroperclórica, em blocos digestores com controle de temperatura (Malavolta et al., 1997). O P e o S foram determinados por colorimetria, K por fotometria de chama e Fe, Zn, Mn, Cu, Mg e Ca por espectrofotometria de absorção atômica.

4.3 Análise sensorial

Avaliou-se a aceitação geral dos muffins de algaroba por meio de um grupo de 50 provadores não-treinados, utilizando-se uma escala hedônica de 1 a

9 pontos, em que 1 correspondia a "desgostei extremamente" e o 9, a "gostei extremamente". A intenção de compra foi avaliada também utilizando-se escala hedônica de 1 a 5 pontos, em que 1 correspondia a “certamente não compraria” a e 5, a “certamente compraria” (Figura 4).

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Nome: _____ Data: _____

Avalie da esquerda para a direita cada muffins e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou, na seguinte ordem: da aparência, textura, sabor e impressão global de cada muffins.

	N° Amostra	Nota aparência	Nota textura	Nota sabor	Nota impressão global
9 – gostei extremamente	_____	_____	_____	_____	_____
8 – gostei muito	_____	_____	_____	_____	_____
7 – gostei moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
6 – gostei ligeiramente	_____	_____	_____	_____	_____
5 – nem gostei/nem desgostei	_____	_____	_____	_____	_____
4 – desgostei ligeiramente	_____	_____	_____	_____	_____
3 – desgostei moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
2 – desgostei muito	_____	_____	_____	_____	_____
1 – desgostei extremamente	_____	_____	_____	_____	_____

Comentários: _____

Agora, utilizando a escala abaixo, indique a sua intenção de compra com relação ao produto.

	N° Amostra	Intenção de compra
5 – certamente compraria	_____	_____
4 – provavelmente compraria	_____	_____
3 – não sei	_____	_____
2 – provavelmente não compraria	_____	_____
1 – certamente não compraria	_____	_____

FIGURA 4 Modelo de ficha de resposta para o teste de aceitação usando escala hedônica.

4.4 Análise estatística

Para as análises físicas, cor, umidade, rendimento e perda de peso, volume e volume específico, perfil de textura e as de composição química, foi utilizado delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e quatro repetições.

O delineamento estatístico de blocos completos foi utilizado para os testes sensoriais dos muffins com seis tratamentos e cinquenta provadores.

A análise estatística dos resultados foi realizada utilizando-se o programa computacional Sisvar versão 4.6 (build 62) (Ferreira, 2000).

Para a descrição das variáveis em função das porcentagens de farinha substituída, foram feitas análises de regressão e os modelos polinomiais foram selecionados observando-se a significância do teste F para cada modelo e seus respectivos coeficientes de determinação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cor dos muffins

Os resultados para a cor interna (miolo) e externa (crosta) dos muffins mostraram diferença significativa.

No gráfico da Figura 5 é mostrada a curva de regressão para os valores de L do miolo e da crosta, para as diferentes porcentagens de farinha do fruto da algaroba (FFA) utilizadas na substituição de farinha de trigo (FT) na elaboração dos muffins. Observa-se que tanto para o miolo como para a crosta dos muffins, à medida que se substitui FT por FFA, o valor da luminosidade L diminui.

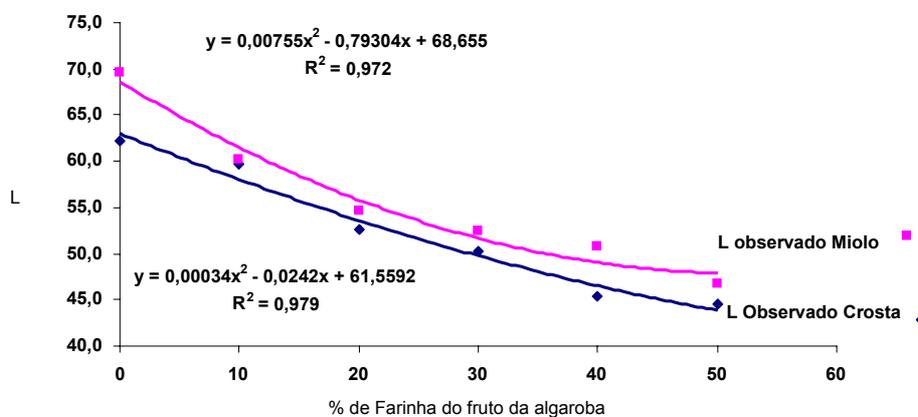


FIGURA 5 Curvas e equações de regressão representativas de luminosidade L interna (miolo) e externa (crosta) dos diferentes muffins. UFLA/DCA, Lavras, MG, 2009.

Grigelmo-Miguel et al. (1999), desenvolvendo muffins de elevado teor em fibra, indicaram que a redução na proporção de farinha de trigo por adição de fibra alimentar de pêssago provocava diminuição na luminosidade do miolo dos muffins, devido à perda da característica da cor branca da farinha, confirmando o que ocorreu no presente trabalho com a adição de FFA.

Já para a cromaticidade a^* , na Figura 6 é mostrada a curva de regressão para o miolo e a crosta dos muffins. Verifica-se tendência a aumentar a coloração, na medida em que aumenta a substituição de FT por FFA.

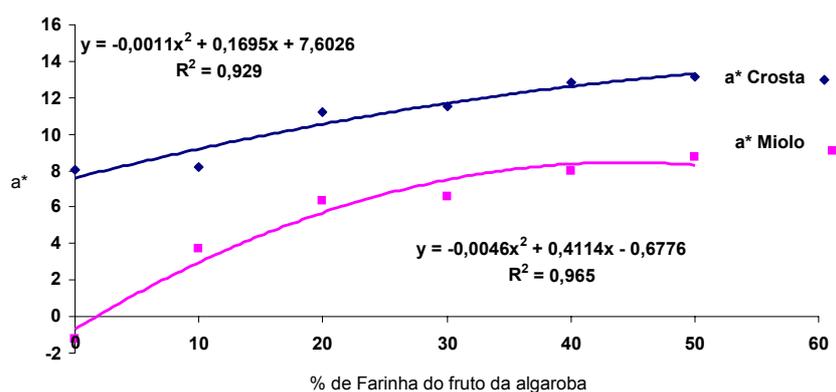


FIGURA 6 Curvas e equações de regressão representativas de cromaticidade a^* interna (miolo) e externa (crosta) dos diferentes muffins. UFLA/DCA, Lavras, MG, 2009.

No caso da cromaticidade b^* , na Figura 7 é mostrada a curva de regressão para a crosta e o miolo dos muffins. O valor de b^* diminui tanto para a crosta quanto para o miolo, na medida em que aumenta a substituição da FT por FFA. Também se pode observar que existe maior diferença no valor b^* da crosta

e do miolo dos muffins, com menor substituição de FFA, tendência que vai diminuindo até alcançar 50% de substituição.

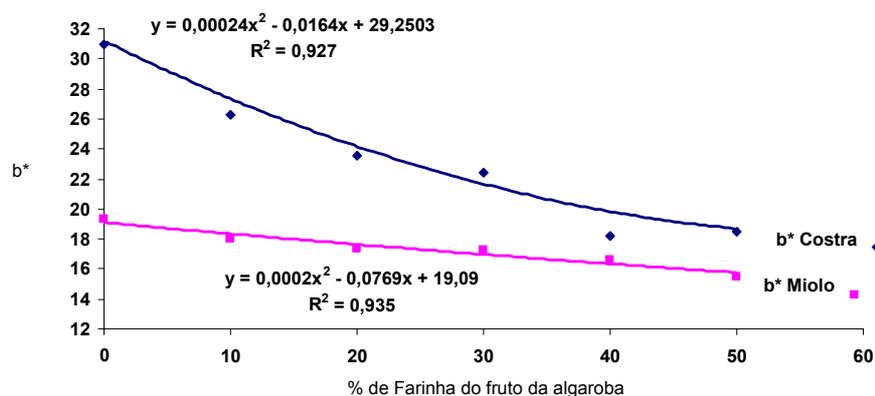


FIGURA 7 Curvas e equações de regressão representativas de cromaticidade b^* interna (miolo) e externa (crosta) dos diferentes muffins. UFLA/DCA, Lavras, MG, 2009.

Tanto no miolo como na crosta dos muffins, o comportamento foi semelhante. A cromaticidade a^* aumenta e a cromaticidade b^* diminui proporcionalmente com o aumento na concentração de FFA, devido, principalmente, à própria característica da FFA, que é uma farinha mais escura e mais amarelada que a farinha de trigo (FT), como já foi discutido no capítulo 2.

Na Figura 8 é mostrada a mudança da cor para o miolo dos muffins com as diferentes porcentagens de FFA. Pode-se observar como o aumento da incorporação de FFA provoca mudança na cor interna do muffin.

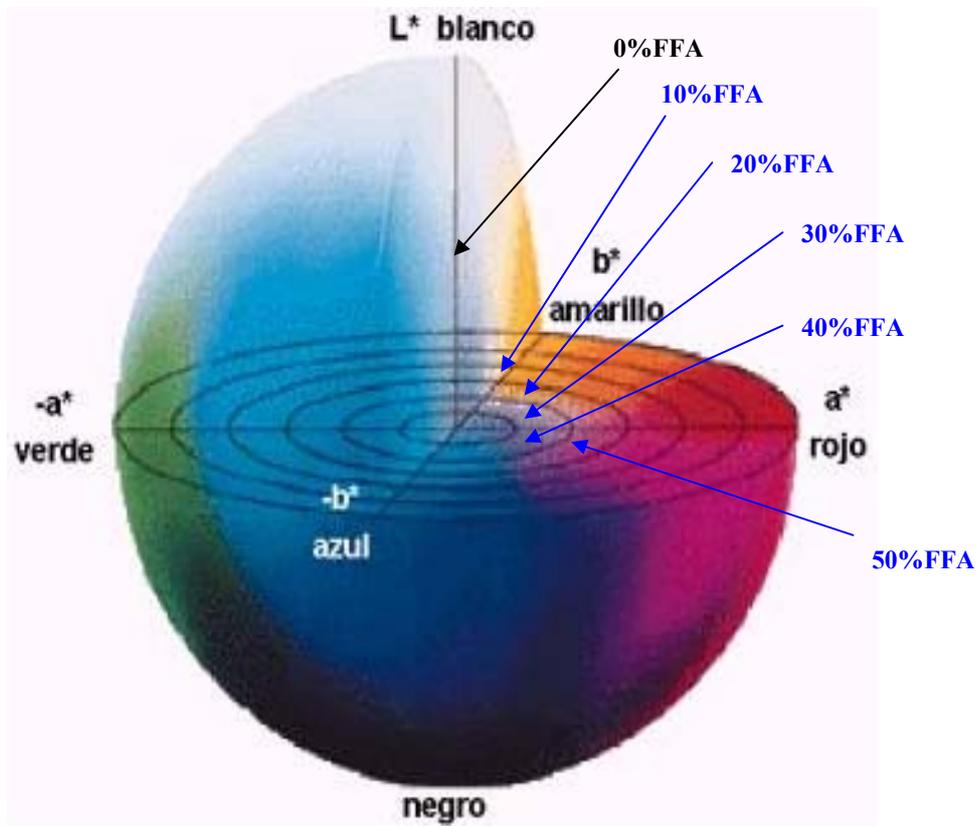


FIGURA 8 Representação do sólido de cor no espaço de cor L a* b* dos miolos dos muffins.

Para a ΔE^* , à medida que aumenta a substituição de FT por FFA, há um aumento de forma quadrática, como mostrado na Figura 9. As mudanças observadas na coloração final dos muffins resultam em um produto com características mais escuras, semelhante à muffins de chocolate (Figura 10).

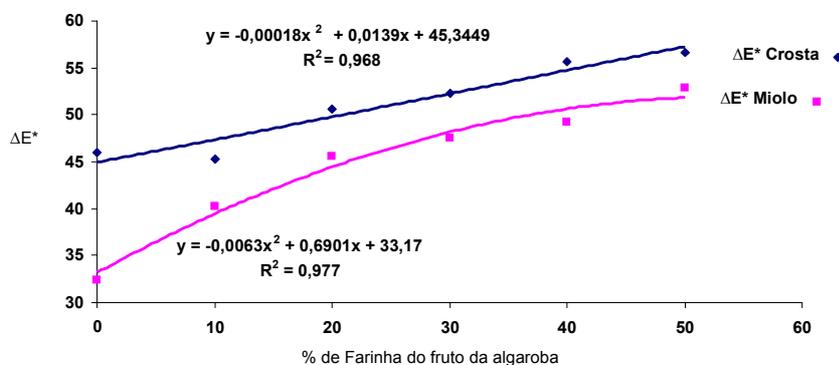


FIGURA 9 Curvas e equações de regressão representativas de ΔE^* interna (miolo) e externa (crosta) dos diferentes muffins.

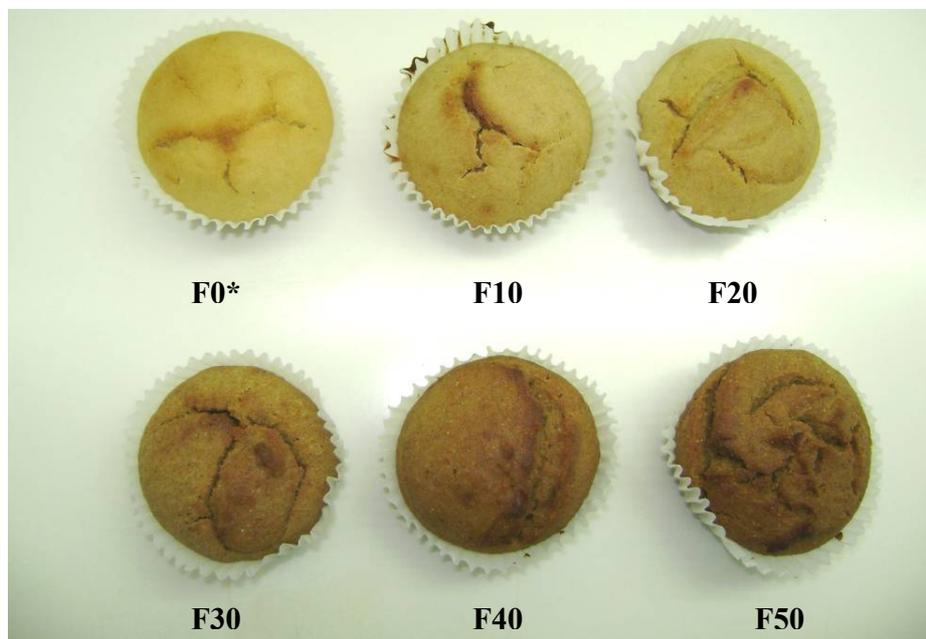


FIGURA 10 Característica visual dos diferentes muffins.

*FO = 0% farinha de fruto de algaroba (FFA) + 100% farinha de trigo (FT); F10= 10% FFA + 90% FT; F20= 20% FFA + 80% (FT); F30= 30% FFA + 70% FT; F40= 40% FFA + 60% FT; F50= 50% FFA + 50% FT.

Valores comparáveis de L, a* e b* para os miolos encontrados neste estudo foram reportados por Esteler Junior & Lannes (2006), na preparação de bolos de chocolate produzidos com pó de cupuaçu e kefir. Para L, os valores variaram de 37,03 a 49,80; para a*, de 6,43 a 9,72 e, para b*, de 9,33 a 19,01, produzindo bolos com características semelhantes a de bolos comerciais de chocolate (L = 40,78 a 54,62; a* de 5,21 a 9,05; b* de 5,83 a 14,40). A utilização de FFA na elaboração de muffins produz uma coloração no produto final semelhante à de bolos de chocolate ou que contenham outros produtos semelhantes ao chocolate.

5.2 Características físicas dos muffins de algaroba

A análise de variância apresentou diferença significativa para umidade, volume e volume específico dos muffins. Já para o peso específico e perda de peso, não houve diferença significativa.

No gráfico da Figura 11 é apresentada a curva de regressão obtida para a umidade dos muffins. Observa-se que, à medida que aumentou a substituição da FT por FFA, a umidade aumentou. Com a substituição da FT por FFA houve também diminuição da adição de açúcar e aumento no teor de fibra, o que parece ter contribuído para uma maior retenção de água. Perez & Germani (2007), adicionando farinha de berinjela a biscoitos salgados, determinaram uma diminuição na perda de água, indicando que esse efeito foi decorrente, provavelmente, da maior retenção de água proporcionada pelo maior teor de fibra alimentar presente nesse biscoito.

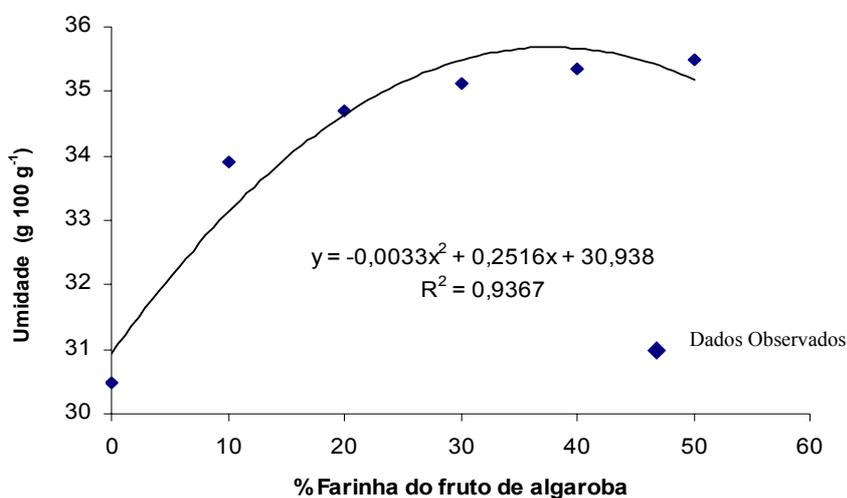


FIGURA 11 Curva e equação de regressão representativa de umidade dos diferentes muffins.

No gráfico da Figura 12 é apresentada a curva de regressão para o volume dos muffins. Observou-se que o volume dos muffins diminuiu com o aumento de FFA, até alcançar os 30% de substituição. A partir daí, o volume dos muffins tendeu a aumentar com o aumento de FFA.

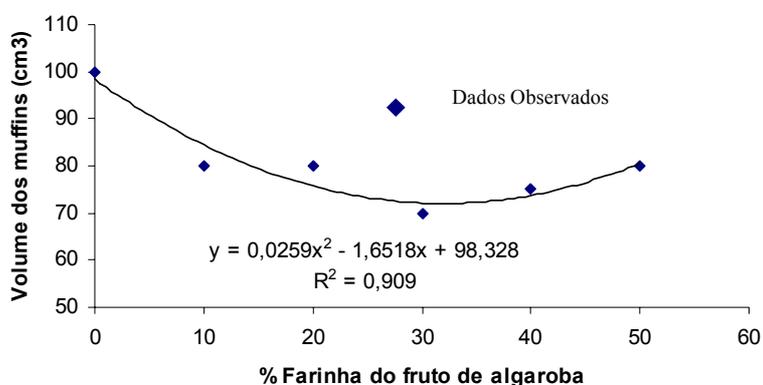


FIGURA 12 Curva e equação de regressão representativa do volume (cm³) dos diferentes muffins.

No gráfico da Figura 13 observa-se a curva de regressão para o volume específico dos muffins. Pode-se notar que o volume específico dos muffins diminuiu com o aumento de FFA, até alcançar os 30% de substituição. A partir daí, o volume específico dos muffins tendeu a aumentar com o aumento de FFA.

Vratanina & Zabik (1978) indicam que a substituição de FT por diferentes fontes de fibra diminui o volume dos produtos, como os biscoitos de açúcar e muffins formulados com casca de batata (ARORA & CAMIRE, 1994). Montenegro et al. (2008) observaram que o volume específico dos biscoitos de polvilho azedo diminuiu com o aumento concomitante de duas fontes de fibra.

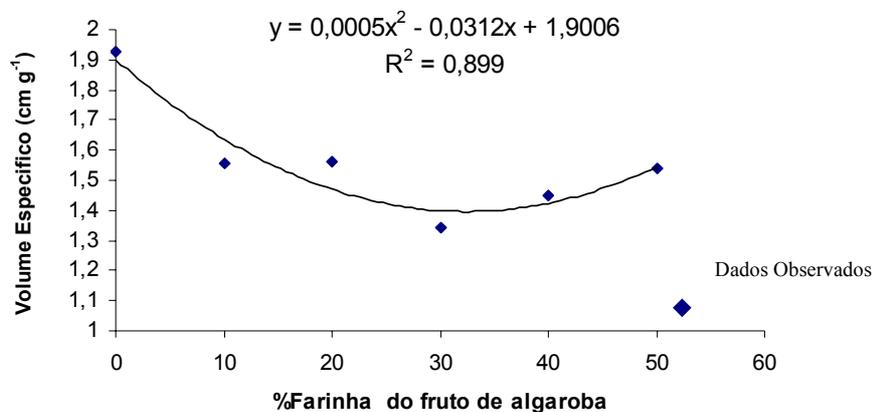


FIGURA 13 Curva e equação de regressão representativa do volume específico dos diferentes muffins.

O aumento na substituição de FT por FFA não afetou o peso final dos muffins, pois não houve diferença estatística. Em relação à perda de peso, também não houve diferença significativa entre os tratamentos, indicando que a substituição da FT por FFA não alterou a perda de peso.

5.3 Propriedades da textura dos muffins

O efeito da substituição de farinha de algaroba nos parâmetros de textura dos muffins foi investigado e os resultados são apresentados nas Figuras 14, 15, e 16. A análise de variância para os parâmetros de textura dos muffins apresentou diferença significativa para firmeza (g), elasticidade e mastigabilidade (g.mm). Já para coesividade, não houve diferença significativa.

A firmeza dos muffins (Figura 14) aumentou com o aumento da substituição de FT por FFA até 20%, para uma firmeza máxima de 19,79 g. A partir daí, a firmeza tende a diminuir, sem alcançar os valores apresentados pela fórmula controle (0% FFA).

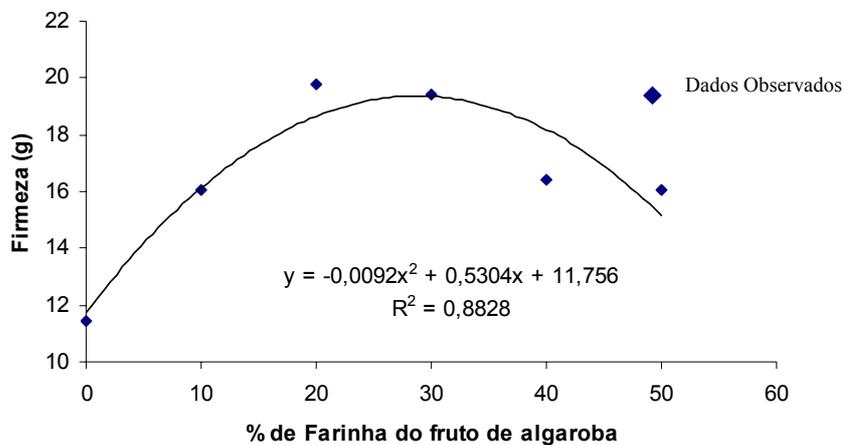


FIGURA 14 Curva e equação de regressão representativa da firmeza dos diferentes muffins.

O aumento na firmeza dos muffins, que está correlacionada com a mordida humana durante a ingestão dos alimentos, apresenta relação com a diminuição do volume, que foi menor com 30% de FFA (Figura 13). Isso indica que muffins mais compactos apresentam tendência a ser mais firmes.

No gráfico da Figura 15 é apresentada a curva de regressão para a elasticidade dos diferentes muffins. Pode-se observar que, à medida que foi adicionada FFA na formulação dos muffins, a elasticidade diminuiu.

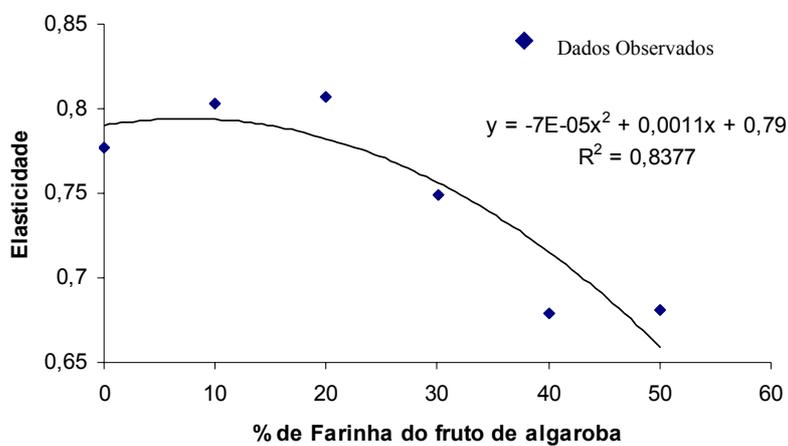


FIGURA 15 Curva e equação de regressão representativa de elasticidade dos diferentes muffins.

Com relação à coesividade, não houve diferença significativa entre as formulações contendo FFA e o controle, apresentando valor médio de 0,39.

Já para a mastigabilidade (Figura 16), à medida que aumentou a proporção de FFA, observou-se um aumento até alcançar os 20% de substituição, apresentando diminuição nas restantes formulações.

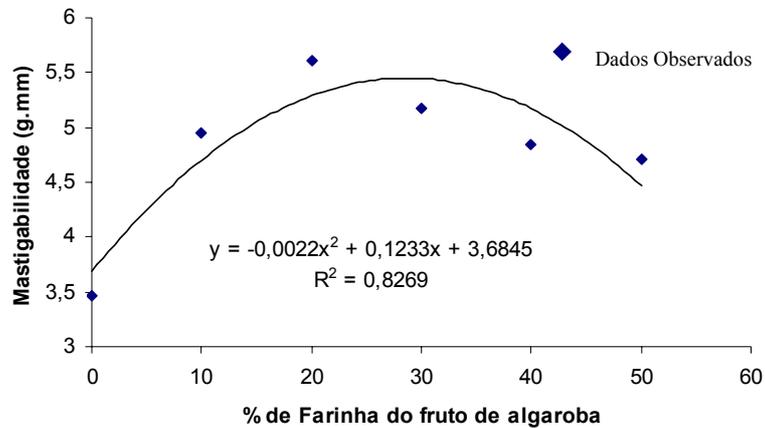


FIGURA 16 Curva e equação de regressão representativa de mastigabilidade dos diferentes muffins.

A mastigabilidade é um parâmetro que põe em evidência maior necessidade de trabalho mecânico e movimentação da boca (Esteller et al., 2004). Os mesmos autores indicam que amostras com maior teor de fibras ou ressecadas necessitam de maior salivacão e número maior de mastigações antes da deglutição. O enrijecimento de massas provoca maior necessidade de trabalho mecânico e movimentação da boca. Os resultados apontam que os muffins mostram tendência em aumentar o valor da mastigabilidade, à medida que se aumenta a substituição FFA, até alcançar os 20%, diminuindo com 40% e 50% de substituição, sendo, porém, superiores aos com 0% FFA.

5.4 Composição centesimal e valor calórico dos muffins

Os resultados da composição centesimal e o valor calórico foram estatisticamente diferentes.

A proteína dos muffins (Figura 17) aumentou com o aumento da substituição de FT por FFA até 40%, tendo o muffin com 10% FFA apresentado o maior teor, que foi de 11,97 g.

Apesar de a FT apresentar teor mais elevado de proteína que a FFA, o fato de diminuir a proporção de açúcar adicionada nas formulações dos muffins permite que o teor de proteína seja maior nas fórmulas com substituição de 10% a 40%. O teor de proteína no muffin com 50% de FFA foi estatisticamente igual ao apresentado pela fórmula controle (0% FFA).

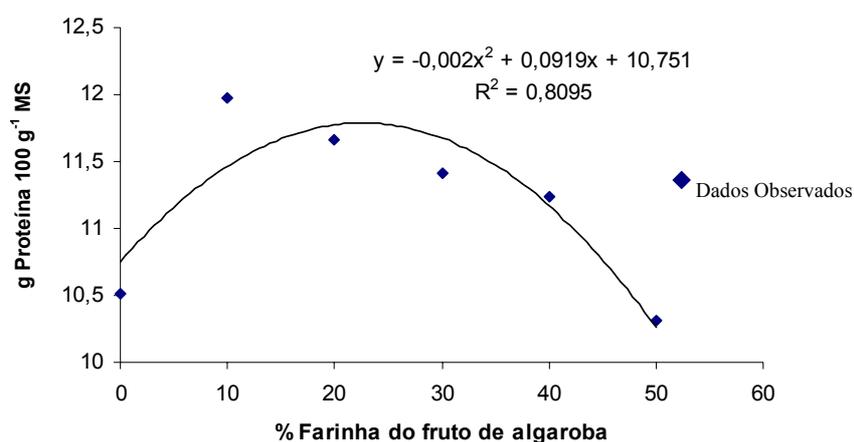


FIGURA 17 Curva e equação de regressão representativa de proteína dos diferentes muffins.

Diversos trabalhos realizados com o objetivo de enriquecer alimentos com fibra alimentar produziram produtos com menor concentração proteica que o controle (Grigelmo-Miguel et al., 1999; Silva et al., 2001; Sáez et al., 2007; Rupasinghe et al., 2008). Por outro lado, o fato de estar substituindo a FT por farinha de uma leguminosa permite afirmar que a substituição melhora a

qualidade proteica do produto já que tem sido demonstrado que esta combinação complementa a deficiência de lisina do trigo, que está presente nas fabáceas (Sgarbieri, 1987).

No gráfico da Figura 18 está apresentada a curva de regressão para o extrato etéreo dos diferentes muffins. À medida que aumentou a substituição de FT por FFA observou-se aumento linear no teor do extrato etéreo. Isto se deve a um aumento da substituição de FFA que diminuiu a proporção de açúcar, consequentemente elevando o teor de extrato etéreo.

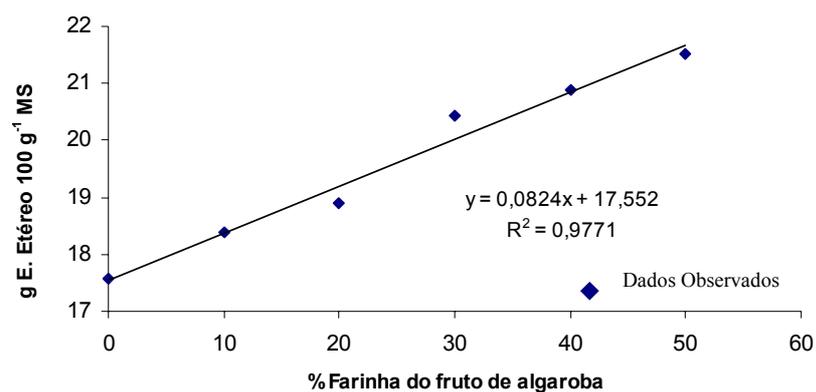


FIGURA 18 Curva e equação de regressão representativa de extrato etéreo dos diferentes muffins.

O extrato etéreo, que representa principalmente a gordura presente nos muffins, deve-se, principalmente, à adição de manteiga, ovo e leite integral, já que tanto a FT como a FFA apresentaram concentrações muito baixas deste componente.

Para o teor de cinzas, pode-se observar, no gráfico da Figura 19, que, à medida que se substitui FA por FFA, se obteve um aumento linear na concentração de cinzas, devido, principalmente, ao aporte do resíduo mineral que apresenta a FFA, já que esta proporciona maior teor de cinzas em relação à FT.

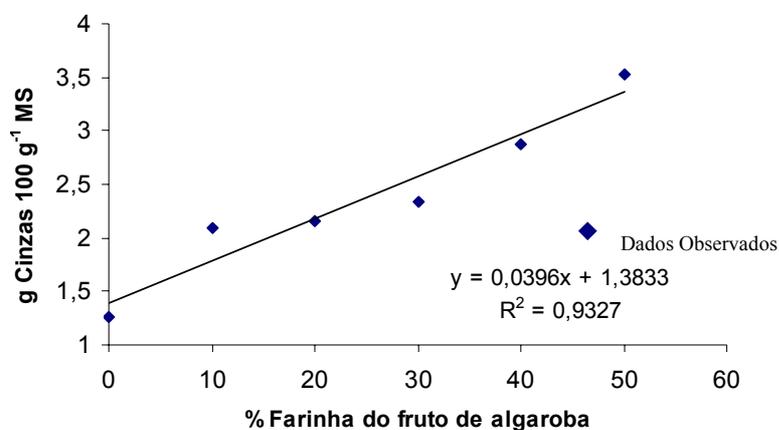


FIGURA 19 Curva e equação de regressão representativa de cinzas dos diferentes muffins.

Nos gráficos das Figuras 20 e 21 são mostradas as curvas de regressão para a fibra solúvel e insolúvel dos diferentes muffins. A substituição de FT por FFA mostrou ser uma resposta muito boa para os teores de fibra solúvel e insolúvel, pois, à medida que aumentou a substituição de FT por FFA, observou-se aumento linear no teor de fibra solúvel e insolúvel.

Moscatto et al. (2004) utilizaram farinha de yacon (20% de substituição) e uma combinação de yacon e inulina (40% e 6%, respectivamente) na elaboração de bolo de chocolate, obtendo bolos com características comparáveis

aos da formulação controle, porém, apresentando maiores concentrações de fibra alimentar (12,35% e 23,60%) em relação ao controle (9,02%). Estes teores se assemelham aos encontrados no presente estudo para o controle e a substituição de FT por FFA até 50%.

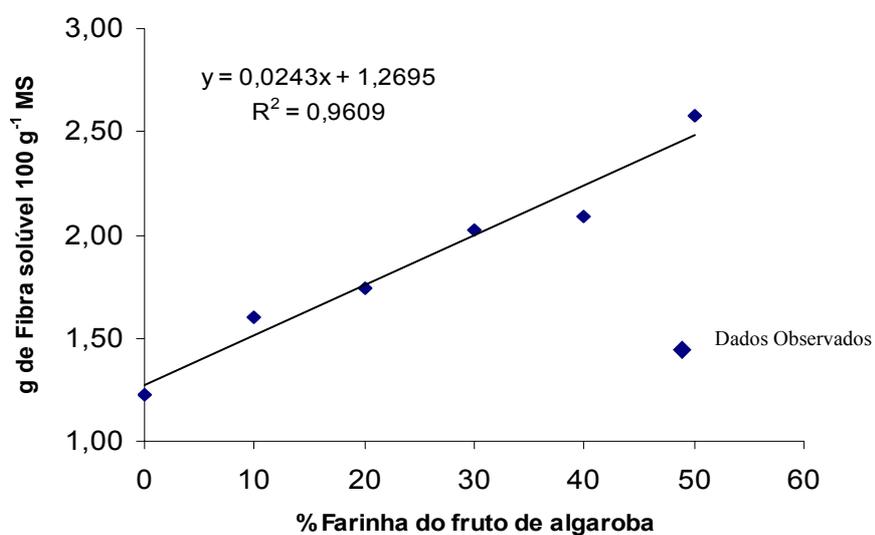


FIGURA 20 Curva e equação de regressão representativa de fibra solúvel dos diferentes muffins.

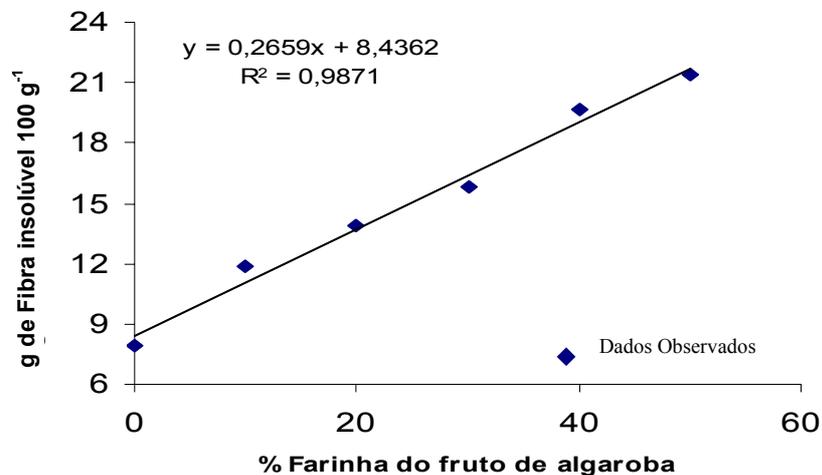


FIGURA 21 Curva e equação de regressão representativa de fibra insolúvel dos diferentes muffins.

Rupasinghe et al. (2008), utilizando farinha de casca de maçã na elaboração de muffins nas proporções de 0%, 8%, 16% e 24% de substituição, indicaram que, à medida que aumenta a substituição da FT por casca de maçã, aumenta a concentração de fibra alimentar de 1,3% para o controle até alcançar 7,6%, com 24% de substituição. Estas concentrações são bem mais baixas do que as encontradas quando se utiliza FFA na elaboração de muffins (15,59 g 100g⁻¹ de FAT, para 20% de substituição), o que demonstra que a FFA é uma excelente fonte de fibra alimentar.

De acordo com a legislação brasileira (Portaria 27), um produto é considerado fonte de fibra quando apresentar, no mínimo, 3% em fibras e com elevado teor com, no mínimo, 6% em fibras (Brasil, 1998). Portanto, todas as formulações podem ser consideradas como alimentos com elevado teor em fibras, uma vez que forneceram muffins contendo 9% a 24% de fibras.

No gráfico da Figura 22 é mostrada a curva de regressão para o extrato não nitrogenado (ENN) dos diferentes muffins.

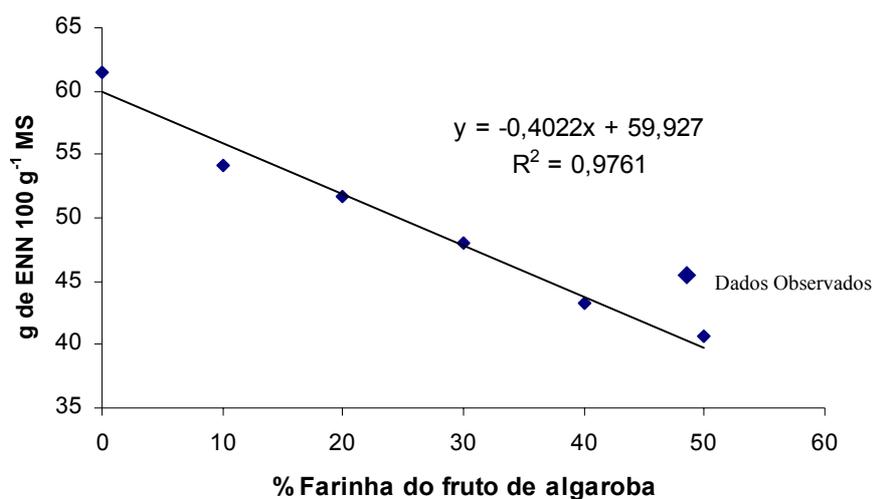


FIGURA 22 Curva e equação de regressão representativa de extrato não nitrogenado (ENN) dos diferentes muffins.

À medida que aumentou a substituição de FT por FFA observou-se diminuição linear no teor do ENN. Como o principal componente da farinha de trigo é o amido, o qual, na determinação da composição centesimal, é que aporta o maior teor do ENN, na medida em que a FT é substituída por FFA nos diferentes muffins, a proporção de fibras é aumentada e, portanto, o ENN diminui.

No gráfico da Figura 23 é apresentada a curva de regressão para o valor calórico dos diferentes muffins.

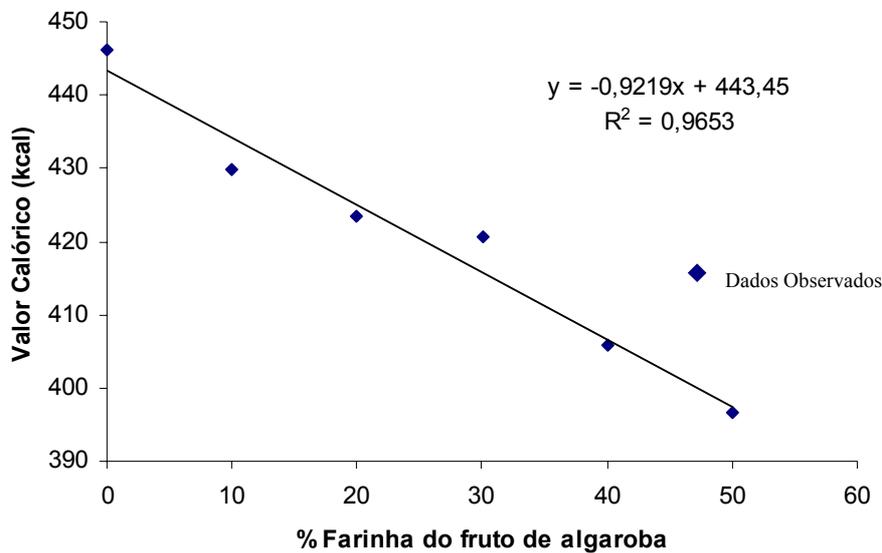


FIGURA 23 Curva e equação de regressão representativa do valor calórico dos diferentes muffins.

À medida que aumentou a substituição de FT por FFA, observou-se diminuição linear no valor calórico dos muffins. Com a adição de FFA, o valor calórico dos muffins diminuiu de 3,67% para 11,11%.

A Portaria nº 27, do Ministério da Saúde (Brasil, 1998), estabeleceu regulamento técnico para a informação nutricional complementar dos alimentos e indica que quando se trata de alimento com valor energético reduzido em comparação ao convencional, a redução exigida é de, pelo menos, 25%, com diferença maior que 40 kcal 100g⁻¹ para sólidos ou 20 kcal 100 g⁻¹ para líquidos. No caso dos muffins com 40% e 50% de FFA, a redução alcança 40,32 e 49,57 kcal 100 g⁻¹ de muffins, respectivamente.

5.5 Composição de minerais

No gráfico da Figura 24 estão mostradas as curvas de regressão de fósforo e potássio dos diferentes muffins.

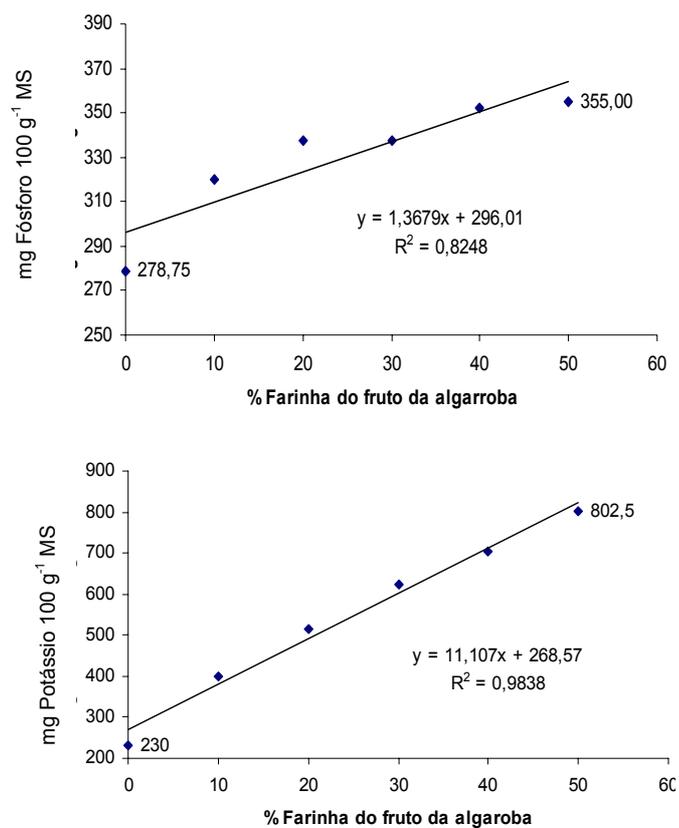


FIGURA 24 Curvas e equações de regressão representativas de fósforo e potássio dos diferentes muffins.

O fósforo e o potássio apresentaram um aumento linear, isto é, a medida que se aumentou o % de FFA em 1 unidade o teor de fósforo e potássio aumentou 1,37% e 11,11%, respectivamente.

O menor teor de fósforo foi encontrado no muffin controle, porém, não houve diferença significativa entre os muffins contendo FFA. O teor médio de 221 mg K 100 g⁻¹ MI representa 27,6% da ingestão diária recomendada (IDR) (Brasil, 2005).

Para o potássio (K), não existe uma IDR oficial recomendada, porém, a Food and Drug Administration (FDA) indica uma quantidade de 99 mg K dia⁻¹ (Name, 2005). Como era de se esperar, as formulações dos muffins apresentam uma boa proporção de potássio, já que a farinha é muito rica neste elemento, o que permite suprir a IDR para este macromineral de duas até cinco vezes o requerimento diário recomendado (260 mg 100 g⁻¹ a 518 mg 100 g⁻¹ MI).

Na Figura 25 são mostradas as curvas de regressão obtidas para cálcio, enxofre e magnésio dos diferentes muffins.

Tanto cálcio como enxofre apresentaram resposta linear, de acordo com as equações: $y = 2,5071x + 264,4$ e $y = 0,7443x + 138,64$, e o magnésio aumentou de forma quadrática com a equação: $y = -0,0123x^2 + 0,9746x + 40,948$

A adição de leite e ovos à formulação dos muffins permitiu o incremento na proporção de cálcio presente nos muffins, já que a FFA supre apenas 11% das necessidades da IDR. Porém, os muffins suprem 23% a 31% das necessidades da IDR para as fórmulas de 10% a 50% de substituição, respectivamente, em matéria integral.

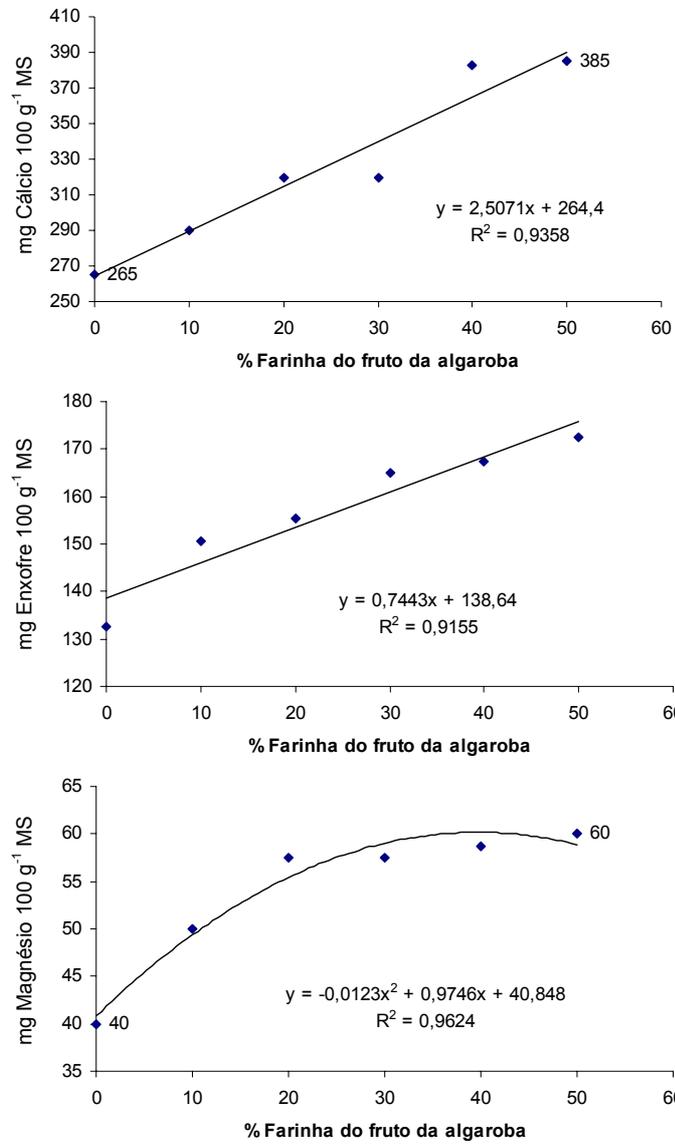


FIGURA 25 Curvas e equações de regressão representativas de cálcio, enxofre e magnésio dos diferentes muffins.

Para o enxofre, não houve diferença significativa entre as fórmulas com substituição de FFA, que supre 12% das necessidades da IDR por 100 g MI, já que o corpo humano necessita, diariamente, de 850 mg (Bowman & Russell, 2003).

O magnésio presente nos muffins supre as necessidades de 10% a 13% do IDR. Pesquisa desenvolvida por Larsson & Wolk (2007) indicou que a ingestão de magnésio foi inversamente associada com incidência de diabetes tipo 2. De 25% a 47% dos indivíduos com diabetes apresentam hipomagnesemia (Mather et al., 1979; Lima et al., 1998), enquanto que em uma população saudável este déficit está presente, em geral, em 4,9% dos indivíduos (Guerrero-Romero & Moran-Rodriguez, 2002), o que mostra claramente maior prevalência da deficiência de magnésio em pacientes com diabetes mellitus. Neste caso, os muffins com FFA seriam mais uma fonte de magnésio.

Os diferentes muffins elaborados não apresentaram diferença estatística em relação ao zinco, apresentando média de 14,86 mg kg⁻¹ MS. As necessidades em zinco são estimadas, pela maioria dos países, em 15 mg por dia (Anvisa, 2005). O consumo de 100 g de muffins supre 7% das necessidades da IDR.

No gráfico da Figura 26 são mostradas as curvas de regressão de manganês e ferro dos diferentes muffins. Tanto para o manganês como para o ferro, o comportamento foi similar, já que ambos os elementos minerais apresentaram resposta quadrática com aumento nos teores dos mesmos, até alcançar os 20% de substituição de FT por FFA, seguida de queda constante, até alcançar teores menores ao do controle.

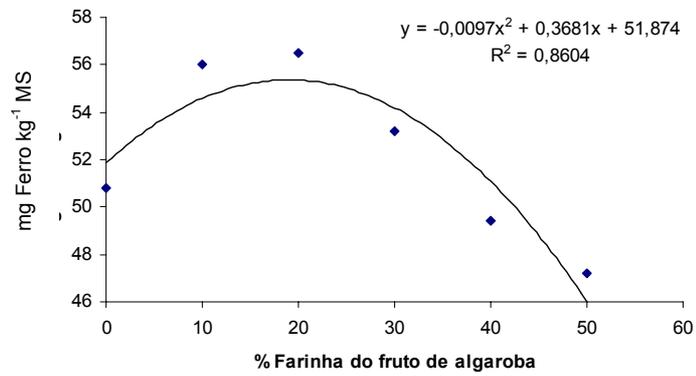
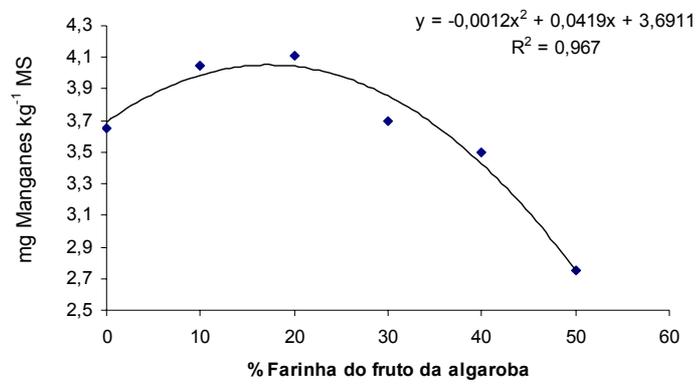


FIGURA 26 Curvas e equações de regressão representativas de manganês e ferro dos diferentes muffins.

Sendo o ferro um micromineral indispensável na alimentação, pode-se observar que a substituição de FT por 10% e 20% de FFA aumentou o teor de ferro em relação ao controle, devido à diminuição da quantidade de açúcar utilizada na formulação, enquanto as substituições com 30%, 40% e 50% se compararam ao controle. A IDR alcançada nas formulações dos muffins foi de 25% a 31%. Nabeshima et al. (2005) elaboraram pão com adição de pirofosfato de ferro, ferro reduzido e sulfato ferroso mono-hidratado, apresentando IDR de 31,0%, 33,5% e 36,5%, respectivamente, níveis estes comparáveis aos obtidos nos muffins.

A deficiência de ferro na população é tão significativa que, a partir do dia 13 de dezembro de 2002, o governo brasileiro editou a Resolução RDC nº 344, que determina que toda farinha de trigo seja adicionada de, no mínimo, 4,2 mg ferro 100 g⁻¹ de farinha, como uma ação de prevenção da anemia ferropriva e de patologias do tubo neural e da mielomeningocele.

5.6 Análise sensorial dos muffins

A análise de variância indicou diferença significativa para os parâmetros aparência, textura, sabor, impressão global e intenção de compra (Tabela 3).

TABELA 3 Teste sensorial de aceitação e intenção de compra dos muffins.

Muffins*	Aparência**	Textura**	Sabor**	Impressão global**	Intenção de compra***
F0	8,10 a	7,78 a	7,84 a	8,48 a	4,38 a
F10	5,30 c	5,20 d	6,00 bc	6,34 c	3,00 cd
F20	5,72 c	5,94 c	6,32 b	7,38 b	3,08 cd
F30	5,72 c	5,74 cd	5,66 c	5,38 d	2,76 d
F40	5,78 c	6,26 bc	6,28 b	5,98 c	3,12 c
F50	6,66 b	6,82 b	6,34 b	5,94 c	3,50 b
CV %	14,23	15,43	14,00	12,75	17,52

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

*FO = 0% farinha de fruto de algaroba (FFA) + 100% farinha de trigo (FT); F10= 10% FFA + 90% FT; F20= 20% FFA + 80% (FT); F30= 30% FFA + 70% FT; F40= 40% FFA + 60% FT; F50= 50% FFA + 50% FT.

** Escala hedônica de 1 a 9 pontos.

*** Escala hedônica de 1 a 5 pontos.

O muffin controle (0% de FFA) se destacou dos demais muffins, devido, principalmente, ao fato de os consumidores que participaram do estudo estarem mais familiarizados com o emprego de FT na preparação de bolos, como reportam Borges et al. (2006).

A substituição da FT pela FFA na formulação de muffins provoca um aumento da cor dos mesmos, fato que poderia explicar o resultado obtido nos testes sensoriais, já que os muffins adquirem coloração amarronzada, semelhante a de bolos de chocolates.

O resultado para o teste sensorial de aparência, textura e sabor indica que a fórmula com 50% de substituição da FT pela FFA foi a preferida, estando a resposta situada entre “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”.

Relacionando os valores alcançados no teste sensorial para o parâmetro de textura com os valores reportados para as propriedades de textura no subitem 3.3, se observa uma concordância nas respostas, já que os muffins com as menores notas sensoriais (10%, 20% e 30%) apresentaram também os maiores valores para firmeza, elasticidade e mastigabilidade.

Já na impressão global, o muffin com 20% de FA destacou-se das outras formulações, ainda que as formulações com 40% e 50% de FFA tenham alcançado valores médios perto de 6, “Gostei ligeiramente”.

Grigelmo-Miguel et al. (1999) desenvolveram muffins com alta concentração de fibra alimentar de fruta adicionando farinha de casca de pêsego. O resultado do teste sensorial de aceitação não indicou diferença significativa entre o controle e os muffins elaborados, obtendo valores menores aos reportados neste trabalho.

A intenção de compra para o muffin controle foi considerada entre “certamente compraria” a “provavelmente compraria”. Das formulações com FFA, a substituição com 50% foi a que alcançou a melhor avaliação, sendo considerada “certamente compraria” a “provavelmente compraria”.

6 CONCLUSÃO

Substituindo-se farinha de trigo (FT) de 10% a 50% por farinha de fruto de algaroba (FFA) (*P. alba*), aumenta-se de 40,2% a 150,0% o teor de fibra alimentar e diminui-se de 8,3% a 15,9% o valor calórico, respectivamente. Os testes sensoriais indicam que a fórmula com 50% de substituição de FT por FFA recebeu os melhores valores de aparência, textura, sabor e intenção de compra. Portanto, é possível a substituição parcial de FT por FFA em até 50%, produzindo muffins com características nutricionais melhoradas, boa aceitação e possibilitando a incorporação deste produto agrícola subutilizado.

Tomando como base a Portaria nº 27 de 1998, com relação à composição de fibras, os muffins elaborados com FFA podem ser classificados como de “alto teor” e, com relação ao valor calórico, podem ser chamados de “reduzidos”.

7 REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARORA, A.; CAMIRE, M. E. Performance of potato peels in muffins and cookies. **Food Research International**, Oxford, v. 27, n. 1, p. 15-22, Jan. 1994.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International**. 17.ed. Gaithersburg: Horwitz, 2000. 2200 p.

BAIXAULI, R.; SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S. M. Influence of the dosing process on the rheological and microstructural properties of a bakery product. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 21, n. 2, p. 230-236, Mar./Apr. 2007.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; LUCIA, S. M. D.; PEREIRA, P. C.; MORAES, A. R. F.; CASTRO, V.C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 24, n.1, p. 145-162, 2006.

BOWMAN, B. A.; RUSSELL, R. M. **Conocimientos actuales sobre nutrición**. 8. ed. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 2003. 873 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n. 27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova regulamentação técnica sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 4-13, 31 jan. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução n 344, de 13 de dezembro de 2002. Regulamento técnico para fortificação das farinhas de trigo e das farinhas de milho com ferro e ácido fólico. **Diário Oficial União**, Brasília, 18 de dezembro de 2002. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2002/344_02rdc.htm>. Acesso em: 02 mar. 2009.

COSTELL, E.; FISZMAN, S. M.; DURÁN, L. Propriedades físicas I. Reología de sólidos y textura. In: AGUILERA, J. M. (Ed.). **Temas en tecnología de alimentos**. México: Instituto Politécnico Nacional, 1997. p. 215-60.

ESTELLER, M. S.; AMARAL, R. L.; LANNES, S. C. S. Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 35, n. 4, p. 383-393, Oct./Dec. 2004.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-58.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **El estado de inseguridad alimentaria en el mundo: la erradicación del hambre en el mundo.** Itália: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/009/a0750s/a0750s00.htm>>. Acesso em: 21 maio 2008

GONZÁLEZ-GALÁN, A.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; BARCELOS, M. F. P. Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis spp.* procedente de Bolivia y Brasil. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 58, n. 3, p. 309-315, jul./sept. 2008.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; CARRERAS-BOLADERAS, E.; MARTIN-BELLOSO, O. Development of high-fruit-dietary-fibre muffins. **European Food Research and Technology**, Munchen, v. 210, n. 2, p. 123-128, Feb. 1999.

GUERRERO-ROMERO, F.; MORAN-RODRIGUEZ, M. Low serum magnesium levels and metabolic syndrome. **Acta Diabetologica**, Berlin, v. 39, n. 4, p. 209-213, Oct./Dec. 2002.

LARSSON, S. C.; WOLK, A. Magnesium intake and risk of type 2 diabetes: a meta-analysis. **Journal of Internal Medicine**, Oxford, v. 262, n. 2, p. 208-214, Feb. 2007.

LIMA, M. L.; CRUZ, T.; POUSADA, J. C.; RODRIGUES, L. E.; BARBOSA, K.; CANGUÇÚ, V. The effect of magnesium supplementation in increasing doses on the control of type 2 diabetes. **Diabetes Care**, Standford, v. 21, n. 5, p. 682-686, May 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas.** Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MATHER, H.; NISBET, J. A.; BURTON, G. H.; POSTON, G. J.; BLAND, J. M.; BAILEY, P. A.; PILKINGTON, T. R. E. Hypomagnesemia in diabetes. **Clinica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 95, n. 2, p. 235-242, Jan. 1979.

MONTENEGRO, F. M.; GOMES-RUFFI, C. R.; VICENTE, C. A.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; STEE, C. J. Biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 184-191, 2008. Suplemento.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 634-640, jul./ago. 2004.

NABESHIMA, E. H.; ORMENESE, R. C. S. C.; MONTENEGRO, F. M.; TODA, E.; SADAHIRA, M. S. Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 506-511, maio/jun. 2005.

NAME, J. J. Magnésio bis-creatina quelato na função muscular e cardíaca. **Albitech Nutritionals**, São Paulo: [s.n.], [200?]. Disponível em: <http://www.albitech.com.br/publicacao_1.php>. Acesso em: 30 jan. 2009.

PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 186-192, jan./fev. 2007.

RUPASINGHE, H. P. V.; WANG, L.; HUBER, G. M.; PITTS, N. L. Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 107, n. 3, p. 1217-1224, Apr. 2008.

SAENZ, C.; ESTEVEZ, A. M.; SANHUEZA, S. Utilización de residuos de jugos de naranja como fuente de fibra dietética en la elaboración de alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 57, n. 2, p.186-191, abr./jun. 2007.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição: fator saúde e desenvolvimento**. São Paulo: Almed, 1987. 387 p.

SILVA, M. R.; SILVA, M. S.; MARTINS, K. A.; BORGES, S. Studies on the use of jatoba flour in biscuits as a source of dietary fiber containing no added simple sugars. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 176-182, mar./abr. 2001.

VRATANINA, D. L.; ZABIK, M. E. Dietary fiber sources for baked products: bran in sugar-snap cookies. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 5, p. 1590-1594, Sept./Oct. 1978.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods**: raw, processed, prepared. Washington: Consumer and Food Economics Research, 1963. (Agriculture Handbook, 8).

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA GOMA OBTIDA DO EXTRATO AQUOSO DA FARINHA DE SEMENTES DE ALGAROBA (*Prosopis spp*) E SUA UTILIZAÇÃO NO TRATAMENTO DE CAMUNDONGOS DIABÉTICOS

1 RESUMO

O trabalho foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa, o objetivo foi definir o melhor método para a extração de fibra solúvel a partir da farinha do fruto de *Prosopis juliflora*. Seleccionada a metodologia, obteve-se e caracterizou-se a goma a partir da farinha de sementes de *P. alba*. A goma extraída foi adicionada em 25% e 50% acima da proporção de fibra alimentar presente na ração controle utilizada no experimento animal, para verificar o possível efeito da goma em quatro grupos de camundongos, controle normal, controle diabético, diabético com acréscimo de 25% de fibra solúvel e diabético com acréscimo de 50% de fibra solúvel. Os resultados da primeira etapa permitiram seleccionar o método de extração utilizando-se proporção de farinha de 10% em água a 70°C, durante 60 minutos, alcançando rendimento de extração de 9,5%. Utilizando-se a farinha da semente de *P. alba* foi possível extrair 12,74% de goma com uma composição proteica de 18,95 g 100g⁻¹; cinzas, de 2,64 g 100g⁻¹ e fibra solúvel, de 78,42 g 100g⁻¹. No ensaio animal com camundongos diabéticos, o aumento de fibra solúvel nas proporções de 25% e 50% provocou diminuição no consumo alimentar nos camundongos tratados. Com relação ao nível de glicose, evidenciou-se um aumento no nível de glicose até a terceira semana, sofrendo uma queda não significativa ao final do experimento, a qual foi mais acentuada nos animais tratados com a ração suplementada com 25% adicional de fibra solúvel.

**CHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE OBTAINED GUM FROM
AQUEOUS EXTRACTS OF ALGARROBA BEANS(*Prosopis* spp) AND
THEIR USE IN THE TREATMENT OF DIABETIC'S MICES**

2 ABSTRACT

The research was conducted in two stages. For the first stage, the objective was to define the best method to extract the highest proportion of soluble fiber from *Prosopis juliflora* fruit flour. Once the method was selected, the gum was extracted from the seed flour of *Prosopis alba* and added at 25% and 50% above the proportion of soluble fiber to the diet offered to experimental mice in order to study its effect on glucose level. Four groups of mice were offered the following diets: normal control, diabetic control, diabetic with addition of 25% soluble fiber and diabetic with addition of 50% soluble fiber. The results of the first stage allowed selecting the method of extraction using a proportion of 1:10 flour to water at 70°C for 60 minutes, reaching an extraction of 9.5%. Using the flour of the seed of *P. alba* was possible to extract 12.74% of gum with a protein composition of 18.95 g 100g⁻¹, ash 2.64 g 100g⁻¹ and 78.42 g 100g⁻¹ of soluble fiber. In the animal test with induced diabetes mice, the increase of level of soluble fiber, 25% and 50%, caused a decrease in food intake in treated mice. The level of glucose in the experimental mice showed an increase until the third week and a not significant drop at the end of the experiment. The more pronounced decrease of glucose in treated animals was observed with a diet supplemented with 25% of additional soluble fiber of *P. alba* seed gum.

3 INTRODUÇÃO

Amido, pectinas, galactomananas e os exsudados, como goma arábica e goma tragacanto, são substâncias de origem vegetal muito utilizadas nas indústrias de alimentos, farmacêuticas, têxtil, cosmética e vinícola. Elas apresentam a capacidade de reter moléculas de água e gordura (propriedades emulsificantes), assim como de formar géis (Beristain et al., 1996).

A algarobeira (*Prosopis* spp.) é uma leguminosa arbórea abundante nas zonas áridas e semi-áridas de Brasil e da Bolívia e é considerada boa fonte de açúcares, fibra alimentar e proteína com uma alta concentração de lisina (Figueredo, 1990; La Rosa et al., 2006; González-Galán et al., 2008), além de fonte de duas gomas, a obtida do exsudado (da planta) e a extraída dos frutos.

Orosco-Villafuerte et al. (2003) estudaram o exsudado do *P. laevigata* e concluíram que ele pode ser utilizado como substituto da goma arábica e tragacanto.

Panegassi et al. (2000) obtiveram goma de semente de faveiro com excelente potencial para ser utilizada em formulações de alimentos, assim como Saunders et al. (1986), que a obtiveram das vagens de diferentes *prosopis* (*P. chilensis*, *P. tamarago* e *P. velutina*) com resultados favoráveis.

Vários trabalhos foram realizados com o objetivo de caracterizar xaropes de diferentes *prosopis* (Figueredo, 1988; Bravo et al., 1998; Achi & Okolo, 2004), reportando a presença de galactomanana, polissacarídeo presente também na composição da goma guar, tara e alfarroba.

Além de sua utilidade na indústria de alimentos, as galactomananas apresentam função terapêutica, pois provocam a queda de colesterol (Evans et al., 1992) e reduzem as concentrações de insulina pós-prandial e glicose, sendo eficientes no tratamento de diabetes (Braaten et al., 1991; Harley et al., 1996).

Este trabalho foi realizado com os objetivos de extrair as fibras solúveis da farinha das sementes de *Prosopis alba* e caracterizar, física e quimicamente, o resíduo liofilizado obtido e realizar experimento com animais diabéticos induzidos, no qual se utilizou a goma obtida da farinha das sementes de *P. alba* em duas concentrações, a fim de se verificar o efeito na diminuição da glicose sanguínea.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção da farinha integral do fruto de algaroba

A descrição da obtenção da farinha integral do fruto de algaroba consta no capítulo 2, subitem 2.1.

4.2 Obtenção da goma da farinha integral do fruto de algaroba

Na obtenção da goma, foram utilizados a farinha do fruto de *P. juliflora* e o procedimento esquematizado na Figura 1.

Para escolher o método de extração que proporcionasse a maior quantidade de goma, foram testadas duas proporções de extratores: 1:20 e 1:10 (peso farinha/volume água) e três tempos de agitação em banho-maria, com agitação (Tipo Dubnoff) de 15, 30 e 60 minutos e duas temperaturas de extração, 70°C e 90°C, em duas repetições. Em seguida, o extrato foi filtrado, obtendo-se um resíduo que foi descartado e o filtrado precipitado com etanol 95% a 60°C. Depois de filtrado, o resíduo da goma foi centrifugado a 3.000 x g, por 10 minutos. O precipitado foi recolhido e seco em estufa com circulação de ar a 50°C até peso constante, triturado, pesado e denominado de goma de algaroba. Calculou-se o rendimento de extração da seguinte forma:

$$\% \text{ Rendimento} = \frac{\text{g goma}}{\text{g farinha}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

O método que acarretou maior rendimento de extração foi selecionado para se fazer a extração aquosa da goma da farinha da semente.

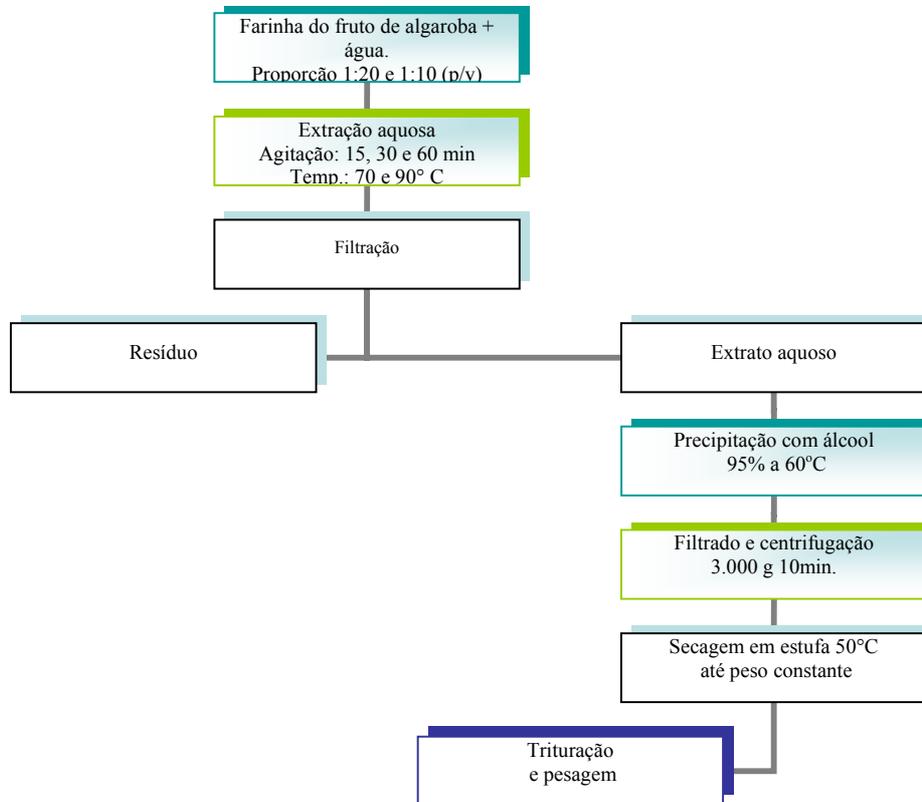


FIGURA 1 Fluxograma da extração aquosa da goma da farinha do fruto de *Prosopis juliflora*.

4.3 Obtenção da farinha da semente de algaroba

Para a obtenção da farinha da semente, foram utilizadas sementes de *P. alba* procedente da região de Muyurina, Departamento de Santa Cruz de la Sierra, Bolívia.

Os frutos de algaroba maduros foram colhidos à mão, no mês de fevereiro/2008, transportadas ao Laboratório do Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT), onde foram lavados e processados para a retirada manual das sementes.

Aproximadamente 10 kg de frutos foram utilizados para se obter as sementes, as quais foram distribuídas em três lotes de 1.500 g cada. Após secagem em estufa com circulação de ar forçada, marca Gallenkamp Oven BS (Inglaterra) Modelo OV-160, a $55\pm 2^{\circ}\text{C}$, por 48 ± 12 horas, até peso constante, foram trituradas em moinho de faca da marca Brook Crompton Serie 2000 (Inglaterra) com malha apropriada para farinha (máximo 30 mesh). Ambos os equipamentos pertencem ao Laboratório de Análise de Solos do CIAT. A farinha de semente (peso aproximado de 480 g) foi embalada e transportada até o Laboratório de Bioquímica da Universidade Federal de Lavras para posteriores análises.

4.4 Caracterização da goma da semente de algaroba

4.4.1 Composição química

Os teores de umidade, proteína bruta, cinzas, fibra solúvel (FS) e extrato não nitrogenado (ENN) foram obtidos em triplicata, segundo a metodologia especificada pela AOAC (2000).

4.4.2 Cor da goma de semente de algaroba

O método para a determinação da cor da goma de semente de algaroba está descrito no capítulo 3 subitem 2.2.1 inciso a.

4.5 Ensaio biológico

Para a realização do experimento *in vivo*, foram utilizados 36 camundongos machos normoglicêmicos da linhagem Balb-C, procedentes do Biotério Setorial, do Departamento de Medicina Veterinária, da Universidade Federal de Lavras, com peso médio de 26 g.

4.5.1 Grupos experimentais e preparo das rações

A ração subministrada durante todo o experimento para os grupos controle normal e controle diabético foi a ração comercial que atende às recomendações da norma AIN-93 (Reeves et al., 1993).

Foram preparadas duas dietas experimentais, na qual se incrementou a proporção de fibra alimentar mediante a adição de goma de algaroba em proporções de 25% (diabético+25% fibra solúvel = D25) e 50% (diabético + 50% fibra solúvel = D50) de aumento sob o conteúdo de fibra solúvel na ração base.

Na Tabela 1 são apresentados os grupos experimentais utilizados no experimento.

TABELA 1 Distribuição de grupos experimentais.

Grupo	Número de camundongos	Ração
Controle normal (CN)	9 camundongos (3 parcelas com 3 animais)	Normal
Controle diabético (CD)	9 camundongos (3 parcelas com 3 animais)	Normal
Diabético + 25 (D25)	9 camundongos (3 parcelas com 3 animais)	Aumento de 25% de fibra solúvel em relação à ração normal
Diabético + 50 (D50)	9 camundongos (3 parcelas com 3 animais)	Aumento de 50 % de fibra solúvel em relação à ração normal

4.5.2 Indução da diabete mellitus

Para a indução da diabete, foi utilizada estreptozotocina, na proporção de 200 mg kg⁻¹ de peso animal por via intraperitoneal, como sugerido por Junod et al. (1969).

Ao terceiro dia da aplicação (considerado dia 0), foi realizada a dosagem de glicose no sangue, por punção da cauda e medição em aparelho automático da marca Accu-Chek Active (Roche Brasil). Os animais com glicemia maior que 150 mg de glicose dL⁻¹ foram considerados diabéticos.

4.5.3 Consumo alimentar

Alimento e água foram oferecidos *ad libitum*, sendo a quantidade calculada pela diferença entre o oferecido e a sobra e registrado como consumo semanal e consumo total.

4.5.4 Controle do peso dos animais

No início do experimento, os animais foram pesados, tendo sido designado como peso dia 0 e distribuídos em grupos homogêneos. Eles foram pesados a cada sete dias, obtendo-se os pesos dos dias 7, 14, 21 e 28.

4.5.5 Controle da glicemia nos animais

A glicemia foi determinada mediante a obtenção de sangue da cauda e medida em aparelho automático da marca Accu-Chek Active, nos dias 0, 7, 14, 21 e 28. As medições de glicose foram realizadas na mesma hora (9h), nos dias estabelecidos.

4. 5.6 Peso de órgãos internos

Ao final do experimento, os animais foram eutanasiados com anestesia, mediante inalação de éter etílico para proceder à retirada dos órgãos internos (fígado, coração, rins).

4.6 Análise estatística

Os testes de extração da goma foram realizados mediante delineamento de blocos casualizados (DBC), utilizando-se dois tratamentos (1:20 e 1:10), duas temperaturas, três tempos e duas repetições.

As análises da composição química da goma foram realizadas em triplicatas e a cor em quintuplicatas, sendo os resultados expressos em média±desvio padrão.

O delineamento experimental aplicado no experimento animal foi o inteiramente casualizado (DIC), composto por quatro tratamentos e três parcelas com três animais cada, sendo submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para comparação de médias, utilizando-se o programa Sisvar (Ferreira, 2000).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Extração da goma da farinha integral do fruto de algaroba

Os resultados da extração da goma da farinha do fruto de algaroba (FFA) (*P. juliflora*) estão apresentados nos gráficos das Figuras 2 e 3.

Na Figura 2 são mostrados os resultados da goma extraída na proporção de 1:20, podendo-se observar maior rendimento quando foi utilizada a temperatura de 70°C. Com relação ao tempo, a extração por 30 minutos acarretou maior rendimento (7,75%).

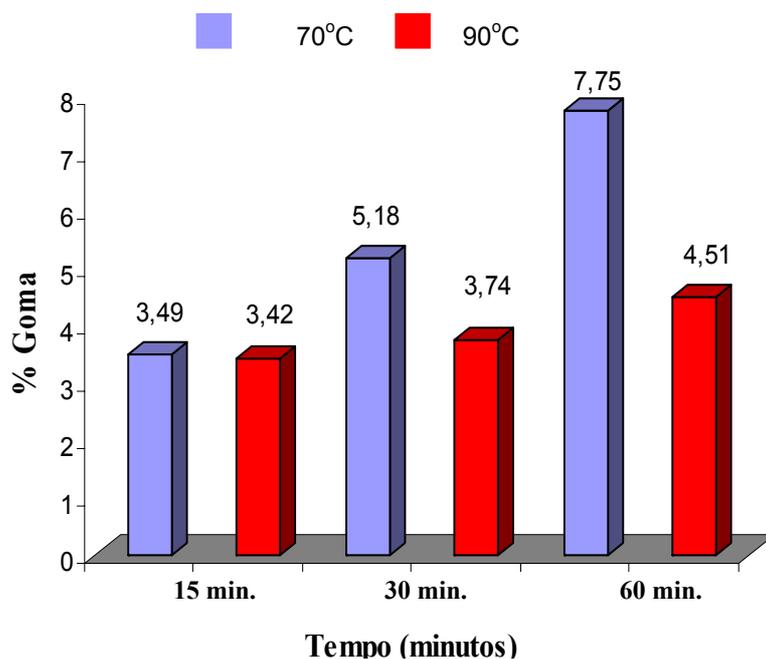


FIGURA 2 Rendimento da goma obtida do fruto de algaroba na proporção de 1:20 nas temperaturas de 70° e 90°C.

Utilizando-se a proporção 1:10, a 90°C, observou-se decréscimo na extração com o aumento do tempo (Figura 3). Já utilizando a temperatura de 70°C, obteve-se maior extração aos 30 minutos (9,50%).

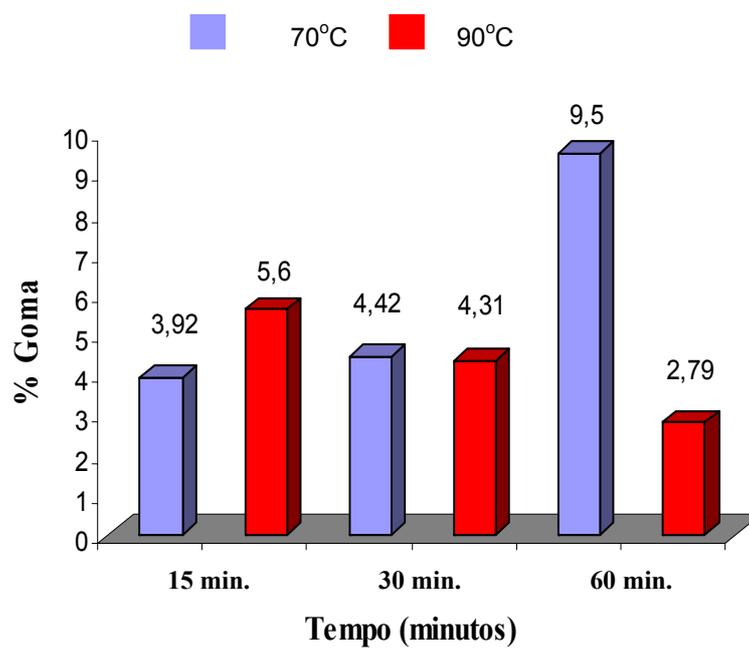


FIGURA 3 Rendimento da goma obtida do fruto de algaroba na proporção de 1:10, nas temperaturas de 70° e 90°C.

Portanto, o método de extração da goma da FFA escolhido foi o da proporção 1:10, 60 minutos sob agitação, em temperatura de 70°C.

5.2 Caracterização da goma da semente de *P. alba*

5.2.1 Rendimento de sementes nos frutos de *P. alba*

Os dados relativos ao peso obtido das sementes de *P. Alba* encontram-se na Tabela 2, na qual se observa que 100 g de fruto fresco renderam 32,22 g de sementes seca.

TABELA 2 Proporção de sementes de *P. alba*.

Parâmetro	Peso* (g)
Peso fruto (g)	250,00±0,00
Peso semente (g)	120,86±2,35
% semente seca	32,22 ± 0,67

*Os dados são a média de três repetições±desvio padrão. Umidade das sementes: 33,36±0,47 g 100 g⁻¹.

5.2.2 Composição química da farinha e goma da semente de *P. alba*

A goma extraída da semente do *P. alba* em três repetições apresentou rendimento de 12,74±0,12%, o que representa um aumento de, aproximadamente, 34% em relação à goma extraída da farinha do fruto.

Dey (1978) & Neukom, (1989) indicaram que os rendimentos de galactomananas são muito altos (15% a 38% do peso seco da semente) entre várias espécies, tais como alfarrobo (*Ceratonia siliqua*), guar (*Cyamopsis tetragonololus*) e tara (*Caesalpinia spinosa* (M.) Kunt).

Estevez et al. (2004), utilizando extração ácida (72% H₂SO₄) e extração alcalina (0,75% NaOH) da farinha de semente de *P. chilensis* a 80°C, por 20 minutos, obtiveram rendimento de 17,7% e 24,9%, respectivamente. Estes valores são maiores que os encontrados neste trabalho com extração aquosa a 70°C e 60 minutos sob agitação mecânica.

A composição química da farinha e goma extraída da semente de *P. alba* está apresentada na Tabela 3.

TABELA 3 Composição química da farinha e goma extraída da semente de *P. alba* (g 100g⁻¹ matéria seca)

Parâmetros	Farinha semente*	Goma **
Proteína bruta	12,85±2,16	18,95±0,87
Cinzas	2,16±0,03	2,64±0,31
Extrato etéreo	1,45±0,22	ND***
Fibra insolúvel	68,64±0,43	ND
Fibra solúvel	9,83±1,56	78,42±0,32
ENN	5,07±1,12	0,0

* Umidade = 2,71 g 100 g⁻¹, ** Umidade = 5,66 g 100 g⁻¹, *** ND = não determinado. Dados são a média de três repetições ± desvio padrão.

A farinha da semente apresenta teor de proteína bruta, em g 100 g⁻¹ matéria seca, de 12,85 e a goma, 18,95, indicando um aumento devido à técnica de extração e precipitação utilizada, a qual permite extrair as proteínas solúveis em água quente e a precipitação da mesma pelo álcool.

González-Galán et al. (2008), estudando a farinha integral dos frutos de diferentes *Prosopis*, indicaram que a farinha integral de *P. alba* apresentou nível de proteína 11,01 g 100g⁻¹, o que mostra que a retirada do mesocarpo do fruto provoca um aumento no teor de proteína, o que aconteceu também com os outros componentes.

Machado et al. (2000), caracterizando a farinha das sementes de *P. juliflora*, encontraram teores (g 100 g⁻¹ MI) de proteína bruta de 15,58, de extrato etéreo de 4,89, de cinzas de 4,52, de fibra bruta de 22,98 e de extrato não

nitrogenado de 52,02. Verifica-se que os níveis de proteína, extrato etéreo e cinzas foram maiores que os encontrados para *P. alba*. Para a fibra, não foi possível fazer a comparação por terem sido utilizados métodos que superestimam a composição do extrato não nitrogenado, já que não levam em consideração as fibras solúveis e subestimam a fibra insolúvel. Neste experimento, o teor de fibra solúvel foi de 78,42%.

No método de extração ácido e básico utilizado por Esteves et al. (2004), os teores de proteína foram de 2,50 e 5,16 g 100g⁻¹ MS, respectivamente, os quais foram bem menores que os obtidos na extração aquosa deste trabalho.

5.2.3 Cor da goma da farinha da semente de *P. alba*

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados de cor (ΔE^*), da luminosidade (L) e das cromaticidades a* e b* da goma extraída da farinha da semente de *P. alba*.

TABELA 4 Cor da goma extraída da semente de *P. alba*

Parâmetros	Goma extraída‡
L	79,45±0,25
a*	3,22±0,04
b*	14,96±0,09
ΔE^*	24,78±0,26

‡ Os dados são a média de quintuplicata±desvio padrão.

A luminosidade (L) elevada e a cromaticidade (a* e b*) baixa indicam goma bastante clara, como se pode observar na Figura 4, podendo ser comparada com as que são extraídas industrialmente e utilizadas nas indústrias de alimento e farmacêutica, como goma guar, goma arábica, goma tragacanto e outras.

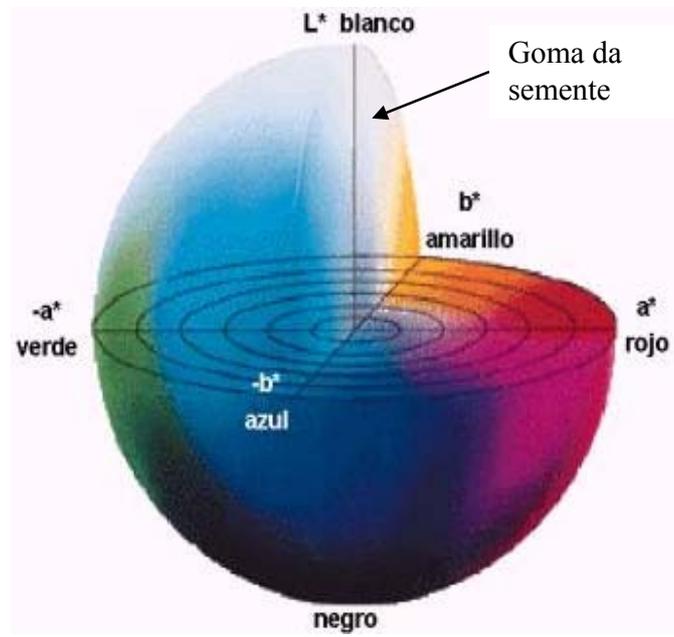


FIGURA 4 Representação do sólido de cor no espaço de cor $L^* a^* b^*$ da goma extraída da semente de algaroba.

5.2.4 Caracterização das rações

As rações utilizadas no experimento animal foram analisadas e os resultados mostrados na Tabela 5.

As rações utilizadas mostraram diferenças nos componentes analisados, devido à adição da goma nas proporções estudadas, tendo a proteína bruta, as cinzas e a fibra solúvel aumentado e o extrato etéreo, a fibra insolúvel e a ENN diminuído na medida em que a goma foi adicionada à ração controle.

Com os resultados apresentados na Tabela 5 demonstra-se o efeito desejado de aumentar em 25% e 50% a fibra solúvel nas rações utilizadas.

TABELA 5 Composição centesimal das diferentes rações utilizadas no experimento animal.

Ração*	Proteína bruta	Cinzas	Extrato etéreo	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	ENN
CN-CD	22,39±1,07	9,51±0,31	4,16±0,04	34,71±0,63	3,77±0,40	25,47±1,08
D25	22,64±0,95	9,78±0,41	3,80±0,14	31,97±0,80	4,73±0,50	27,08±0,83
D50	22,81±0,98	9,92±0,22	3,76±0,05	31,62±0,27	5,62±0,04	26,27±1,10

Os dados são a média de três repetições ± desvio padrão.

* CN-CD = controle normal e controle diabético (ração comercial elaborada segundo a AIN-93), umidade = 9,67 g 100 g⁻¹.

D25 = ração para grupo diabético com aumento de 25% de fibra solúvel em relação à ração normal, umidade = 7,22 g 100 g⁻¹.

D50 = ração para grupo diabético com aumento de 50% de fibra solúvel em relação à ração normal, umidade = 7,32 g 100 g⁻¹.

5.3 Ensaio biológico

5.3.1 Consumo alimentar

No gráfico da Figura 5 está demonstrado como o grupo controle manteve praticamente constante o consumo alimentar no decorrer do experimento, com

média de 5,17 g camundongo⁻¹ dia⁻¹, o que é considerado normal em camundongos adultos. Já o grupo controle diabético experimentou um aumento de consumo alimentar de, aproximadamente, 4,13 g camundongo⁻¹, ao finalizar o experimento, devido à polifagia derivada da diabetes induzida.

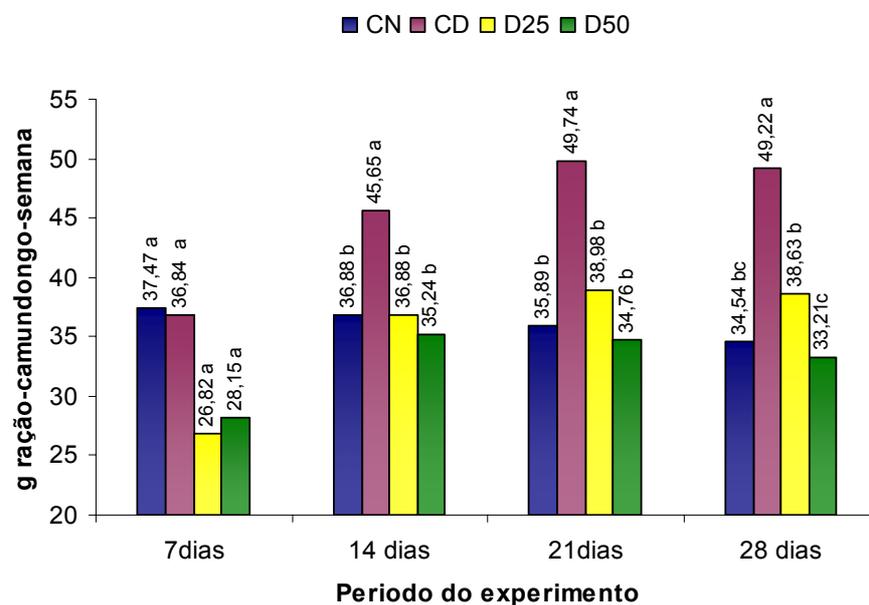


FIGURA 5 Consumo de ração durante os 28 dias do experimento.

As médias seguidas da mesma letra no período não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

5.3.2 Peso dos animais

As médias de pesos apresentados pelos grupos experimentais, durante os 28 dias do experimento biológico, são mostradas na Figura 6. Observou-se, no dia 0, que os pesos dos camundongos não mostraram diferença, o que indica uma homogeneidade dentre os quatro grupos de animais. Já no transcorrer do

experimento, os grupos tratados com as fórmulas acrescidas em fibra solúvel foram menores que o grupo controle normal, porém, não foram estatisticamente diferentes do grupo diabético.

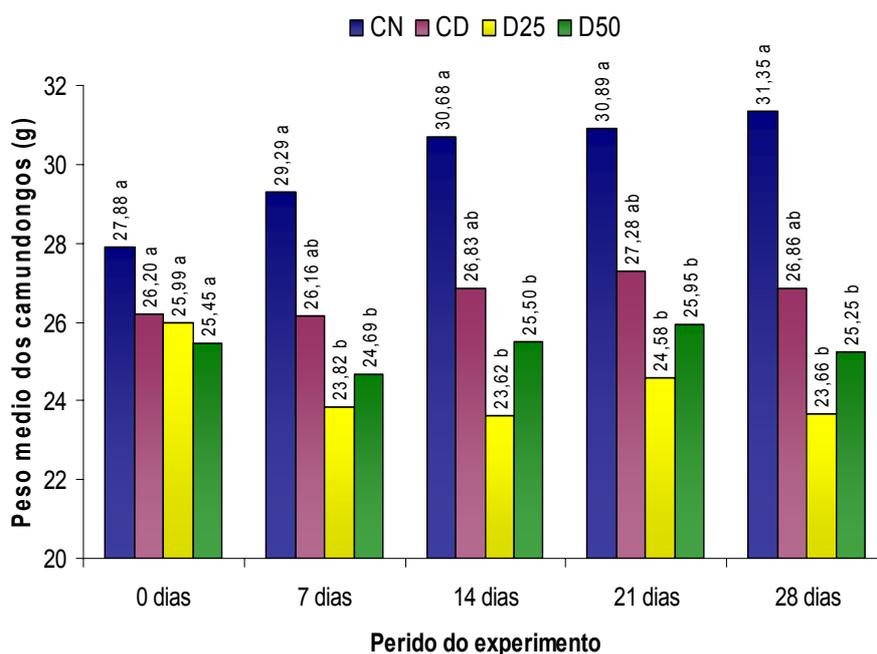


FIGURA 6 Média dos pesos dos camundongos durante os 28 dias do experimento animal. As médias seguidas da mesma letra no período não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As fibras alimentares apresentam grande poder de saciedade e, dessa forma, propiciam a redução do peso corporal. Mesmo sabendo que o peso corporal de animais adultos apresenta certa estabilidade, seria esperado que os animais que recebessem as dietas com maiores teores de fibra apresentassem alterações significativas de peso corporal no final do experimento.

Com relação ao peso nos grupos experimentais, é possível observar, pelo gráfico da Figura 6, que o comportamento do grupo controle normal foi de elevação do peso no transcorrer do experimento, aumentando 3,47 g, nos 28 dias do teste.

Observou-se também que tanto o grupo controle diabético como aquele que recebeu a suplementação de 50% a mais de fibra solúvel terminou o experimento com o peso similar ao do início. O contrário ocorreu com o grupo que recebeu a suplementação de 25% de fibra solúvel, que terminou o experimento com uma perda de peso de, aproximadamente, 2,33 g.

5.3.3 Glicemia

Os dados sobre a resposta da glicemia nos camundongos, nos diferentes tratamentos, são mostrados na Tabela 6. Verificou-se que a glicemia no grupo controle normal apresentou diferença significativa em comparação com os grupos de camundongos diabéticos e essa diferença se manteve durante todo o experimento. O mesmo aconteceu entre os três grupos diabéticos que não apresentaram diferença significativa entre si ao longo do experimento, ainda que se tenha observado que a concentração de glicose apresentou aumento contínuo no transcorrer das primeiras três semanas do experimento, devido, principalmente, ao fato de ainda estar baixo o efeito da droga utilizada para provocar a diabetes (estreptozotocina-STZ). Delfino et al. (2002) observaram aumento significativo da glicemia duas semanas após o uso de STZ e manutenção dos valores nas seguintes 40 semanas de duração do experimento.

Na quarta semana, se observou uma leve queda no nível de glicose nos três grupos diabéticos, sendo mais acentuada no grupo D25 (25% de fibra solúvel adicionada) com, aproximadamente, 50 mg dL⁻¹ de sangue.

TABELA 6 Níveis* de glicose no sangue de animais dos diferentes tratamentos durante 4 semanas.

Grupo**	0 dia***	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	CV (%)
CN	129,00 bA	125,22 bA	125,33 bA	118,22 bA	118,00 bA	9,47
CD	280,55 aA	349,55 aA	377,77 aA	408,66 aA	385,11 aA	27,32
D25	300,22 aB	361,00 aAB	361,44 aAB	424,44 aA	374,55 aAB	16,81
D50	279,55 aB	320,11 aAB	349,44 aAB	427,11 aA	406,33 aA	23,43
CV (%)	28,42	25,98	26,26	21,21	18,24	

*As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

** CN -CD = controle normal e controle diabético (ração comercial elaborada segundo a AIN-93).

D25 = ração para grupo diabético com adição de 25% de fibra solúvel em relação à ração normal.

D50 = ração para grupo diabético com adição de 50% de fibra solúvel em relação à ração normal.

*** 0 dia = considerado como dia inicial do experimento 3 dias após a indução.

Não houve diferença significativa nos grupos controles, mantendo o mesmo nível de glicose sanguínea no transcorrer do teste. Nos grupos que receberam a suplementação de fibra solúvel, houve diferença significativa no decorrer do experimento.

5.3.4 Peso do fígado, coração e rins

Os pesos dos diferentes órgãos extraídos no momento da eutanásia dos animais são apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 Peso (g) dos órgãos dos diferentes grupos experimentais de animais tratados por quatro semanas com 25% e 50% de fibra solúvel.

Grupo**	Fígado	Coração	Rins
CN	1,72 a	0,17 a	0,61 a
CD	1,83 a	0,14 ab	0,47 b
D25	1,49 a	0,12 b	0,43 b
D50	1,72 a	0,13 b	0,47 b
CV(%)	17,58	14,87	16,54

* As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

** CN -CD = controle normal e controle diabético (Ração comercial elaborada segundo a AIN-93)
 D25 = ração para grupo diabético com adição de 25% de fibra solúvel em relação à ração normal
 D50 = ração para grupo diabético com adição de 50% de fibra solúvel em relação à ração normal

Observou-se que os maiores pesos do coração e rins foram encontrados para o grupo controle normal. Na medida em que os pesos dos camundongos foram menores (grupo diabético 25 e diabético 50), os pesos dos órgãos foram menores também.

6 CONCLUSÃO

O melhor método de extração de goma da farinha do fruto de algaroba (FFA) foi aquele em que se utilizou a proporção de 1:10 (peso da farinha: volume de água), com tempo de 60 minutos sob agitação, a 70°C. As características químicas da goma extraída da semente indicam pureza maior a 78% e alta concentração proteica.

Os níveis da goma utilizados, 25% e 50% de fibra solúvel, sobre o valor presente na ração padrão, mostraram efeito no controle da polifagia dos ratos diabéticos. Experimentos com períodos de maior duração devem ser realizados para confirmar este último resultado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHI, O.; OKOLO, N. The chemical composition and some physical properties of a water-soluble gum from *Prosopis Africana* seeds. **International Journal of Food Science & Technology**, New Jersey, v. 39, n. 4, p. 431-436, Apr. 2004.

ANDERSON, J. W.; BRYANT, C. A. Dietary fiber: diabetis and obesity. **American Journal of Gastroenterology**, New York, v. 81, n. 6, p. 898-906, June 1986.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International**. 17. ed. Gaithersburg: Horwitz, 2000. 2200 p.

BAIXAULI, R.; SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S. M. Influence of the dosing process on the rheological and microstructural properties of a bakery product. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 21, n. 2, p. 230-236, Mar./Apr. 2007.

BERISTAIN, C. I.; AZUARA, E.; GARCIA, H. S.; VERNON-CARTER, E. J. Kinetic model for water/oil absorption of mesquite gum (*Prosopis juliflora*) and gum Arabic (Acacia Senegal). **International Journal Food Science Technology**, New Jersey, v. 31, n. 5, p. 379-386, Oct. 1996.

BRAATEN, J. T.; WOOD, P. J.; SCOTT, F. W.; RIEDEL, K. D.; POSTE, L. M.; COLLINS, M. W. Oat gum lowers glucose and insuline after an oral glucose load. **American Journal of Clinical Nutrition**, Washington, v. 53, n. 6, p. 1425-1430, June 1991.

BRAVO, L.; GRADOS, N.; SAURA-CALIXTO, F. Characterization of syrups and dietary fiber obtained from mesquite pods (*Prosopis pallida* L). **Journal of Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 5, p. 1727-1723, Mar. 1998.

CUBERO, N.; MONFERRER, A.; VILLARTA, J. **Los aditivos alimentarios**. Madrid: Mundi Libros. 240. p. 2002.

DELFINO, V. D. A.; FIGUEIREDO, J. F.; MATSUO, T.; FAVERO, M. E.; MATNI, A. M.; MOCELIN, A. J. Diabetes *mellitus* induzido por estreptozotocina: comparação em longo prazo entre duas vias de administração. **Journal Brasileiro de Nefrologia**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 31- 36, jan./mar. 2002.

DEY, P. M. Biochemistry of plan galactomannans. **Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry**, New York, v. 35, n. 3, p. 341-376, Dec. 1978.

ESTEVEES, A. M.; SAENZ, C.; HURTADO, M. L.; ESCOBAR, B.; ESPINOZA, S.; SUAREZ C. Extraction methods and some physical properties of mesquite (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz) seed gum. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 84, n. 12, p. 1487-1492, Sept. 2004.

EVANS, A. J.; HOOD, R. L.; OAKENFULL, D. G.; SIDHU, G. S. Relationship between structure and function of dietary fibre: a comparative study of the effects of three galactomannans on cholesterol metabolism in the rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 68 n. 1, p. 217-229, Jan. 1992.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-58.

FIGUEIREDO, A. A. Extração, identificação e características do polissacarídeo da semente de algarobeira (*Prosopis juliflora* DC). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 82-89, jan./jun. 1983.

FIGUEIREDO, A. A. Mesquite-history, composition and food uses. **Food Technology**, Chicago, v. 44, n. 11, p. 118-128, Nov. 1990.

GONZÁLEZ-GALÁN, A.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; BARCELOS, M. F. P. Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis spp.* procedente de Bolivia y Brasil. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 58, n. 3, p. 309-315, jul./sept. 2008.

HURLEY, S. J.; TOMLIN, J.; BLAKE, D.; ELLIS, P. R.; ROSS-MURPHY, S. B. **The effect of guar wheat bread on postprandial blood glucose and the viscosity of digesta in the ileostomy patiente**. Nantes: Plant Polysaccharide Symposium, 1996. 79 p.

JUNOD, A.; LAMBERT, A. E.; STAUFFACHER, W.; RENOLD, A. E. Diabetogenic action of streptozotocin: relationship of dose to metabolic response. **Journal of Clinical Investigation**, Philadelphia, v. 48, n. 11, p. 2129-2139, June 1969.

LA ROSA, A. P. B.; FRIAS-HERNANDEZ, J. T.; OLALDE-PROTUGAL, V.; GONZALEZ-CASTAÑEDA, J. Processing, nutritional evaluation and utilization of whole mesquite flour (*Prosopis laevigata*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 4. p. 315-320, July/Ago.2006.

MACHADO, R. L. P.; FIGUEIREDO, A. A.; GROSSI, J. L. S. Composição e características do extrato aquoso obtido a partir das vagens da algarobeira (*Prosopis juliflora* DC). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBCTA, 2000. p. 154.

NEUKOM, H. Galactomannans: properties and applications. **Lebensmittel wissenschaft und technologie**, London, v. 22, n. 2, p. 41-45, July/Dec. 1989.

OROZCO-VILLAFUERTE, J.; CRUZ-SOSA, F.; PONCE-ALQUICIRA, E.; VERNON-CARTER, E. J. Mesquite gum: fractionation and characterization of the gum exuded from *Prosopis laevigata* obtained from plant tissue culture and from wild trees. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 54, n. 3, p. 327-333, May/June 2003.

PANEGASSI, V. R.; SERRA, G. E.; BUCKERIDGE, M. S. Potencial tecnológico da galactomanana da semente de faveiro (*Dimorphandra mollis*) para uso na indústria de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 406-415, maio/jun. 2000.

RAUPP, D. S.; MOREIRA, S. S.; BANZATTO, D. A.; SGARBIERI, V. C. Composição e propriedades fisiológico-nutritivas de uma farinha rica em fibra insolúvel obtida do resíduo fibroso de fecularia de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 205-210, jul./dez. 1999.

REEVES, P. G.; NIELSEN F. H.; FAHEY JÚNIOR, G. C. AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 123, n. 11, p. 1939-1951, Nov. 1993.

SAUNDER, R. M.; BECKER, R.; MEYER, D.; DEL VALLE, F. R.; MARCO, E.; TORRES, M. E. Identification of comercial milling techniques to produce high sugar, high fiber, high protein and high galactomannan gum fractions from *Prosopis* Pods. **Forest ecology and Management**, Amsterdam, v. 16, n. 1, p. 169-179, Oct. 1986.

SCHERBUKHIN, V. D.; ANULOV, O. V. Legume Seed Galactomannans (Review). **Applied Biochemistry and Microbiology**, New York, v. 35, n. 3, p. 229-24, Feb. 1999.

ANEXOS

ANEXOS A	Página
TABLA 1A	Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para absorción de agua (AA) y absorción de aceite (AC) de las harinas de algarroba de diferentes especies..... 154
TABLA 2A	Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para los parámetros de color L*, a*, b* y ΔE^* de las harinas de algarroba de diferentes especies..... 154
TABLA 3A	Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para extracto etéreo, proteína bruta y cenizas de las harinas de algarroba de diferentes especies..... 154
TABLA 4A	Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para fibra soluble, fibra insoluble, y fibra alimentar de las harinas de algarroba de diferentes especies..... 155
TABLA 5A	Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para azúcares totales, azúcares no reductores y azúcares reductores de las harinas de algarroba de diferentes especies..... 155
TABLA 6A	Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para pH, acidez y almidón de las harinas de algarroba de diferentes especies..... 155
TABLA 7A	Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para los macrominerales P, K,

	Ca, Mg y S de las harinas de algarroba de diferentes especies.....	156
TABLA 8A	Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para los microminerales Cu, Zn, Fe y Mn de las harinas de algarroba de diferentes especies.....	156
TABLA 9A	Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para los antinutricionales saponina, inhibidor de tripsina y polifenoles de las harinas de algarroba de diferentes especies.....	156
TABLA 10A	Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para los antinutricionales nitrato, oxalato y fitatos de las harinas de algarroba de diferentes especies.....	157

TABLA 1A Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para absorción de agua (AA) y absorción de aceite (AC) de las harinas de algarroba de diferentes especies.

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio	
		AA	AC
Tratamiento	3	4735,4222*	745,0918*
Residuo	16	70,4252	55,8962
CV (%)		3,89	4,81

*(P≤ 0,05), CV – Coeficiente de variación.

TABLA 2A Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para los parámetros de color L, a*, b* y ΔE* de las harinas de algarroba de diferentes especies.

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio			
		L	a*	b*	ΔE*
Tratamiento	3	37,0855**	2,6639**	25,5037**	35,8924**
Residuo	16	0,0859	0,0194	0,0508	0,1097
CV (%)		0,37	4,28	0,94	1,16

** (P≤ 0,05), CV – Coeficiente de variación.

TABLA 3A Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para extracto etéreo, proteína bruta y cenizas de las harinas de algarroba de diferentes especies.

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio		
		Ext. etereo	Prot. bruta	Cenizas
Tratamiento	3	0,28151*	8,2719*	0,8877*
Residuo	16	0,0119	0,3987	0,1135
CV (%)		10,13	6,28	9,14

*(P≤ 0,05), CV – Coeficiente de variación.

TABLA 4A Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para fibra soluble, fibra insoluble, y fibra alimentar de las harinas de algarroba de diferentes especies.

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio		
		Fibra soluble	Fibra insoluble	Fibra alimentar
Tratamiento	3	5,3451*	95,7708*	59,7794*
Residuo	16	0,1022	0,3844	0,5772
CV (%)		9,14	1,51	1,68

*(P≤0,05), CV – Coeficiente de variación.

TABLA 5A Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para azucares totales, azucares no reductores y azucares reductores de las harinas de algarroba de diferentes especies.

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio		
		Azucares totales	Azucares no reductores	Azucares reductores
Tratamiento	3	276,4718*	258,8849*	1,9576*
Residuo	16	4,7772	4,6470	0,0278
CV (%)		4,69	5,14	6,63

*(P≤0,05), CV – Coeficiente de variación.

TABLA 6A Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para pH, acidez y almidón de las harinas de algarroba de diferentes especies.

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio		
		pH	Acidez	Almidon
Tratamiento	3	0,1381*	0,0615*	4,5052*
Residuo	16	0,0007	0,0004	0,5078
CV (%)		0,49	2,85	7,83

*(P≤0,05), CV – Coeficiente de variación.

TABLA 7A Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para los macrominerales P, K, Ca, Mg y S de las harinas de algarroba de diferentes especies.

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio				
		P	K	Ca	Mg	S
Tratamiento	3	3781.3804*	89950,284*	2703,309*	613,5810*	3612,229*
Residuo	16	38,2464	1913,7034	26,6800	16,3678	67,9422
CV (%)		3,98	3,62	8,93	6,44	5,51

*($P \leq 0,05$), CV – Coeficiente de variación.

TABLA 8A Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para los microminerales Cu, Zn, Fe y Mn de las harinas de algarroba de diferentes especies.

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio			
		Cu	Zn	Fe	Mn
Tratamiento	3	218,5737*	14,6003*	319,1746*	44,0389*
Residuo	16	3,8746	1,5364	6,4967	0,1291
CV (%)		8,84	8,28	6,29	7,21

*($P \leq 0,05$), CV – Coeficiente de variación.

TABLA 9A Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para Saponina, Inhibidor de tripsina y Polifenoles de las harinas de algarroba de diferentes especies.

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio		
		Saponina	Inhibidor de tripsina	Polifenoles
Tratamiento	3	0,0087*	99,4327*	0,0180*
Residuo	16	0,00009	0,00114	0,00009
CV (%)		9,54	1,28	6,56

*($P \leq 0,05$), CV – Coeficiente de variación.

TABLA 10A Cuadrados medios del análisis de varianza y respectivos niveles de significancia para nitrato, oxalato y fitatos de las harinas de algarroba de diferentes especies.

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio		
		Nitrato	Oxalato	Fitatos
Tratamiento	3	0,1287*	208,3250*	0,0486*
Residuo	16	0,03229	9,6838	0,0017
CV (%)		6,56	6,22	2,94

*(P<0,05), CV – Coeficiente de variación.

ANEXOS B		Página
TABELA 1B	Resumo da análise de variância para os parâmetros de cor interna L, a*, b* e ΔE^* dos muffins.....	159
TABELA 2B	Resumo da análise de variância para os parâmetros de cor externa L*, a*, b* e ΔE^* dos muffins.....	159
TABELA 3B	Resumo da análise de variância para os parâmetros das características físicas (umidade, volume, volume específico, peso específico e perda de peso) dos muffins.....	160
TABELA 4B	Resumo da análise de variância para os parâmetros do teste de perfil de textura dos muffins (firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade) dos muffins.....	160
TABELA 5B	Resumo da análise de variância para os parâmetros da composição centesimal (proteína bruta, extrato etéreo, cinzas, fibra solúvel, fibra insolúvel, fibra alimentar, extrato não nitrogenado) dos muffins.....	161
TABELA 6B	Resumo da análise de variância para os parâmetros dos macrominerais (P, K, Ca, Mg y S) dos muffins.....	162
TABELA 7B	Resumo da análise de variância para os parâmetros dos microminerais (Cu, Zn, Fe y Mn) dos muffins.....	162
TABELA 8B	Resumo da análise de variância para os parâmetros dos testes sensoriais de aceitação e intenção de compra dos muffins.....	162

TABELA 1B Resumo da análise de variância para os parâmetros de cor interna L, a*, b* e ΔE* dos muffins.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		L	a*	b*	ΔE*
Tratamento	5	265,8462**	267,5491**	6,6522**	212,0492**
Resíduo	18	2,4213	1,6075	0,3189	1,8479
CV (%)		2,79	5,58	3,25	3,05
R ²		0,908	0,849	0,934	0,921

**($P \leq 0,05$), CV – Coeficiente de variação.

TABELA 2B Resumo da análise de variância para os parâmetros de cor externa L*, a*, b* e ΔE* dos muffins.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		L	a*	b*	ΔE*
Tratamento	5	213,3669**	20,0954**	93,2843**	90,9662**
Resíduo	18	4,3674	0,9014	1,3187	4,2113
CV (%)		3,98	8,77	4,93	4,02
R ²		0,964	0,815	0,935	0,931

**($P \leq 0,05$), CV – Coeficiente de variação.

TABELA 3B Resumo da análise de variância para os parâmetros das características físicas (umidade, volume, volume específico, peso específico e perda de peso) dos muffins.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Umidade	Volume	Volume específico	Peso específico	Perda de peso
Tratamento	5	14,2997*	416,6666*	0,1555*	0,5498 n.s.	1,5326 n.s.
Resíduo	18	2,3081	5,5555	0,0027	0,2759	0,7661
CV (%)		4,45	2,92	3,36	1,01	6,43
R ²		0,937	0,909	0,899	-	-

*(P ≤ 0,05), CV – Coeficiente de variação.

TABELA 4B Resumo da análise de variância para os parâmetros do teste de perfil de textura dos muffins (firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade) dos muffins.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Firmeza	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade
Tratamento	5	36,2892*	0,01336*	0,00076 ns	2,0888*
Resíduo	18	0,87083	0,00074	0,00043	0,4051
CV (%)		5,64	3,62	5,26	13,29
R ²		0,883	0,837	-	0,827

** (P ≤ 0,05), CV – Coeficiente de variação, ns = não significativo.

TABELA 5B Resumo da análise de variância para os parâmetros da composição centesimal (proteína bruta, extrato etéreo, cinzas, fibra solúvel, fibra insolúvel, fibra alimentar, extrato não nitrogenado) dos muffins.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		Proteína bruta	Extrato etéreo	Cinzas	Fibra solúvel	Fibra insolúvel	ENN	Kcal
Tratamento	5	1,4430*	9,7122*	2,3646*	0,8581*	100,1853*	230,7989*	1175,8477*
Resíduo	18	0,0718	0,7015	0,0298	0,0075	0,1282	1,1137	17,1972
CV (%)		2,41	4,27	7,28	4,61	2,37	2,12	0,99
R ²		0,807	0,977	0,933	0,960	0,987	0,974	0,952

*(P ≤ 0,05), CV – Coeficiente de variação.

TABELA 6B Resumo da análise de variância para os parâmetros dos macrominerais (P, K, Ca, Mg y S) dos muffins.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	5	2940,0000	175557,500	7876,6666	216,666	676,666
Resíduo	18	194,23	198,6111	530,5555	13,8888	130,5556
CV (%)		4,23	2,58	6,94	6,99	7,22
R ²		0,640	0,984	0,872	0,883	0,787

*(P≤ 0,05), CV – Coeficiente de variação.

TABELA 7B Resumo da análise de variância para os parâmetros dos microminerais (Cu, Zn, Fe y Mn) dos muffins.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Cu	Zn	Fe	Mn
Tratamento	3		2,1180*	167,4774*	2,0217*
Resíduo	16		2,8272	9,1251	0,0817
CV (%)			11,28	5,59	7,54
R ²			0,741	0,967	0,803

*(P≤ 0,05), CV – Coeficiente de variação.

TABELA 8B Resumo da análise de variância para os parâmetros dos testes sensoriais de aceitação e intenção de compra dos muffins.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Aparência	Textura	Sabor	Impressão global	Intenção compra
Tratamento	5	52,6773*	41,1500*	28,0533*	65,1713*	16,6853*
Bloco	49	1,66014	1,6585	1,1644	2,1718	0,4922
Resíduo	245	0,7821	0,9418	0,8044	0,70467	0,3356
CV (%)		14,23	15,43	14,00	12,75	17,52

*(P≤ 0,05), CV – Coeficiente de variação.

ANEXO C		Página
TABELA 1C	Resumo da análise de variância para o extrato aquoso da goma.....	164
TABELA 2C	Resumo da análise de variância para o consumo alimentar semanal médio dos camundongos nos diferentes grupos experimentais durante o período do experimento.....	164
TABELA 3C	Resumo da análise de variância para o peso semanal médio dos camundongos nos diferentes grupos experimentais durante o período do experimento.....	165
TABELA 4C	Resumo da análise de variância para os valores de glicose semanais nos diferentes grupos experimentais durante o período do experimento.....	165
TABELA 5C	Resumo da análise de variância para os valores de glicose semanais no tempo nos diferentes grupos experimentais durante o período do experimento.....	166
TABELA 6C	Resumo da análise de variância para os valores de peso (g) dos órgãos dos diferentes grupos experimentais no final do experimento.....	166

TABELA 1C Resumo da análise de variância para o extrato aquoso.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
%Farinha	1	0,343204 n.s.
Tempo	2	10,685517*
Temperatura	1	19,819837*
%Farinha x Tempo	2	1,888217*
%Farinha x Temperatura	1	0,306004 n.s.
Tempo x Temperatura	2	17,141600*
%Farinha x Tempo x Temperatura	2	3,650067*
Resíduo	12	0,095729
CV (%)		6,44

*($P \leq 0,05$), CV – Coeficiente de variação.

TABELA 2C Resumo da análise de variância para o consumo alimentar semanal médio dos camundongos, nos diferentes grupos experimentais, durante o período do experimento.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
Tratamento	3	94,4907	66,8933*	140,2129*	158,0968*
Resíduo	8	19,0083	7,8049	6,9386	3,2940
CV (%)		13,49	7,23	6,61	4,67

*($P \leq 0,05$), CV – Coeficiente de variação.

TABELA 3C Resumo da análise de variância para o peso semanal médio dos camundongos, nos diferentes grupos experimentais, durante o período do experimento.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		0 dias	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
Tratamento	3	9,9755	51,9655*	80,3730*	66,1484*	98,9025*
Resíduo	32	9,2443	11,3426	11,5340	13,4724,	14,7881
CV (%)		11,52	12,96	12,74	13,51	14,36

*($P \leq 0,05$), CV – Coeficiente de variação.

TABELA 4C Resumo da análise de variância para os valores de glicose semanais, nos diferentes grupos experimentais, durante o período do experimento.

Fonte de variação	G L	Quadrado médio				
		0 dias	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
Tratamento	3	56826,00*	109926,10	128032,93*	205603,96*	166407,63*
Resíduo	32	4941,50	5636,02	6345,24	5342,58	3438,97
CV (%)		28,42	25,98	26,26	21,21	18,24

*($P \leq 0,05$), CV – Coeficiente de variação.

TABELA 5C Resumo da análise de variância para os valores de glicose semanais no tempo, nos diferentes grupos experimentais, durante o período do experimento.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Controle normal	Controle diabético	Diabético 25	Diabético 50
Tratamento	4	211,700	21903,777	17663,077*	33218,255*
Resíduo	40	136,077	9692,072	3751,000	6976,3055
CV (%)		9,47	27,32	16,81	4,67

*(P≤0,05), CV – Coeficiente de variação.

TABELA 6C Resumo da análise de variância para os valores de peso (g) dos órgãos, dos diferentes grupos experimentais, no final do experimento.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Fígado	Coração	Rins
Tratamento	4	0,1577	0,004*	0,05286*
Resíduo	40	0,0885	0,0004	0,0067
CV (%)		17,58	14,87	16,54

*(P≤0,05), CV – Coeficiente de variação.