

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO ALIMENTAR E NUTRIÇÃO

**EFEITOS DA GOMA GUAR (*Cyamopsis tetragonoloba*) SOBRE A
INGESTÃO DE ALIMENTOS, LIPIDEMIA E GLICEMIA EM
RATOS NORMAIS E DIABÉTICOS**

Andréa Cristina Dario Frias

Orientador: Prof. Dr. Valdemiro Carlos Sgarbieri

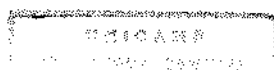
PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por ANDREA CRISTINA DARIO FRIAS e aprovada pela Comissão Julgadora em 14.03.1997.
Campinas, 14 de março de 1997

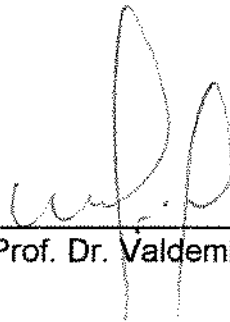
Prof. Dr. VALDEMIRO C. SGARBIERI
Presidente da Banca

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos para obtenção do Título de Doutor em Ciência da Nutrição.

Campinas, 1996



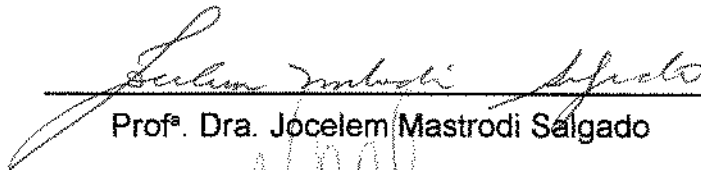
COMISSÃO JULGADORA



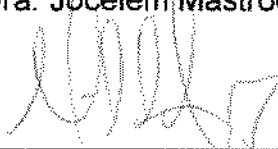
Prof. Dr. Valdemiro Carlos Sgarbieri



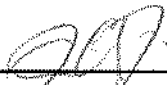
Prof. Dr. Luiz Eduardo Gutierrez



Profª. Dra. Joicelem Mastrodi Salgado



Prof. Dr. Miguel Arcanjo Areas



Prof. Dr. Jaime A. Farfan

Prof. Dr. Félix G.R. Reyes

(Suplente)

Profª. Dra. Débora de Queiroz Tavares

(Suplente)

Ao Paulo, companheiro de todos os momentos e Ao nosso filho Lucas, razão de nossas vidas,

DEDICO

Aos meus pais Armando e Maria, pelo constante apoio e otimismo,

MINHA GRATIDÃO E HOMENAGEM

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Valdemiro Carlos Sgarbieri, pela orientação competente, apoio e amizade constantes.

À GRINSTED do Brasil na pessoa de Caroline Joy Stell, pelo fornecimento da goma guar utilizada no presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Miguel Arcanjo Areas do Instituto de Biologia da Unicamp pela amizade, sugestões e apoio durante a indução do diabetes.

Ao Prof. Dr. Admar Costa de Oliveira pela colaboração durante os testes de intubação gástrica.

À Profa. Dra. Débora de Queiroz Tavares, pelas sugestões e amizade, indispensáveis à realização deste trabalho.

À Srt. Eliete de Carvalho, do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição, pela amizade e apoio técnico durante a execução dos ensaios biológicos.

Ao Sr. Luiz Pompeo, analista do laboratório de reologia do Departamento de Engenharia de Petróleo (FEM/UNICAMP) pelo auxílio prestado durante as análises de viscosidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, sem o qual seria impossível a realização deste trabalho.

Aos funcionários Soeli Reis, Liana Dawood e Herval de Lara Almeida pela valiosa colaboração no decorrer do trabalho experimental.

Aos professores membros da Banca Examinadora, pela revisão e aperfeiçoamento deste trabalho.

Às amigas Mabel, Maria Tereza, Erna, Rose, Márcia, Denise, Ana Cláudia, Marlene, Mara, Ivone, Maria Sebastiana, Rosângela, Derlange, Ruth, Yolanda, Semíramis, Hilda, Júlia, Marta, Maricilda, Gersislei, Renata, Liz, e a inesquecível Vanderléia pela alegria e incentivo, indispensáveis nos momentos difíceis.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho, mas que involuntariamente omiti seus nomes.

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMO.....	xvii
SUMMARY.....	xix
 1. INTRODUÇÃO.....	 1
 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	 5
2.1. Aspectos Gerais das Fibras: Definição e Classificação.....	5
2.2. Propriedades Gerais da Goma Guar.....	7
2.3. Efeitos Fisiológicos Gerais das Fibras.....	10
2.4. Ação das Fibras Solúveis sobre o Metabolismo de Lipídios.....	13
A - Efeito da Viscosidade e Aumento da Excreção Biliar.....	13
B - Efeito de Metabólitos Produzidos no Cólon.....	15
C - Redução da Interação Enzima-Substrato.....	15
2.4.1. Estudos Experimentais com Animais e Humanos.....	16
2.5. Ação das Fibras Solúveis sobre o Metabolismo de Carboidratos:	
Efeito Hipoglicêmico.....	17
2.5.1. Mecanismos de Ação.....	17
2.5.2. Estudos Experimentais com Animais e Humanos.....	19
2.6. Ação das Fibras Solúveis sobre a Biodisponibilidade de	
Proteínas, Minerais e Vitaminas.....	21
2.7. Fibras: Comentários sobre os dados da Literatura.....	23

3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1. Obtenção dos Materiais Testes.....	25
3.2. Análises Químicas e Físicas da Goma Guar.....	25
3.2.1. Umidade, Cinzas e Proteína Bruta.....	25
3.2.2. Lipídios Totais.....	25
3.2.3. Fibra Solúvel e Insolúvel.....	26
3.2.4. Granulometria.....	26
3.2.5. Viscosidade.....	26
3.3. Primeiro Ensaio Biológico.....	27
3.3.1. Preparo das Dietas.....	27
3.3.2. Animais Utilizados.....	28
3.3.3. Coleta de Sangue e Análises Bioquímicas.....	28
3.3.4. Parâmetros Nutricionais.....	32
3.3.5. Tempo de Trânsito Intestinal.....	32
3. 4. Segundo Ensaio Biológico.....	33
3.4.1. Preparo das Dietas e Animais Utilizados.....	33
3.4.2. Coleta de Sangue/Fígado e Análises Bioquímicas.....	35
3.4.3. Parâmetros Nutricionais.....	35
a-) Peso e nitrogênio fecal.....	36
b-)Nitrogênio urinário.....	36
c-)Nitrogênio ingerido.....	36
d-)Balanço de nitrogênio.....	36
e-)Digestibilidade aparente.....	37
f-)Valor biológico aparente (operacional).....	37
g-)Quociente de utilização líquida da proteína (operacional).....	38
h-)Absorção de gordura.....	38
i-)Absorção de energia (energia metabolizável).....	39

3.4.4. Tempo de Trânsito Intestinal.....	39
3.4.5. Teste de Tolerância à Glicose (GTT).....	39
3.5. Terceiro Ensaio Biológico.....	40
3.5.1. Coleta de Sangue/Fígado e Análises Bioquímicas.....	41
3.5.2. Parâmetros Nutricionais.....	42
3.6. Análise Estatística.....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1. Caracterização da goma guar.....	43
4.1.1. Composição química.....	43
4.1.2. Granulometria.....	44
4.1.3. Viscosidade.....	45
4.2. Primeiro Ensaio Biológico.....	49
4.2.1. Análise Bioquímicas.....	49
4.2.2. Parâmetros Nutricionais.....	55
a) Ingestão de dieta.....	55
b) Ganho de peso corporal.....	57
c) Quociente de eficiência protéica (PER) e Quociente de eficiência alimentar (QEA).....	57
4.2.3. Trânsito Intestinal.....	59
4.3. Segundo Ensaio Biológico.....	62
4.3.1. Análises Bioquímicas.....	62
a) Análises sorológicas.....	62
b) Colesterol Hepático.....	67
4.3.2. Parâmetros Nutricionais.....	68
a) Ingestão de dieta e ganho de peso corporal.....	68
b) Ensaio metabólico.....	71
c) Absorção de gordura e energia.....	74

4.3.3. Trânsito Intestinal e Peso Fecal.....	77
4.3.4. Teste de Tolerância à Glicose (GTT).....	80
4.4. Terceiro Ensaio Biológico.....	83
4.4.1. Análises Bioquímicas.....	83
a) Análises sorológicas.....	83
b) Colesterol hepático.....	86
4.4.2. Parâmetros Nutricionais.....	87
a) Ingestão de dieta e ganho de peso corporal.....	87
b) Ensaio metabólico.....	89
c) Absorção de gordura e energia.....	93
4.5. Considerações Finais sobre os Resultados Obtidos.....	95
5. CONCLUSÕES.....	96
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 -	Composição centesimal aproximada dos componentes da semente de guar.....	8
Tabela 2 -	Viscosidades comparativas de soluções de gomas a 1%.....	10
Tabela 3 -	Composição das dietas controle e suplementadas com goma guar para o primeiro ensaio biológico (g/100 g dieta).....	29
Tabela 4 -	Composição da mistura mineral.....	30
Tabela 5 -	Composição da mistura vitamínica.....	31
Tabela 6 -	Composição das dietas controle e suplementadas com celulose ou goma guar para o segundo ensaio biológico (g/100g dieta).....	34
Tabela 7 -	Composição das dietas controle e suplementadas com goma guar para o terceiro ensaio biológico (g/100 g dieta).....	41
Tabela 8 -	Composição química da goma guar.....	43
Tabela 9 -	Granulometria da goma guar.....	45

Tabela 10 - Quociente de Eficiência Protéica (PER) e Quociente de Eficiência Alimentar (QEA) de ratos machos "Wistar" durante 28 dias de ensaio biológico.....	59
Tabela 11 - Comprimento total do intestino delgado e porcentagem de trânsito intestinal de ratos machos "Wistar" alimentados com dietas marcadas com carvão vegetal, durante o primeiro ensaio biológico.....	61
Tabela 12 - Ingestão de dieta e quantidade de nitrogênio ingerido e excretado através de urina e fezes de ratos machos "Wistar", durante balanço metabólico realizado por um período de sete dias, durante o segundo ensaio biológico.	72
Tabela 13 - Digestibilidade aparente (Da), valor biológico aparente operacional (VBa.op), quociente de utilização líquida da proteína operacional (NPU.op), quociente de eficiência alimentar (QEA) e quociente de eficiência protéica operacional (PER.op) de ratos machos "Wistar" ao final do balanço metabólico, realizado durante o segundo ensaio biológico.....	75
Tabela 14 - Comprimento total do intestino delgado e porcentagem de trânsito intestinal de ratos machos "Wistar" alimentados com dietas marcadas com carvão vegetal, durante o segundo ensaio biológico.....	80
Tabela 15 - Ingestão total de dieta e ganho de peso corporal de ratos machos "Wistar" diabéticos ao final do 30º dia do terceiro ensaio biológico.	89

Tabela 16 - Ingestão de dieta e quantidade de nitrogênio ingerido e excretado através de urina e fezes de ratos machos "Wistar" diabéticos, durante balanço metabólico realizado por um período de sete dias, durante o terceiro ensaio biológico.....	90
Tabela 17 - Digestibilidade aparente (Da), valor biológico aparente operacional (VBa.op), quociente de utilização líquida da proteína operacional (NPU.op), quociente de eficiência alimentar (QEA) e quociente de eficiência protéica operacional (PER.op) de ratos machos "Wistar" ao final do balanço metabólico, realizado durante o terceiro ensaio biológico.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 -Estrutura química da goma guar.....	9
Figura 2 -Viscosidade média aparente (Pa.s) de soluções de goma guar e pectina (1%) a 36°C, utilizando taxas de deformação variando de 0-50 1/s.....	47
Figura 3 -Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade de soluções de goma guar e pectina em pH 3,0.....	48
Figura 4 -Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade de soluções de goma guar e pectina em pH 8,0.....	49
Figura 5 -Níveis séricos de colesterol (mg/dL) em ratos machos “Wistar” durante o primeiro ensaio biológico.....	51
Figura 6 -Níveis séricos de triacilgliceróis (mg/dL) em ratos “Wistar” durante o primeiro ensaio biológico.....	51
Figura 7 -Níveis séricos de HDL - colesterol em ratos “Wistar” durante o primeiro ensaio biológico.....	52
Figura 8 -Níveis séricos de LDL - colesterol (mg/dL) em ratos “Wistar” durante o primeiro ensaio biológico.....	54

Figura 9 -Níveis séricos de glicose (mg/dL) em ratos "Wistar" durante o primeiro ensaio biológico.....	55
Figura 10 -Ingestão total de dieta (g) pelos ratos machos"Wistar" durante o primeiro ensaio biológico.....	56.
Figura 11 -Ganho em peso (g) de ratos machos "Wistar" durante o primeiro ensaio biológico.....	58
Figura 12 -Níveis séricos de colesterol (mg/dL) em ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.....	64
Figura 13 -Níveis séricos de triacilgliceróis (mg/dL) em ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.....	65
Figura 14 -Níveis séricos de HDL - colesterol (mg/dL) em ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.....	66
Figura 15 -Níveis séricos de LDL - colesterol (mg/dL) em ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.....	66
Figura 16 -Níveis séricos de glicose (mg/dL) em ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.....	67
Figura 17 -Teores de colesterol hepático em ratos machos "Wistar", obtidos durante o segundo ensaio biológico.....	69

Figura 18 -Ingestão total de dieta (g) pelos ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.....	70
Figura 19 -Ganho em peso (g) de ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.....	70
Figura 20 -Balanço de nitrogênio, em miligramas, para ratos machos "Wistar", obtido durante o segundo ensaio biológico.....	73
Figura 21 -Absorção de gordura por ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.....	77
Figura 22 -Energia metabolizável ingerida por ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.....	78
Figura 23 -Peso das fezes (secas), em gramas, de ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.....	81
Figura 24 -Curvas glicêmicas obtidas através do teste de tolerância à glicose (GTT) com ratos machos "Wistar".....	82
Figura 25 -Glicemia (mg/dL) em ratos machos "Wistar" diabéticos obtida nos dias 0, 7, 14, 21 e 28 de experimento.....	84
Figura 26 -Níveis séricos de colesterol, triacilgliceróis, HDL e LDL - colesterol, em mg/dL, em ratos machos "Wistar" diabéticos, obtidos no início (T0) e ao final do terceiro ensaio biológico (T30).....	86

Figura 27 -Teores de colesterol hepático em ratos machos "Wistar" diabéticos obtidos durante o terceiro ensaio biológico.....	87
Figura 28 -Balanço de nitrogênio, em miligramas, em ratos machos "Wistar" diabéticos obtido durante o terceiro ensaio biológico.....	91
Figura 29 -Absorção de gordura por ratos machos "Wistar" durante o terceiro ensaio biológico.....	94
Figura 30 -Energia metabolizável ingerida por ratos machos "Wistar" durante o terceiro ensaio biológico.....	94

RESUMO

Goma guar, derivada do endosperma de sementes de *Cyamopsis tetragonoloba* foi utilizada nesta pesquisa sendo formada de 75% de fibra solúvel, 7,6% de fibra insolúvel, 2,16% de proteína bruta, 0,78% de lipídios totais, 0,54% de cinza e 9,55% de umidade. O tamanho das partículas (granulometria) e a viscosidade da goma utilizada durante os ensaios, foram determinadas. Quanto ao tamanho das partículas, verificou-se que 98,6% foram menores que 200µm. A viscosidade foi influenciada pelo pH e tempo de hidratação, sendo que a goma guar apresentou uma viscosidade 8 a 10 vezes mais elevada que a da pectina, fibra solúvel utilizada para efeito comparativo. A viscosidade máxima da goma guar (3,64 Pa.s) foi obtida em pH 8,0 e com 30 minutos de hidratação.

Três ensaios biológicos foram realizados com ratos normais ou diabéticos, alimentados com dietas contendo diferentes concentrações de goma guar. No primeiro ensaio foram preparadas dietas contendo 0, 2, 4, 6, 8 e 13% de goma guar e oferecidas a ratos normais por 30 dias. As dietas com 8 e 13% de goma guar foram mais eficientes na redução de colesterol, triacilgliceróis e LDL - colesterol, bem como na elevação da HDL - colesterol no soro sanguíneo ($p < 0,05$). Nenhuma das dietas provocou alteração significativa da concentração de glicose sanguínea. As dietas contendo 8 e 13% de goma guar provocaram redução da ingestão alimentar e uma redução no ganho de peso corporal, embora o quociente de eficiência protéica operacional (PER.op) não tenha sofrido alteração.

Um segundo ensaio foi realizado com ratos normais e dietas contendo 10 e 20% de goma guar ou celulose e com duração de 60 dias. Para a mesma concentração, a goma guar foi mais eficiente que a celulose em reduzir colesterol, triacilgliceróis e LDL - colesterol e, ao mesmo tempo, elevar o nível de HDL - colesterol. Observou-se que a goma guar, a 10 e 20% da dieta, elevou a relação HDL/LDL (3,94 e 3,80, respectivamente). A goma guar

reduziu a glicose sangüínea durante o primeiro mês do ensaio, porém, no fim do segundo mês a concentração retornou ao nível inicial. O teste de tolerância à glicose mostrou uma redução da glicose sangüínea aos 30, 60 e 90 minutos após administração de 20 e 40 mg de goma guar por intubação oro-gástrica. As dietas com 10 e 20% de goma guar provocaram uma diminuição da ingestão alimentar e no ganho de peso corporal ($p<0,05$), em comparação com a dieta controle. Observou-se uma redução na absorção de energia ($p<0,05$) e um aumento no tempo de trânsito intestinal (retardo de 25%) nos animais que receberam dietas com goma guar. A goma guar causou um aumento de 10% no comprimento do intestino delgado e uma diminuição no peso fecal, em comparação à dieta sem goma guar.

Realizou-se ainda um terceiro ensaio de 30 dias utilizando ratos diabéticos (diabetes mellitus) e dietas preparadas com 0, 10 e 20% de goma guar. Apesar do fato de que o diabetes tivesse elevado a lipidemia em todos os animais, a goma guar fez baixar os níveis sangüíneos de colesterol, triacilgliceróis e LDL - colesterol, ao mesmo tempo em que elevou o nível de HDL - colesterol ($p<0,05$). Apesar do fato de que o teor de colesterol hepático dos ratos em goma guar não diferiu do da dieta controle, a absorção de gordura foi significativamente inferior nos ratos alimentados com goma guar. Resultado muito significativo foi a drástica redução nos níveis de glicose sangüínea dos ratos diabéticos em dietas com goma guar. A goma guar promoveu uma melhoria geral no estado dos ratos diabéticos em termos de ganho de peso corporal, elevação dos índices de absorção e utilização da proteína e redução da glicemia.

Os resultados desta pesquisa mostram que a goma guar quando introduzida na dieta, em concentrações igual ou superior a 10%, deverá ser efetiva no tratamento da hipercolesterolemia, diabetes e obesidade.

SUMMARY

Guar gum derived from the endosperm of *Cyamopsis tetragonoloba* was used in this research and contained 75% soluble fiber, 7.6% insoluble fiber, 2.16% crude protein, 0.78% total lipids, 0.54% ash, and 9.55% moisture. Particle size (granulometry) and viscosity of the gum utilized during the assays, were evaluated. As to the size of particles, it was observed that 98.6% was smaller than 200 μm . The viscosity was influenced by pH and time of hydration and the guar gum showed a viscosity 8 to 10 fold higher than pectin, soluble fiber utilized to comparison. Highest viscosity (3.64 Pa.s) was found to guar gum at pH 8.0 and 30 minutes hydration.

Three biological assays were performed, using either normal or diabetic rats and different guar concentration in the diets. In the first assay diets were prepared containing 0, 2, 4, 6, 8 and 13% guar gum, and normal rats were fed for 30 days. Diets with 8 and 13% guar gum were more efficient in reducing blood serum cholesterol, triacylglycerols and LDL - cholesterol, but increased HDL - cholesterol ($p < 0.05$). None of the diets caused significant alterations of the blood glucose level. Diets with 8 and 13% guar gum produced reduction of food intake and body weight gain although protein efficiency ratio (PER.op) was not changed.

A second assay was performed using normal rats on diets containing 10 and 20% guar gum or cellulose and duration of 60 days. At the same concentration, guar gum was more effective than cellulose in reducing cholesterol, triacylglycerols and LDL - cholesterol, and at the same time increasing HDL - cholesterol. It was found that guar gum, at 10 and 20% in the diet, increased the HDL/LDL ratio (3.94 and 3.80, respectively). Guar gum decreased blood serum glucose during the first month of the experiment. At the end of the second month, however, glucose level returned to the initial level. Glucose tolerance test showed a significant reduction of blood glucose after 30, 60, and 90 min. of administration of 20 and 40mg of guar

gum by oral-gastric intubation. Diets with 10 and 20% guar gum produced a reduction of food intake and a decrease in body weight gain ($p<0.05$), compared to the control diet. A decrease in energy absorption ($p<0.05$) and an increase in the intestinal transit (25% retardation) was observed with diets containing guar. Guar gum caused also a 10% increase in length of the small intestine and a decrease in fecal weight when compared to control and cellulose diets.

A third assay was performed with 0, 10, and 20% guar gum with a duration of 30 days and using diabetic rats (diabete mellitus). In spite of the fact that diabetes elevated the lipidemia in all animals, guar gum decreased blood serum level of cholesterol, triacylglycerols and LDL - cholesterol, but increased HDL - cholesterol ($p<0.05$). Even though, liver cholesterol of rats fed guar diets did not differ from rats fed the control diet, fat absorption was significantly lower in the guar gum fed rats. The most significant result in this assay was the drastic reduction of blood glucose in rats treated with guar gum diet. The guar gum promoted a improvement of the diabetic rats in terms of body weight gain and the indexes of protein absorption and utilization.

The results of this research showed that guar gum in the diet, at concentration equal or higher than 10%, should be effective in the treatment of hypercholesterolemia, diabetes and obesity.

1. INTRODUÇÃO

A fração fibra dos alimentos que antigamente era praticamente ignorada, por ser indigerível e de valor nutricional negligenciável, ganhou nos últimos anos importância especial através de observações clínicas que ligaram a ocorrência de certas moléstias, denominadas “doenças da civilização” (doença cardiovascular, diabetes, câncer de cólon, etc.), à dietas pobres em fibras.

As fibras alimentares vêm adquirindo importância desde a década de 70, quando BURKITT (1973) e TROWELL (1973) propuseram a hipótese da estreita relação entre a carência de fibra nas dietas alimentares com o desenvolvimento de enfermidades crônicas e transtornos fisiológicos, sendo estes mais freqüentes em países industrializados.

Nos últimos anos, observou-se a ocorrência em muitos países, inclusive no Brasil, de um processo denominado de transição epidemiológica, ou seja, houve uma significativa redução nas doenças infecciosas e um grande aumento nas chamadas enfermidades crônico-degenerativas não transmissíveis. Atualmente, nestes países, as doenças cardiovasculares ocupam o primeiro lugar como “causa mortis”. Outras enfermidades como câncer e o diabetes, encontram-se entre as dez primeiras causas de mortalidade, em geral.

Toda essa mudança foi atribuída, principalmente, a modificações no padrão alimentar e no estilo de vida, associados a uma maior longevidade. Nesses países, onde anos atrás se verificava o consumo de dietas ricas em cereais, leguminosas, frutas e verduras (ricas em fibras), com a modernização e o alto grau de urbanização, passaram a consumir dietas ricas em alimentos de origem animal e alimentos processados (ricos em gordura; pobres em fibra).

Atualmente, estudos experimentais e epidemiológicos atribuem à fibra propriedades diversas, como a de ser um regulador intestinal, atuando como laxante; fator preventivo do câncer do cólon; adsorvente de ácidos biliares; retardadora da absorção intestinal e fator que favorece a diminuição do colesterol e glicose no sangue.

Embora um RDA para fibra não tenha sido ainda estabelecido, as evidências atuais sugerem que dietas ricas em carboidratos, pobres em gordura e contendo 20-35 g de fibra/dia, podem ser benéficas para a saúde e redução do risco de doenças crônico-degenerativas (GORMAN & BOWMAN, 1993).

Diante de tais considerações, pode-se dizer que as informações existentes indicam a fundamental importância da fibra na alimentação e manutenção da saúde. Entretanto, há ainda a necessidade de pesquisas e avaliações mais profundas, principalmente no que tange à interação da fibra com os nutrientes da dieta. Assim, nos interessamos por estudar mais profundamente a goma guar como fonte de polissacarídeo fibroso solúvel.

A goma guar contém polissacarídeos de alto peso molecular encontrados no endosperma da semente da *Cyamopsis tetragonoloba*, um membro da família das leguminosas. É produzida em larga escala no Paquistão e na Índia, porém, países como os Estados Unidos, Austrália, Brasil e África do Sul também são produtores (KLOSE & GLICKSMAN, 1975). A goma é praticamente composta de um tipo de polímero, uma galactomanana, no qual existe uma cadeia central de unidades de manose onde unidades de galactose estão ligadas lateralmente, sendo que a taxa de manose-galactose é de 2 : 1 (APLING et al., 1978).

A goma está incluída entre os compostos "geralmente reconhecidos como seguros" (GRAS) nos Estados Unidos, sendo aprovada para uso em alimentos, drogas e cosméticos (CODE OF FEDERAL REGULATIONS, 1984). É usada extensivamente na indústria alimentar como um estabilizante e espessante, em quantidades geralmente menores que 1%.

Recentemente, atenção têm sido dirigida à produção de alimentos e drogas contendo altos níveis de fibras solúveis para uso terapêutico. Investiga-se a aplicação no tratamento da obesidade, pois agiriam como depressor do apetite. Além disso, estuda-se o seu uso no tratamento do diabetes e de pacientes com hipercolesterolemia, já que consumidas diariamente, poderiam reduzir os níveis de colesterol plasmático.

Embora acredite-se que dentre as fibras solúveis a goma guar possa ser um adjunto útil no tratamento de doenças crônico-degenerativas, mais estudos são necessários para confirmar tal fato, já que em muitas pesquisas os efeitos benéficos atribuídos à goma não foram encontrados. Além disso, são escassos os estudos que abordam o efeito da goma em provocar saciedade, fato importante no tratamento da obesidade. Portanto, o possível efeito anorexígeno proporcionado pelo consumo da goma deve ser investigado de forma mais profunda.

Mais informações também são necessárias a respeito de estudos a longo prazo com a goma, para confirmar se os seus efeitos não desaparecem com o passar do tempo e se a sua alta viscosidade é o fator determinante desses efeitos. Também, praticamente nenhuma informação é encontrada no sentido de verificar se a goma interfere no aproveitamento da proteína alimentar. Dados bibliográficos sobre a influência da goma guar na digestibilidade, valor biológico, utilização líquida da proteína (NPU) e quociente de eficiência protéica (PER), são escassos.

Dessa forma, tendo em vista a importância de se encontrar novas alternativas no tratamento de moléstias, que são comuns, não apenas na população brasileira, assim como na maioria dos países industrializados, é que se propôs a desenvolver este trabalho, tendo por objetivos:

- determinar a composição química da goma guar, além de medir sua viscosidade e granulometria;
- comparar através de ensaio biológico com ratos normais e diabéticos, os efeitos da goma guar em relação a uma fibra insolúvel (celulose), sobre parâmetros bioquímicos, como níveis séricos de glicose, colesterol total, HDL-colesterol, LDL-colesterol, e triacilgliceróis, além de colesterol hepático;
- verificar os efeitos da administração de diferentes concentrações de goma guar sobre parâmetros nutricionais, como ingestão de dieta, ganho de peso corporal, balanço de nitrogênio, quociente de eficiência protéica (PER), quociente de eficiência alimentar (QEA), digestibilidade, valor biológico, utilização líquida da proteína (NPU), absorção de gordura e energia;
- realizar, através de ensaios de intubação gástrica de uma solução de glicose, o teste de tolerância à glicose (GTT), em ratos normais consumindo goma guar;
- comparar o tempo de trânsito intestinal das dietas de goma guar e celulose, marcadas com carvão vegetal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ASPECTOS GERAIS DAS FIBRAS: DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

A década de 70 foi intensamente marcada por investigações ligadas à fração fibra dos vegetais, quer do ponto de vista de sua composição química, quer do ponto de vista de sua ação protetora a certas moléstias.

Essas investigações foram incentivadas a partir do momento em que, devido aos avanços tecnológicos, o homem passou a consumir maiores quantidades de alimentos de origem animal e alimentos refinados, pobres em fibra (BIJLANI, 1985). Este declínio no consumo de fibras fez com que houvesse um aumento de moléstias entre as quais se destacam como típicas de sociedades desenvolvidas: obesidade, constipação, hemorróidas, diverticulites, câncer de cólon, síndromes isquêmicas miocárdicas, colesterolemia, diabetes, entre outras.

A estreita relação estabelecida entre o baixo consumo de fibras e o aparecimento dessas doenças, fez com que, após mais de duas décadas de investigações, admita-se que a fração fibra dos alimentos desempenha papel significativo na nutrição, dependendo, entretanto, do tipo e da quantidade incluída na alimentação.

A definição mais aceita de fibra é aquela de TROWELL et al. (1976) que a definiram como “o resíduo derivado das paredes das células vegetais, resistente à hidrólise pelas enzimas digestivas do homem. Ela é composta de celulose, hemicelulose, oligossacarídeos, pectinas, ceras e lignina”.

Para ROBERFROID (1993), fibra é um termo genérico que abrange uma grande variedade de substâncias com diferentes propriedades físicas e vários efeitos fisiológicos.

Quimicamente falando, estas substâncias pertencem à família dos carboidratos. Do ponto de vista digestivo, todas elas resistem à hidrólise pelas enzimas digestivas, mas podem ser hidrolisadas e fermentadas pela microflora gastrointestinal.

As fibras podem ser classificadas em: a-) segundo sua relação com a estrutura das paredes celulares; b-) segundo sua natureza química e c-) segundo sua solubilidade em água, sendo esta última mais importante do ponto de vista da nutrição humana (SLAVIN, 1987). Com relação à sua solubilidade, as fibras podem ser solúveis e insolúveis em água e ambas frações caracterizam-se por apresentarem efeitos fisiológicos totalmente distintos que serão descritos posteriormente.

A fibra solúvel inclui pectinas, gomas, mucilagens, certos tipos de hemiceluloses solúveis e polissacarídeos de reserva da planta. A fração solúvel é variável, ocorrendo em grandes quantidades nas frutas, vegetais/hortaliças e leguminosas (SHINNICK et al., 1991). Já a fibra insolúvel inclui a celulose, lignina e algumas frações de hemicelulose e predomina nas hortaliças, verduras, leguminosas e cereais.

As gomas, classificadas como fibras solúveis, e objeto de nosso estudo, são moléculas de alto peso molecular, constituídas por polímeros hidrofílicos de unidades de monossacarídeos e derivados, unidos por ligações glicosídicas formando longas cadeias, podendo serem constituídas por um só tipo de monossacarídeos ou por monossacarídeos diversos. As gomas naturais encontram-se associadas às paredes celulares das plantas, microrganismos e de exudados das plantas. Nos alimentos aparecem como constituintes naturais ou também como aditivos (INK & HURT, 1987).

Segundo MA & BARBOSA-CANOVAS (1993), uma goma é geralmente definida como qualquer polissacarídeo solúvel em água, extraído de plantas terrestres e marinhas ou de metabólitos de microrganismos e que possuem a capacidade de contribuir em viscosidade ou

geleificação para suas dispersões. As gomas alimentares incluem galactomananas das sementes de guar e “locust bean”; exudados de plantas como a goma arábica e a tragacanta; gomas derivadas de algas como agar, carragena e algin; gomas derivadas da biossíntese microbiana como a xantana e gelana e finalmente, gomas produzidas pela modificação de polissacarídeos naturais como a carboximetilcelulose, hidroxipropilmetilcelulose e celulose microcristalina.

2.2. PROPRIEDADES GERAIS DA GOMA GUAR

A indústria alimentar é uma das maiores usuárias de fibras solúveis, com destaque para as gomas, onde elas desempenham um papel importante baseado em suas propriedades funcionais tais como espessantes, geleificantes, emulsificantes, estabilizantes e agentes formadores de filmes. Dentre as gomas utilizadas encontra-se a goma guar, um polissacarídeo cujo valor terapêutico têm sido investigado, principalmente na prevenção e tratamento de certas moléstias como o diabetes, a hipercolesterolemia e a obesidade (GOULDER, 1979 ; EBELING et al., 1988; VUORINEN-MARKKOLA et al., 1992).

A goma é derivada do endosperma da semente da planta guar (*Cyamopsis tetragonoloba*), uma leguminosa que necessita de pouca água durante seu crescimento, adaptando-se muito bem em regiões semi-áridas. É produzida em larga escala no Paquistão e na Índia, porém, países como os Estados Unidos, Austrália, Brasil e África do Sul também são produtores (KLOSE & GLICKSMAN, 1975).

A planta é robusta e normalmente cresce até 1 a 2 metros; sob seus ramos e talos principais sustentam-se as vagens que contém acima de dez sementes. A semente é uma dicotiledônea, apresentando um diâmetro de aproximadamente 2-3 mm e sua composição centesimal pode ser observada na Tabela 1 (GOLDSTEIN & ALTER, 1959).

A goma guar é uma galactomanana de alto peso molecular (200.000 - 300.000 daltons). Sua estrutura é composta basicamente de uma cadeia contínua simples de D-manose com uma cadeia lateral de galactose. As unidades de manose são unidas por ligações β (1 $\rightarrow$ 4), enquanto que as de galactose são ligadas a essa cadeia por ligações α (1 $\rightarrow$ 6), sendo que a taxa de manose-galactose é de 2 para 1 (SPRENGER, 1990). A estrutura do polissacarídeo pode ser observada na Figura 1.

Tabela 1 - Composição centesimal aproximada dos componentes da semente de guar.

Parte da Semente	Proteína (N x 6,25) %	Extrato Etéreo %	Cinzas %	Umidade %	Fibra* %	Tipo de Carboidrato
Casca (14-17%)	5,0	0,3	4,0	10,0	36,0	D-Glicose
Endosperma (35 - 42%)	5,0	0,6	0,6	10,0	1,5	Galactomanana
Germe (43 - 47%)	55,3	5,2	4,6	10,0	18,0	D-Glicose

(*) método de fibra bruta que determina fibras insolúveis como celulose e hemicelulose
 Fonte: GOLDSTEIN & ALTER (1959)

A propriedade mais importante da goma guar é sua capacidade de hidratar rapidamente em água fria, obtendo-se desse modo uma viscosidade muito alta, apresentando de 5-8 vezes o poder espessante do amido (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1975). A viscosidade máxima ocorre em aproximadamente duas horas em água fria. A 1% de uma solução de goma guar pode-se chegar a uma viscosidade de 2.700 cps, tendo um pH de 5,5-6,1 (KLOSE & GLICKSMAN, 1975). Na Tabela 2, viscosidades comparativas de soluções de gomas a 1% podem ser observadas.

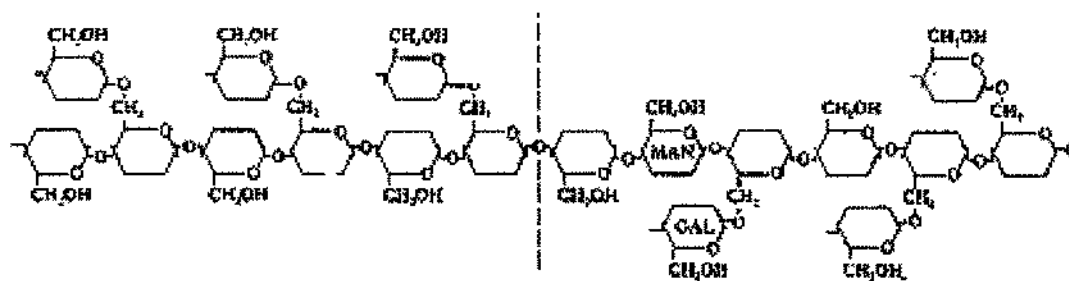


Figura 1 - Estrutura química da goma guar.

Fonte: SPRENGER (1990).

A viscosidade, segundo JENKINS et al. (1978), têm um efeito considerável sobre a absorção e tempo de trânsito intestinal. Por isso, existe uma hipótese de que tal caráter reológico da goma poderia ser responsável pelos efeitos clínicos já mencionados. A viscosidade relaciona-se inversamente com a absorção de glicose e produção de insulina (ROBERTS et al., 1991), além de atrasar o esvaziamento gástrico e prolongar o tempo de trânsito intestinal (JENKINS et al., 1978).

Tabela 2 - Viscosidades comparativas de soluções de gomas a 1%.

Gomas*	cps
Goma Arábica	50
Goma "Locust Bean"	100
Metilcelulose	150
Goma Tragacanta	200
Carragena	300
Sódio Carboximetilcelulose	1.200
Goma Karaia	1.500
Alginato de Sódio	2.000
Goma Guar	3.300

* Medidas realizadas a 25°C depois de 24 horas de hidratação.

Fonte: GOLDSTEIN & ALTER (1959).

2.3. EFEITOS FISIOLÓGICOS GERAIS DAS FIBRAS

As ações das fibras no sistema gastrointestinal podem ser físicas e/ou fisiológicas, e as frações insolúvel e solúvel parecem afetar diferentemente esse sistema. Enquanto as fibras solúveis produzem seus maiores efeitos na parte superior do sistema digestivo, atrasando o esvaziamento gástrico e a assimilação de nutrientes, e aumentando o tempo de trânsito intestinal, as fibras insolúveis agem, principalmente, no intestino grosso, aumentando o volume fecal, produzindo fezes mais macias e acelerando a taxa de trânsito colônico (HABER et al., 1977; WALKER, 1993).

A celulose e as hemiceluloses encontradas nos grãos contribuem de forma especial para as características das fibras insolúveis citadas anteriormente. O tamanho da partícula de fibra insolúvel também afeta o volume das fezes. As fibras grosseiramente moídas são mais eficazes para estimular a defecação do que as finamente moídas, além do que, segundo ASP et al. (1993) a capacidade de aumentar o volume fecal dessas fibras, é inversamente proporcional à sua fermentação no intestino. E pelo fato delas acelerarem o trânsito intestinal, evitam a ocorrência de prisão de ventre (HELLER et al., 1980), e possivelmente, reduzem a incidência de diverticulose e câncer do cólon (BRODRIBB, 1980; NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1982).

As fibras afetam o processo de digestão desde a boca. Alimentos ricos em fibras requerem mastigação mais prolongada, o que estimula o fluxo de saliva e diminui a velocidade da taxa de ingestão de alimentos. Essa menor taxa proporciona uma densidade calórica menor, levando a uma redução adicional no consumo calórico. Já a mastigação exerce, também, um efeito direto sobre o hipotálamo, produzindo uma sensação de saciedade (HEATON, 1973). Entretanto, o mecanismo exato pelo qual as fibras podem afetar a saciedade são incertos. A distensão gástrica seria, possivelmente, um fator importante e alguns estudos mostram que a ação de polissacarídeos viscosos ao atrasar o esvaziamento dos conteúdos do estômago, aumentaria ou prolongaria a sensação de saciedade (HOLT et al., 1979). Por todos esses aspectos, alguns estudos mostram que dietas ricas em fibras podem prevenir ou auxiliar no tratamento da obesidade (KROTKIEWSKI, 1984).

Além de interferirem com o processo de digestão dos alimentos, estudos sugerem que as fibras podem também alterar o processo de absorção dos nutrientes. Provavelmente, as propriedades físicas das fibras, tais como, tamanho da partícula, viscosidade, capacidade de reter água e formar géis e capacidade de ligar ácidos biliares são importantes em determinar o efeito delas sobre a absorção dos nutrientes (SCHNEEMAN & GALLAHER, 1986).

Os mecanismos pelos quais as fibras afetam a absorção de nutrientes são desconhecidos. Contudo, existem várias teorias que tentam explicar ou justificar a ação das fibras. A primeira sugere que a fibra, principalmente a fração solúvel, se envolve com a camada estacionária líquida presente ao longo da superfície luminal das células da mucosa intestinal, aumentando a espessura desta camada, formando uma barreira física para a absorção de nutrientes (CASPARY et al., 1980; JENKINS, 1981). Segundo JOHNSON & GEE (1981), a presença de polissacarídeos viscosos aumenta também a viscosidade dos conteúdos e em particular, da fase aquosa dos conteúdos intestinais, nos quais os nutrientes estão dispersos. Isso, provavelmente reduz a difusão de enzimas, substratos e nutrientes através da superfície absorptiva, o que leva, conseqüentemente, a uma quantidade menor de nutrientes no plasma.

Uma outra teoria é aquela que mostra que as fibras podem ligar ou sequestrar ácidos biliares no intestino delgado. Tal ligação faria com que as moléculas de ácido biliar ficassem indisponíveis para a formação de micelas necessárias para a absorção de gordura e colesterol, levando, assim, a uma redução desses nutrientes no plasma (KRITCHEVSKY, 1988).

Segundo ROBERFROID (1993), existe também a hipótese de que os principais efeitos fisiológicos da fibra solúvel seriam mediados pelos ácidos graxos de cadeia curta, produzidos quando da fermentação dessas fibras no intestino grosso. Esses ácidos (acético, propiônico e butírico) que chegam à circulação via veia porta, poderiam influenciar o metabolismo da glicose e gordura, causando uma diminuição na glicemia pós-prandial, reduzindo a concentração de ácidos graxos livres e podendo influenciar até mesmo na homeostase hormonal.

Do ponto de vista digestivo, todas as fibras resistem à hidrólise pelas enzimas, mas elas podem ser hidrolisadas e fermentadas pela microflora intestinal. Tal processo, depende da natureza química e física da fibra. As fibras insolúveis não são fermentadas, e exercem,

exclusivamente, o efeito de encurtar o tempo de trânsito colônico e aumentar a massa fecal. As fibras solúveis são fermentadas extensivamente, e os produtos resultantes de tal fermentação, incluem, hidrogênio, dióxido de carbono, metano, água e ácidos graxos de cadeia curta (SCFA) tais como acetato, propionato e butirato (CHEN et al., 1984). A fermentação leva a dois efeitos diretos: uma diminuição do pH intraluminal, e a proliferação de células epiteliais ceco-colônicas.

2.4. AÇÃO DAS FIBRAS SOLÚVEIS SOBRE O METABOLISMO DE LIPÍDIOS

Têm sido demonstrado que vários tipos de fibras solúveis em água exercem potentes efeitos de redução nos níveis de lipídios séricos em animais experimentais e humanos. Também existe um consenso de que a estrutura altamente polimérica é um pré-requisito para estes carboidratos não-absorvíveis exercerem tais efeitos, assim como a alta viscosidade (MADAR & THORNE, 1987).

Muitos mecanismos de ação têm sido propostos para explicar o efeito de redução dos lipídios pelas fibras. Entre eles, a fibra poderia alterar a absorção e metabolismo dos ácidos biliares; poderia modificar a absorção e metabolismo dos lipídios; os ácidos graxos de cadeia curta resultantes da fermentação da fibra poderiam afetar o metabolismo do colesterol ou de lipoproteínas e a fibra poderia alterar as concentrações de insulina e outros hormônios. A seguir, descreveremos os principais mecanismos:

A - Efeito da Viscosidade e Aumento da Excreção Biliar

Embora a relação entre os efeitos da fibra solúvel e sua viscosidade não esteja ainda bem definida, alguns estudos sugerem que a fibra solúvel pode diminuir a absorção de ácidos graxos e colesterol no intestino devido à sua viscosidade, ao formar um gel coloidal no lúmen intestinal, ou devido a uma diminuição da digestibilidade dos lipídios como consequência de

uma inibição da formação da micela de gordura, quando da adsorção dos ácidos biliares pela fibra solúvel (SHINNICK et al., 1991; TOPPING, 1991).

O principal mecanismo de redução nos níveis de lipídios, segundo SPILLER et al. (1978) é a influência das fibras sobre a absorção do colesterol e a síntese e excreção de sais biliares. Os autores sugerem que a perda de sais biliares associada com esteatorréia possa ser o mecanismo pelo qual os componentes da fibra abaixam as concentrações de colesterol sérico. De acordo com STORY & KRITCHEVSKY (1976), esse processo pode resultar em uma deficiência na formação micelar, essencial para a absorção de colesterol e isto, por sua vez, aumentaria a excreção de ácido biliar, o que promoveria um aumento na síntese de ácido biliar para substituir aquele perdido. Ambos eventos contribuiriam para a redução do conteúdo de colesterol plasmático.

Segundo KHAN et al. (1981), com a goma guar ocorreria o mesmo processo. A goma, por ser altamente viscosa, ligar-se-ia facilmente aos sais biliares e isso levaria a um aumento de sua excreção fecal. Essa ligação proporcionaria dois efeitos. Primeiro, reduziria a disponibilidade de sais biliares para a absorção de gorduras, incluindo colesterol. Com isso, a absorção do colesterol seria diminuída. Segundo, reduziria a fração de sais biliares que seriam reabsorvidos pela circulação enterohepática. Isto supõem a necessidade de nova síntese de ácidos biliares, os quais, por sua vez, desviariam mais colesterol disponível e com isso menos colesterol sairia para a circulação.

VAHOUNY & CASSIDY (1985) verificaram que a goma guar liga 36% de taurocolato de sódio; 22% de lecitina; 23% de monooleína e 33% de ácidos graxos de uma solução micelar. Ao contrário, farelo de trigo e celulose ligam porcentagens muito menores dos componentes micelares.

Segundo HOAGLAND (1989), a capacidade das fibras para captar ácidos biliares e ácidos graxos depende de sua natureza, ao formar as ligações com os sais de cálcio procedentes da parede celular.

B - Efeito de Metabólitos Produzidos no Cólon

Há pouco tempo atrás, a fração fibra dos alimentos era considerada um componente inerte, que passava pelo intestino sem sofrer modificações, como o resultado de uma capacidade digestiva limitada, inerente às secreções digestivas e células epiteliais do trato gastrointestinal. Contudo, o intestino grosso representa um compartimento fermentativo eficaz, habitado por uma população microbiana anaeróbica mista. Segundo SALYERS et al. (1977) espécies “Bactereóides” do cólon têm uma capacidade significativa para fermentar substratos contendo fibras solúveis.

As fibras solúveis ao serem fermentadas no cólon levam à formação de metabólitos, aos quais se têm atribuído características hipocolesterolêmicas. Assim, os ácidos graxos de cadeias curtas (acetato, propionato e butirato) são produzidos pela degradação da fibra solúvel no intestino e podem, ou serem utilizados como substrato energético pelas células intestinais ou serem absorvidos pela mucosa intestinal, passando para a corrente sangüínea (HUGHES, 1991).

SCHEPPACH et al. (1988) propuseram que ambos, acetato e propionato, afetariam o metabolismo dos lipídios. Em particular, foi relatado que o alto nível de acetato plasmático reduziria a concentração de ácidos graxos livres, provavelmente via um efeito direto do acetato sobre o tecido adiposo.

C - Redução da Interação Enzima-Substrato

Evidências experimentais sugerem também que certas fibras solúveis podem inibir a atividade de lipases, as quais hidrolisam triacilgliceróis à ácidos graxos livres, monoacilgliceróis e diacilgliceróis. Segundo SCHNEEMAN & GALLAHER (1986), dados “in vitro” indicam que

a atividade da lipase do suco pancreático humano ou de amostras do duodeno podem ser inibidas pela pectina e goma guar.

2.4.1. Estudos Experimentais com Animais e Humanos

Vários trabalhos procuram esclarecer os efeitos das fibras sobre o metabolismo de lipídios em animais experimentais e humanos. Contudo, experiências mostram que o efeito de redução do colesterol é mais significativo quando os níveis iniciais de colesterol sérico são normalmente altos (hipercolesterolemia), tanto em ensaios com seres humanos, como em animais. Portanto, o grau de resposta à fibra alimentar parece depender não apenas do tipo de fibra, como, também, dos níveis de colesterol do paciente. CHEN & ANDERSON (1979), verificaram os efeitos da alimentação com goma guar e farelo de trigo por três semanas sobre os níveis de lipídios do sangue e fígado de ratos "Sprague-Dawley". Foram utilizadas quatro dietas: controle; 1% de colesterol; 1% de colesterol + 20% de farelo de trigo; e 1% de colesterol + 7% de goma guar. Como esperado, os níveis de colesterol plasmático foram significativamente maiores ($p < 0,05$) em ratos alimentados com as dietas acrescidas de colesterol, assim como houve uma redução nos níveis de HDL-colesterol. Contudo, ratos alimentados com a dieta contendo goma guar tiveram níveis de colesterol e triacilgliceróis plasmáticos mais baixos ($p < 0,05$) e níveis de HDL-colesterol mais elevados em relação àqueles alimentados com as demais dietas suplementadas com colesterol. Essas reduções foram de aproximadamente 30%. Além disso, os valores para lipídios totais e colesterol do fígado com o uso da goma guar, foram menores ($p < 0,05$) comparados com as demais dietas acrescidas de colesterol. As reduções foram de cerca de 30% para lipídios totais e de até 50% para o colesterol do fígado.

A inclusão de 5% de fibra (farelo de trigo, soja e milho) em dietas hipercolesterolêmicas contendo 1% de colesterol, reduziu os níveis de lipídios totais do plasma e do tecido hepático e cardíaco de ratos machos "Wistar" durante um período de 4 semanas de alimentação. Além

disso, o colesterol total também diminuiu. O efeito mais notável ocorreu com a soja que reduziu em 25,65% os lipídios totais e 43,2% o colesterol total plasmático. O abaixamento do colesterol foi devido, principalmente, à redução das frações LDL e VLDL. A fração HDL não foi significativamente afetada (UBEROI et al., 1992).

O efeito hipolipidêmico da goma guar (30g/dia) também foi analisado por TURNER et al. (1990) em humanos por seis semanas. Os níveis de LDL-colesterol foram diminuídos de 11,5% e o de colesterol total plasmático de 9,6% ($p < 0,05$). Os resultados mostraram que a redução nos níveis de colesterol total ocorreram devido, principalmente, à redução nos níveis de LDL-colesterol, já que os níveis de HDL permaneceram inalterados.

Segundo GLORE et al. (1994), em uma revisão acerca de fibras e lipídios, o efeito de redução dos lipídios de um modo geral pode ser conseguido com o consumo diário de 6 - 40g de pectina, 8 - 36g de gomas, 100 - 150g de feijão seco ou sementes de leguminosas, 25 - 100g de farelo de aveia ou 10 - 30g de psyllium.

2.5. AÇÃO DAS FIBRAS SOLÚVEIS SOBRE O METABOLISMO DE CARBOIDRATOS :EFEITO HIPOGLICÊMICO

2.5.1. Mecanismos de Ação

Têm sido demonstrado que o consumo de algumas fibras afeta o metabolismo da glicose. Fibras solúveis em água são vistas como sendo mais eficazes em provocar mudanças no metabolismo de carboidratos, enquanto que fibras insolúveis parecem ser menos ativas (JENKINS et al., 1975).

A ação desses polissacarídeos solúveis em reduzir a hiperglicemia pós-prandial, possivelmente, está relacionada à sua viscosidade. As dietas ricas em fibra solúvel produzem um aumento de viscosidade do conteúdo intestinal, já que são moléculas que captam água e possuem a propriedade de formar géis coloidais, o que diminui o contato do quimo geleificado com a mucosa intestinal e a taxa da digestão enzimática, reduzindo, conseqüentemente, a absorção intestinal de monossacarídeos e dissacarídeos (INK & HURT, 1987).

Segundo JENKINS et al. (1978) a ação dos agentes viscosos pode ser dupla, isto é, depende do atraso do esvaziamento gástrico (em virtude da capacidade desse agente de hidratar-se no estômago) e com isso provoca atraso na absorção de glicose no lúmen do intestino delgado. Isto ocorre em conseqüência de um espessamento da camada líquida estacionária, que circunda o vilo intestinal, o que resulta num obstáculo para a difusão. Uma taxa de difusão inadequada faz com que menos glicose entre na circulação (MEYER et al., 1988).

A redução na absorção de monossacarídeos e dissacarídeos faz com que a concentração de glicose no sangue eleve-se mais lentamente, assim como a secreção de insulina pancreática. Isto é aplicável no tratamento do diabetes, já que as necessidades de insulina tornam-se muito menores quando do aumento do conteúdo de fibra na dieta (JENKINS et al., 1976).

O'CONNOR et al. (1981) observaram a possibilidade de que o mecanismo de ação da goma guar não esteja ligado exclusivamente a sua viscosidade. Outros possíveis modos de ação incluiriam: a criação de uma barreira eficaz entre a glicose e os sítios absorptivos; interferência no mecanismo de transporte ativo inativando os íons Na^+ ; e uma liberação alterada de hormônios gastrointestinais com um aumento simultâneo na sensibilidade à insulina.

Segundo SMITH & HOLM (1982) a redução dos níveis de insulina que se manifesta em decorrência do consumo de goma guar pode ser devido a uma redução da secreção do Polipeptídeo Inibidor da Gastrina (GIP). MORGAN et al. (1985) em um estudo com humanos ingerindo uma refeição unicamente composta de carboidratos acrescida de 5-6g de goma guar, verificaram que a insulina pós-prandial e os níveis de GIP foram, ambos, significativamente reduzidos ($p < 0,05$ e $p < 0,025$, respectivamente).

Recentes avanços na fisiologia gastrointestinal têm sugerido uma nova hipótese para justificar o uso de fibras no tratamento da diabetes. Sabe-se que muitos dos carboidratos que entram no cólon são fermentados com a produção de ácidos graxos de cadeia curta (SCFA). Aumentando-se o consumo de fibras, aumenta-se a quantidade de carboidratos (amido e fibra) entrando no cólon, e assim, aumenta-se a produção de SCFA, que pode ser absorvido do cólon (CUMMINGS & BRANCH, 1986). ANDERSON & BRIDGES (1984) mostraram que o aumento no nível de acetato no plasma, afetava o metabolismo de carboidratos.

2.5.2. Estudos Experimentais com Animais e Humanos

Vários estudos com humanos sadios ou diabéticos estão sendo desenvolvidos no sentido de esclarecer as dúvidas acerca dos efeitos das fibras solúveis sobre a absorção de glicose (TORSDOTTIR et al., 1989; GATENBY et al., 1991).

JENKINS et al. (1977) submeteram indivíduos voluntários a dietas contendo 14,5g de goma guar ou 10g de pectina. Tais dietas foram ingeridas em jejum pela manhã e amostras sangüíneas foram tomadas a 0, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos. A glicose sangüínea foi reduzida significativamente de $\pm 25\%$ ($p < 0,05$) depois de 30 minutos de $6,33 \pm 0,19$ mmol/L nos sujeitos controle para $4,77 \pm 0,17$ mmol/L com adição de goma guar. O nível médio de insulina também foi significativamente menor aos 15 minutos, $\pm 41\%$ ($p < 0,05$). Já a adição de pectina reduziu significativamente a glicose aos 15 minutos, $\pm 10\%$ ($p < 0,01$). A glicose sangüínea diminuiu de $6,18 \pm 0,21$ mmol/L para $5,64 \pm 0,17$ mmol/L.

Alguns estudos sugerem também que dietas ricas em carboidratos complexos e em fibra reduzem ou eliminam a necessidade de insulina em alguns diabéticos dependentes do hormônio e nos não dependentes.

Assim, ANDERSON & WARD (1979) estudaram os efeitos de dietas ricas em carboidratos e em fibras (HCF) sobre o metabolismo da glicose de 20 homens magros recebendo terapia insulínica para diabetes mellitus. Ao final do estudo, observou-se que a dose média de insulina foi reduzida de 26 ± 3 unidades/dia (quantidade requerida para indivíduos com dieta controle) para 11 ± 3 unidades/dia ($p < 0,001$) quando a dieta HCF foi ingerida. Em 11 pacientes que receberam dieta HCF, a terapia insulínica pôde ser suspensa. Os valores para glicose plasmática foram menores também para a maioria dos pacientes submetidos à dieta HCF.

Os efeitos de uma suplementação a longo prazo (2 meses) de uma dieta com 20 g de goma guar e 10 g de farelo de trigo sobre o controle metabólico em 12 obesos, diabéticos não-dependentes de insulina, também foram avaliados por RAY et al. (1983). A adição das fibras reduziu a excreção urinária de glicose de $30,5 \pm 6$ para $8,3 \pm 2$ g/ 24 horas ($p < 0,025$) e a concentração de glicose plasmática de 301 ± 24 para 184 ± 15 mg/dL ($p < 0,025$).

Contudo, em muitos trabalhos com fibras nenhuma mudança nos níveis de glicose é observada. UUSITUPA et al. (1989) não encontraram praticamente nenhuma diferença significativa nos níveis de glicose sangüínea de 39 pacientes diabéticos submetidos a um tratamento por 10 meses com 5g de goma guar/ 3 vezes ao dia. Os mesmos resultados ocorrem nos trabalhos de FAIRCHILD et al. (1990) e ELLIS & DAWOUD (1991), entretanto, em todos esses estudos a goma guar provocou diminuições significantes ($p < 0,05$) na taxa de insulina plasmática.

Tal situação cria a necessidade de mais pesquisas para determinar-se o papel das fibras no controle do diabetes, bem como a necessidade de estudos adicionais com animais e humanos para uma melhor avaliação das atuais e novas fontes de fibra.

2.6. AÇÃO DAS FIBRAS SOLÚVEIS SOBRE A BIODISPONIBILIDADE DE PROTEÍNAS, MINERAIS E VITAMINAS

Como foi visto até agora, vários mecanismos são sugeridos para justificar a ação das fibras solúveis sobre a absorção de certos componentes (isto é, glicose e lipídios de um modo geral), contudo, a questão é saber se estes mecanismos são comuns a qualquer nutriente.

Poucos são os estudos que procuram verificar a ação das fibras sobre o metabolismo das proteínas. GALLAHER & SCHNEEMAN (1986) verificaram que em humanos, embora certas fibras aumentassem a excreção fecal de nitrogênio, o balanço global de nitrogênio permanecia positivo. E concluíram que, se o consumo de proteína for adequado e fontes protéicas de alta qualidade forem disponíveis, o balanço de nitrogênio não será comprometido pela presença de fibra na dieta.

Segundo SCHNEEMAN & GALLAHER (1986), em certas fontes não purificadas de fibras tais como farelo de trigo, farelo de aveia ou outros cereais, que são fontes de proteínas, as camadas da parede celular, as quais contêm fibras, podem prevenir a penetração de enzimas digestivas e, conseqüentemente a proteína associada com a fibra terá menor digestibilidade. Esses autores também verificaram que a tripsina e/ou quimotripsina, duas proteases pancreáticas, podem ser inibidas "in vitro" pela farinha de girassol, soja, celulose, pectina e carragena. Essas duas proteases quando ativas, podem diminuir a digestibilidade protéica.

Com relação à disponibilidade de minerais, verifica-se que dietas ricas em fibras normalmente revelam uma tendência em reduzir a absorção de certos minerais como cálcio, ferro, zinco, magnésio entre outros. O fato de que a administração a longo prazo de goma guar possa causar depleção mineral no organismo que a ingere é discutido em alguns trabalhos.

JENKINS et al. (1980) não encontraram nenhuma evidência de que a goma guar causa deficiência em elementos traços. Trabalhando com 11 pacientes que ingeriram entre 16-26g de goma/dia, durante 6 meses, observaram os seguintes valores médios medidos antes e depois do tratamento com guar: zinco $1,20 \pm 0,06$ e $1,15 \pm 0,05$ mmol/L; cobre $1,14 \pm 0,13$ e $1,07 \pm 0,06$ mmol/L e cálcio $2,30 \pm 0,02$ e $2,36 \pm 0,03$ mmol/L.

O efeito do consumo prolongado de goma guar sobre a absorção de ferro foi investigado em ratos "Wistar" por SWINDELL & JOHNSON (1987). Concluiu-se que a alimentação com goma guar leva a uma pequena redução na taxa de absorção de ferro no duodeno do rato. Contudo, estas mudanças aparentemente não levaram a nenhuma redução nutricionalmente significativa na capacidade dos animais absorverem ferro e manter seu status de ferro.

UUSITUPA et al. (1989) trataram 39 indivíduos diabéticos com 5g de goma guar granulada oferecida três vezes ao dia durante dez meses. De acordo com seus resultados, não houve alteração significativa na absorção de eletrólitos, isto é, sódio, potássio, cálcio ou magnésio e também dos níveis de ferro sérico. Os níveis de zinco plasmático foram significativamente ($p < 0,001$) maiores ao final do estudo ($0,86 \pm 0,10$ μ mol/L antes e $1,12$ μ mol/L depois). Este achado contrasta com os resultados encontrados com o uso de fibra insolúvel, que leva a uma redução da absorção de zinco (SOUTHGATE, 1987). O que ocorre durante o tratamento com goma guar é que o tempo de trânsito do zinco no intestino delgado é maior, o que facilita a absorção mais completa desse mineral.

Alguns autores acreditam que o efeito inibitório sobre a absorção mineral de alimentos ricos em fibra estaria relacionado ao seu conteúdo de fitato, taninos e possivelmente, de outros componentes secundários. Segundo ROSSANDER et al. (1992), apesar da capacidade de uma fibra de poder ligar “in vitro” um mineral, não há evidências de que ela possa inibir a absorção desse mineral “in vivo”.

HARMUTH-HOENE & SCHELENZ (1980) e TOMA & CURTIS (1986) concluíram que, em dietas onde os minerais estão em quantidades adequadas e o consumo de fibras ocorre em nível razoável, o efeito sobre a biodisponibilidade dos principais minerais no intestino delgado não é significativo.

Com relação às vitaminas, há alguns estudos que mostram que o consumo de fibras resultou em maior disponibilidade de vitaminas. Estes resultados foram encontrados em estudos com vitamina A sérica, tiamina e riboflavina urinária. Entretanto, há algumas evidências de que fibras solúveis tais como pectina e goma guar diminuem a disponibilidade de vitamina E e B-12 em ratos. Este efeito pode estar relacionado à degradabilidade das fibras solúveis pelas bactérias intestinais, porém o mecanismo é desconhecido (SCHAUS et al., 1985; SAITO & YOSHIDA, 1987).

2. 7. FIBRAS: COMENTÁRIOS SOBRE OS DADOS DA LITERATURA

Esta revisão bibliográfica permite-nos concluir que as fibras alimentares desempenham papel de extrema importância na alimentação, já que podem exercer efeitos preventivos sobre certas enfermidades, como as já citadas. Contudo, como acontece com qualquer outro nutriente, o consumo excessivo da fibra pode ser indesejável. Além de poder fixar alguns minerais, impedindo sua absorção, o seu excesso pode causar distúrbios gastrointestinais. Portanto, o consumo de fibra deve ser feito de forma gradual, permitindo que o sistema digestivo se adapte a esta nova situação.

Além disso, para que possamos formular propostas nutricionais ou indicações terapêuticas, há a necessidade de se elucidar muitos pontos no campo das fibras. Investigações mais profundas devem ser realizadas não só com o objetivo de se avaliar o efeito que as várias fibras tem sobre o comportamento intestinal, peso fecal, ácidos graxos de cadeia curta, ácidos biliares, entre outros; mas também elucidar de forma mais clara os mecanismos pelos quais as fibras atuam no sentido de exercer efeitos sobre desordens e doenças como a obesidade, hipertensão, diabetes, colesterolemia e câncer.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. OBTENÇÃO DOS MATERIAIS TESTES

A goma guar comercial e a celulose utilizadas como fontes de fibra foram obtidas, respectivamente da Grinsted do Brasil (Embú - SP) e da Blanver Farmoquímica Ltda (São Paulo -SP). A pectina cítrica utilizada no teste de viscosidade foi fornecida pela Braspectina S.A. (Limeira - SP).

3.2. ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS DA GOMA GUAR

A goma guar foi caracterizada quimicamente com o objetivo de verificar sua pureza. Foram realizadas as seguintes análises:

3.2.1. Umidade, Cinza e Proteína Bruta

Os teores de umidade, cinza e proteína bruta foram determinadas de acordo com a AOAC (1975). Para obtenção do teor de proteína, multiplicou-se o valor do nitrogênio total, obtido através do método micro-kjeldahl, pelo fator 6,25.

3.2.2. Lipídios Totais

Os valores médios de lipídios totais foram obtidos segundo o método de BLIGH & DYER (1959).

3.2.3. Fibra Solúvel e Insolúvel

Para a determinação do conteúdo de fibra foi empregado o método de ASP et al. (1983), que utiliza as enzimas α - amilase, para promover a hidrólise do amido e, pepsina, seguido de pancreatina. Através desse método determinou-se as frações solúvel e insolúvel da fibra presentes na goma.

3.2.4. Granulometria

A granulometria da goma guar é uma análise física que foi determinada utilizando o equipamento GRANUTEST com peneiras de 10, 14, 20, 32, 60, 80 e 100 mesh. A quantidade de amostra peneirada foi de 100g. Após 30 minutos de peneiragem, o conteúdo das peneiras foi pesado e a porcentagem de retenção foi calculada para cada peneira

3.2.5. Viscosidade

A viscosidade da goma guar foi determinada em reômetro rotativo HAAKE CU 20, utilizando cilindros concêntricos de 30mm. As medidas de viscosidade foram realizadas em solução a 1% de goma guar em pH de 3,0, utilizando tampão citrato 0,1 M (simulando o pH do estômago) e 8,0 utilizando tampão fosfato 0,1M (simulando o pH do intestino), nos tempos de 15 e 30 minutos do início da hidratação. As medidas foram conduzidas em duplicata e a temperatura utilizada foi de 36° C (temperatura corporal).

Para efeito de comparação, a viscosidade de uma outra fibra solúvel, no caso, a pectina cítrica, foi também determinada nas mesmas condições que a goma guar. Contudo, ao invés de cilindros concêntricos, foram utilizadas placas paralelas.

A viscosidade foi calculada por:

$$\eta = \frac{T}{\dot{\gamma}} \text{ (Pa.s)}$$

Onde: η = Viscosidade

T = Tensão de deformação

$\dot{\gamma}$ = Taxa de deformação

Pa.s = Pascal.segundo

3.3. PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO

O primeiro ensaio, que teve duração de 30 dias, foi realizado com o objetivo principal de testar várias concentrações de goma guar sobre parâmetros glicêmicos, lipidêmicos e nutricionais, para que pudessemos estabelecer uma quantidade ideal de goma a ser utilizada, posteriormente, no segundo e terceiro ensaio biológico.

3.3.1. Preparo das Dietas

Foram preparadas cinco dietas experimentais com goma guar e uma dieta controle, todas elas acrescidas de banha de porco. As dietas foram preparadas variando-se apenas o nível de goma guar em detrimento do amido e utilizando-se a caseína como fonte protéica. A Tabela 3 mostra a composição dessas dietas, enquanto as Tabelas 4 e 5 apresentam, respectivamente, a composição das misturas mineral e vitamínica acrescentadas às dietas.

Todas as dietas preparadas foram avaliadas quanto ao teor de nitrogênio, conforme o método mencionado no item 3.2.1. A seguir, elas foram colocadas em sacos plásticos e congeladas a -18°C enquanto não usadas.

3.3.2. Animais Utilizados

Para a realização do primeiro ensaio biológico foram utilizados ratos machos "Wistar" livres de patógenos específicos (SPF) do Centro de Bioterismo da Universidade Estadual de Campinas, com pesos médios de 107,70g ($\pm 12,62$ g).

Foram selecionados 125 animais, cinco dos quais foram sacrificados no início do experimento, após jejum de 16 horas, para coleta de sangue pela técnica de punção cardíaca. Esse sangue foi considerado "controle" e denominado "tempo 0". Os demais ratos foram distribuídos em seis grupos de 20 animais para as seis dietas empregadas. Esses animais permaneceram em gaiolas individuais, em ambiente com temperatura entre 22 - 23° C, sendo a iluminação ambiental controlada para 12 horas de luz e 12 horas de obscuridade. Os animais receberam alimento e água "ad libitum", e o peso e consumo de dieta foram registrados semanalmente.

3.3.3. Coleta de Sangue e Análises Bioquímicas

Durante todo o período experimental, quatro coletas de sangue foram realizadas, além daquela citada no item 3.3.2. Os animais, após jejum de 16 horas, foram sacrificados semanalmente para coleta de sangue por punção cardíaca, obtendo-se, assim, amostras de sangue denominadas "Tempo 1", "Tempo 2", "Tempo 3" e "Tempo 4".

As amostras de sangue coletadas nos cinco períodos (tempos 0,1,2,3 e 4) foram colocadas em banho-maria a 37°C por um tempo de 30 minutos. A seguir, foram centrifugadas a 2.500 r.p.m./15 minutos e o sobrenadante (soro) foi recolhido. No soro foram dosados, através de kits da Celm (Barueri - São Paulo): **a-)** Colesterol Total; segundo HUANG et al. (1961); **b-)** Triacilgliceróis; segundo BUCOLO & DAVID, (1973); **c-)** Glicose; segundo

TRINDER (1969); **d-)** HDL-colesterol; segundo COOPER (1974); **e-)** LDL-colesterol; segundo a fórmula de FRIEDEWALD et al. (1972):

$$\text{LDL colesterol} = \text{colesterol total} - \frac{\text{triacilgliceróis}}{5} - \text{HDL colesterol}$$

Tabela 3 - Composição das dietas controle e suplementadas com goma guar para o primeiro ensaio biológico (g/100 g dieta).

Componentes	Dieta Controle		Dietas Teste			
	1	2	3	4	5	6
Caseína*	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Banha de Porco**	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Óleo de Milho*	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Mistura Mineral**	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Mistura Vitamínica*	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Goma Guar**	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	13,0
Amido de Milho+			para completar 100%			

* Sanco - Produtos Químicos (São Paulo - SP)

** Marca Sadia

* Marca Minasa

** American Institute of Nutrition (1977)

* American Institute of Nutrition (1980)

** Grinsted do Brasil (Embú - SP)

+ Marca Maizena (Refinações de Milho Brasil)

Tabela 4 - Composição da mistura mineral *

Componentes	g/kg mistura
Fosfato de cálcio dibásico - CaHPO_4	500,00
Cloreto de sódio - NaCl	74,00
Citrato de potássio - $\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$	220,00
Sulfato de potássio - K_2SO_4	52,00
Óxido de magnésio - MgO	24,00
Carbonato de manganês - (43-48% Mn) - MnCO_3	3,5
Citrato de ferro - (16-17% Fe)	6,0
Carbonato de zinco - (70% ZnO) - ZnCO_3	1,6
Carbonato de cobre - (53-55% Cu) - CuCO_3	0,3
Iodato de potássio - KIO_3	0,01
Selenito de sódio - $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,01
Sulfato de potássio e cromo - $[\text{CrK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$	0,55

* American Institute of Nutrition (1977)

Tabela 5 - Composição da mistura vitamínica*

Componentes	mg/kg
Tiamina - HCl 600,00	
Riboflavina	600,00
Piridoxina - HCl	700,00
Ácido Nicotínico	3.000,00
Pantotenato de Cálcio D	1.600,00
Ácido Fólico	200,00
Biotina D	20,0
Cianocobalamina - (vitamina B ₁₂)	1,0
Retinil Palmitato ou Acetato - (vitamina A)	#
dl - α - Tocoferol Acetato - (vitamina E)	# #
Colecalciferol - (vitamina D ₃)	2,5
Menaquinona - (vitamina K)	5,0
Sacarose em pó**	para completar 1,0 Kg

* American Institute of Nutrition (1980)

** utilizou-se amido como veículo, em vez de sacarose

para proporcionar 400.000 UI da atividade de vitamina A
ou 120.000 equivalentes de retinol

para proporcionar 5.000 UI da atividade de vitamina E

3.3.4. Parâmetros Nutricionais

Os animais que não foram sacrificados durante o ensaio, permaneceram até o término do experimento para cálculos do quociente de eficiência protéica operacional (PER.op) segundo PELLETT & YOUNG, (1980); quociente de eficiência alimentar (QEA) e curva de crescimento. O PER e o QEA foram determinados através das seguintes fórmulas:

$$\text{PER op.} = \frac{\text{Ganho de Peso (g)}}{\text{Consumo de Proteína (g)}}$$

$$\text{QEA} = \frac{\text{Ganho de Peso (g)}}{\text{Consumo de Dieta (g)}}$$

3.3.5. Tempo de Trânsito Intestinal

A determinação do tempo de trânsito intestinal foi realizada no último dia do experimento, utilizando a técnica de BIANCHI et al. (1983).

Os animais, após jejum de 16 horas, foram alimentados com 2,5g das dietas utilizadas durante o ensaio, marcadas com 10% de carvão vegetal. Após 30 minutos de ingestão, cada animal foi sacrificado para remoção do intestino delgado. O comprimento de cada intestino foi medido (do esfíncter pilórico à junção íleo-ceco) e a distância percorrida pela dieta marcada foi registrada como uma porcentagem do comprimento total (% de trânsito).

3. 4. SEGUNDO ENSAIO BIOLÓGICO

A partir dos resultados obtidos no primeiro ensaio biológico, optou-se por realizar um segundo ensaio de maior duração (60 dias) e com concentrações de goma de 10 e 20%. A justificativa para tal opção é que foi constatado que as alterações nos níveis séricos dos parâmetros bioquímicos analisados, começaram a ser significantes no final do 1º ensaio, mais precisamente a partir da terceira semana de experimento. Daí a necessidade de se prolongar o tempo de duração do ensaio. Além disso, observou-se que os melhores resultados obtidos foram com concentrações superiores a 8% de goma guar. Por isso, optou-se por trabalhar com uma dieta com 10% de goma guar e outra com o dobro da quantidade (no caso 20%), para que pudéssemos avaliar os efeitos de um excesso de goma no metabolismo do animal.

Neste ensaio, também, foi realizada uma comparação entre os efeitos da fibra solúvel (goma guar) em relação à uma fibra insolúvel (celulose).

3.4.1. Preparo das Dietas e Animais Utilizados

Foram preparadas duas dietas controles (1 e 2) e quatro dietas experimentais: duas contendo celulose e as outras duas contendo goma guar. Neste ensaio, todas as dietas foram acrescidas de banha de porco, com exceção da dieta controle 1, que foi preparada somente com “óleo de milho”, com o objetivo de poder comparar com a dieta controle 2 (acrescida de banha de porco) e verificar se a adição da banha eleva ou não a lipídemia dos animais.

A composição dessas dietas pode ser observada na Tabela 6. Todos os componentes das dietas utilizadas neste ensaio foram obtidos dos mesmos locais indicados na Tabela 3. A composição das misturas mineral e vitamínica é a mesma citada nas Tabelas 4 e 5.

Os mesmos procedimentos utilizados para as dietas do primeiro ensaio, no que se refere à determinação de nitrogênio e estocagem, foram praticados com as dietas desse segundo ensaio.

Os animais utilizados apresentaram peso médio de 107,08 g (± 9,28g) e foram tratados do mesmo modo como descrito no item 3.3.2.

Tabela 6 - Composição das dietas controle e suplementadas com celulose ou goma guar para o segundo ensaio biológico (g/100 g dieta).

Componentes	Dietas Controle		Dietas Teste			
	1	2	3	4	5	6
Caseína	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Banha de Porco	0,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Óleo de Milho	10,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Mistura Mineral	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Mistura Vitamínica	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Celulose	0,0	0,0	10,0	20,0	0,0	0,0
Goma Guar	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	20,0
Amido de Milho		para completar 100%				

3.4.2. Coleta de Sangue/Fígado e Análises Bioquímicas

Assim como no primeiro ensaio biológico, as coletas sangüíneas foram realizadas durante o experimento. Neste ensaio, o sangue foi coletado no 1º dia (tempo 0) , no 15º dia (tempo 1), 30º dia (tempo 2), 45º dia (tempo 3) e 60º dia (tempo 4). O tratamento do sangue para obtenção do soro e as análises bioquímicas realizadas foram idênticas ao descrito no item 3.3.3.

Neste ensaio, os fígados de quatro animais/dietas foram retirados para a dosagem de colesterol total. A extração dos órgãos ocorreu no primeiro e último dia de experimento (T0 e T60). A técnica utilizada para a extração dos lipídios foi a de HAUG & HOSTMARK (1987), onde 0,5g de fígado fresco mais 5 mL de isopropanol foram triturados por 1 minuto. O extrato obtido foi mantido por 2 dias a uma temperatura de 4°C e posteriormente centrifugado por 10 minutos a 1000x g. As alíquotas dos sobrenadantes foram então analisadas enzimaticamente para colesterol total (HUANG et al., 1961), através de kit da Celm (Barueri - SP).

3.4.3. Parâmetros Nutricionais

Os mesmos parâmetros citados no item 3.3.4., ou seja, PER.op, QEA e curva de crescimento, foram também avaliados. Embora o segundo ensaio tenha tido duração de 60 dias, a determinação desses parâmetros foi realizada aos 30 dias de experimento.

Do 7º ao 14º dias de experimento, um grupo de seis ratos para cada dieta foi mantido em gaiolas metabólicas para coleta de fezes e urina, cujo nitrogênio foi determinado pelo método da AOAC (1975). O volume de dieta ingerida também foi registrado durante o período e a quantidade de nitrogênio ingerido foi determinada.

Portanto, através do ensaio metabólico, foram avaliados os seguintes índices:

a-) Peso e nitrogênio fecal. As fezes eliminadas pelos animais durante a semana de balanço, foram recolhidas. A seguir, foram secas em estufa à temperatura de 105°C e moídas, para determinação do peso seco e cálculo do teor de nitrogênio fecal e absorção de energia e gordura, cujos métodos serão descritos posteriormente.

b-) Nitrogênio urinário. Durante o período de balanço, a urina foi coletada em erlenmeyer contendo 10 mL de H₂SO₄ a 20%. Ao final do ensaio os volumes foram ajustados com água destilada e, posteriormente, o teor de nitrogênio das amostras foi determinado multiplicando-se o resultado pelo fator de diluição.

c-) Nitrogênio ingerido. A quantidade de dieta ingerida pelos ratos também foi registrada. E sobre esses valores obtidos, foi determinada a quantidade de nitrogênio ingerido para cada animal durante todo o período de balanço metabólico.

d-) Balanço de nitrogênio. Calculou-se a diferença entre a ingestão e a excreção de nitrogênio, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$BN = NI - (NF + NU)$$

Onde: BN = Balanço de nitrogênio

NI = Nitrogênio ingerido

NF = Nitrogênio fecal

NU = Nitrogênio urinário

e-) Digestibilidade aparente. Representa a porcentagem das proteínas da dieta que são hidrolisadas pelas enzimas gastrointestinais e que serão absorvidas como compostos nitrogenados. O seu cálculo pode ser representado pela seguinte fórmula:

$$Da = \frac{NI - NF}{NI} \times 100 = \frac{NA}{NI} \times 100$$

Onde: Da = Digestibilidade aparente

NI = Nitrogênio ingerido

NF = Nitrogênio fecal

NA = Nitrogênio absorvido

f-) Valor biológico aparente (operacional). A quantidade de nitrogênio absorvido que será retido pelo organismo. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$VBa(op.) = \frac{NI - (NF + NU)}{NI - NF} \times 100 = \frac{NR}{NA} \times 100$$

Onde: VBa (op.) = Valor biológico aparente

NI = Nitrogênio ingerido

NF = Nitrogênio fecal

NU = Nitrogênio urinário

NR = Nitrogênio retido

NA = Nitrogênio absorvido

g-) Quociente de utilização líquida da proteína (operacional). A quantidade de nitrogênio que é retido no organismo em relação àquele que foi ingerido. Pode ser calculado pela fórmula:

$$\text{NPU (op.)} = \frac{\text{NI} - (\text{NF} + \text{NU})}{\text{NI}} \times 100 = \frac{\text{NR}}{\text{NI}} \times 100$$

Onde: NPUop = Quociente de utilização líquida da proteína operacional.

NI = Nitrogênio ingerido

NF = Nitrogênio fecal

NU = Nitrogênio urinário

NR = Nitrogênio retido

h-) Absorção de gordura. A gordura das dietas ingeridas e fezes excretadas no período de balanço metabólico foi determinada pela técnica de BLIGH & DYER (1959), para se estimar a quantidade de gordura absorvida para cada animal, podendo ser assim calculado:

$$\text{Gabs} = \text{Gi} - \text{Gf}$$

Onde: Gabs = gordura absorvida

Gi = gordura ingerida (dieta)

Gf = gordura excretada nas fezes

i-) Absorção de energia (energia metabolizável). A energia das dietas ingeridas e fezes excretadas no período de balanço metabólico foi determinada utilizando o equipamento 1261 Automatic Isoperibal Bomb Calorimeter (Parr Instrument Co.), e pode ser descrito da seguinte forma:

$$E_{abs} = E_i - E_f$$

Onde: E_{abs} = energia absorvida/ metabolizável

E_i = energia ingerida (dieta)

E_f = energia excretada nas fezes

3.4.4. Tempo de Trânsito Intestinal

No último dia de ensaio foi determinado o tempo de trânsito intestinal com 4 animais/ dieta, utilizando a técnica já descrita no item 3.3.5.

3.4.5. Teste de Tolerância à Glicose (GTT)

Paralelamente ao segundo ensaio biológico, um teste de tolerância à glicose foi realizado com 15 animais normais, que apresentavam peso corporal médio de 216,97g ($\pm$ 11,84 g). Os animais foram divididos em três grupos com diferentes concentrações de goma guar (grupos G0; G20 e G40).

Após 24 horas de jejum, foi determinada a glicemia de cada rato através de amostras de sangue coletadas da veia caudal. A seguir, os animais foram intubados intragastricamente com uma solução de glicose (0,15g/Kg de peso corporal) com quantidades diferentes da

goma, ou seja, 0, 20 e 40 mg de goma guar, em um volume total de 4 mL de água destilada (conforme descrito em AREAS, 1994). Amostras de sangue foram coletadas da veia caudal aos 30, 60, 90 e 120 minutos após a sobrecarga oral da glicose. No sangue foi determinado a glicose sérica, através da fita Glucofilm.

3.5. TERCEIRO ENSAIO BIOLÓGICO

Através do segundo ensaio biológico, observou-se que em ratos normais ingerindo goma guar, os níveis séricos de glicose diminuíam no início do experimento. Entretanto, a partir do 45º dia, esses níveis começaram a se elevar, igualando-se às demais dietas ao término do experimento. Através desses resultados, optou-se por realizar um terceiro ensaio biológico com o objetivo principal de verificar se a goma guar também diminuiria os níveis séricos de glicose de ratos diabéticos até o término do experimento.

O diabetes foi desenvolvido da seguinte forma: após um período de jejum de 24 horas, cerca de 80 animais foram anestesiados com éter e submetidos a injeção de monidrato de aloxana (40 mg/kg de peso corporal dissolvida em solução salina) na veia dorsal do pênis (LAZAROW & PALAY, 1946). O pH da solução foi, previamente, ajustado para 4,5 com tampão citrato 0,01 molar. O controle do desenvolvimento do diabetes foi feito diariamente pela determinação do teor de glicose na urina através de fita glukotest. Uma vez estabelecido o diabetes, 20 animais foram selecionados tendo-se por referência a glicosúria superior a 300 mg/dL. Cinco desses animais foram separados para coleta de sangue controle (Tempo 0) e os demais, distribuídos ao acaso em grupos de 5 animais para cada dieta testada. Os animais apresentaram peso corporal médio de 239,84 g ($\pm 19,49$ g) e o ensaio teve duração de 30 dias. Para cada grupo foi oferecido dietas diferentes, cuja composição pode ser observada na Tabela 7.

3.5.1. Coleta de Sangue/Fígado e Análises Bioquímicas

No primeiro dia de experimento, cinco animais diabéticos, após jejum de 16 horas, foram sacrificados para coleta de sangue (punção cardíaca) e fígado, denominadas de amostras "Tempo 0". No sangue foram dosados colesterol total, triacilgliceróis, glicose, HDL e LDL-colesterol, cujos métodos já foram descritos no item 3.3.3. Nos fígados, foi dosado colesterol total, como descrito no item 3.4.2.

Semanalmente, os níveis de glicose sangüínea dos 15 animais que prosseguiram no experimento eram dosados. Após jejum de 16 horas, o sangue da veia caudal era coletado, e a glicemia determinada através de fitas glucofilm. Assim, a glicemia foi determinada nos dias 0, 7, 14, 21 e 28 de experimento. Já os demais parâmetros bioquímicos, foram também determinados ao final do ensaio (tempo 30).

Tabela 7 - Composição das dietas controle e suplementadas com goma guar para o terceiro ensaio biológico (g/100 g dieta).

Componentes	Dieta Controle	Dietas Teste	
		1	2
Caseína	15,0	15,0	15,0
Óleo de Milho	10,0	10,0	10,0
Mistura Mineral	3,5	3,5	3,5
Mistura Vitamínica	1,0	1,0	1,0
Goma Guar	0,0	10,0	20,0
Amido de Milho	para completar 100%		

3.5.2. Parâmetros Nutricionais

Os mesmos parâmetros citados no item 3.4.3., foram determinados com os ratos diabéticos.

3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O programa estatístico utilizado foi o SANEST desenvolvido pelo CIAGRI (Centro de Informática na Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" -USP - Campus de Piracicaba).

Para análise dos dados experimentais obtidos, aplicou-se a técnica de análise de variância, com utilização do teste F referente ao delineamento inteiramente casualizado adotado.

Para comparar as médias dos resultados obtidos em todos os ensaios, utilizou-se o teste de Tukey (PIMENTEL GOMES, 1982). Foi estabelecido $p < 0,05$ como nível de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA GOMA GUAR

4.1.1. Composição química

A composição centesimal da goma guar foi determinada para avaliar seu grau de pureza. Assim, o objetivo principal desta análise foi o de verificar se o material é rico em endosperma da semente (que é constituído de fibra solúvel pura) e livre de germe e casca. A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para a composição centesimal da goma.

Tabela 8 - Composição química da goma guar

Componentes*	%
Umidade	9,55
Proteína	2,16
Lipídios Totais	0,78
Cinza	0,54
Fibra Insolúvel	7,60
Fibra solúvel	75,00
Não determinado	4,37

* Média de três repetições.

Observando a Tabela 8, verifica-se que a goma guar utilizada neste trabalho apresentou um bom grau de pureza. O conteúdo de fibra solúvel obtido (75,0%) indica que o material analisado constitui-se basicamente de endosperma da semente. Provavelmente, os teores encontrados para fibra insolúvel (7,60%) e proteína (2,16%) se deva à resíduos de casca e germe presentes no material analisado.

GOLDSTEIN & ALTER (1959), única referência encontrada para comparação, verificaram que o endosperma da semente de guar (onde a goma está presente) apresentava 5% de proteína ($N \times 6,25$), 0,6% de gordura, 0,6% de cinza, 10% de umidade e 1,5% de fibra bruta. Esses resultados são semelhantes aos apresentados por este trabalho, embora a quantidade de proteína encontrada por esses autores tenha sido significativamente maior. Além disso, o método para determinação de fibra utilizado por eles foi o de fibra bruta, que avalia o teor de fibra insolúvel, diferente do método utilizado por nós, que determina as frações solúvel e insolúvel.

4.1.2. Granulometria

A Tabela 9 apresenta os resultados referentes à granulometria da goma guar. Observando os dados obtidos, verifica-se que 98,61% das partículas ficou retido entre o coletor e a peneira de 80 mesh. Isto indica que o material analisado é constituído, basicamente, de partículas de tamanho pequeno (menores que 200 μm). Somente 1,28% das partículas ficaram retidas entre as peneiras 32 e 60, indicando que o material contém pouquíssimas partículas de tamanho médio (200 a 500 μm). O fato de nenhum material ter ficado retido entre as peneiras 10 e 20, mostra que a goma analisada é isenta de partículas de tamanho grande (maiores que 800 μm).

Segundo DREHER (1987), fibras constituídas de partículas pequenas apresentam uma maior capacidade de ligarem-se à ácidos biliares, o que é benéfico para pacientes hipercolesterolêmicos e será discutido posteriormente neste trabalho. Entretanto, o aumento

no volume fecal proporcionado por essas fibras é menor quando comparado com aquele proporcionado por fibras constituídas de partículas de tamanho maior.

Tabela 9 - Granulometria da goma guar.

Mesh	Abertura (mm)	% de retenção
10	1,680	0
14	1,190	0
20	0,840	0
32	0,500	0,34
60	0,250	0,94
80	0,177	1,42
100	0,149	4,39
Coletor	-	92,80

4.1.3. Viscosidade

A goma guar mostrou possuir uma viscosidade extremamente alta em relação à pectina ($p < 0,05$). A Figura 2 mostra que nas condições utilizadas para o ensaio, a goma guar apresentou uma viscosidade de 8 a 10 vezes maior que a da pectina.

Embora alguns estudos possam confirmar esses resultados, comparações diretas entre os trabalhos são difíceis de serem realizadas devido às diferentes preparações das fibras usadas, diferentes concentrações, análises e técnicas de determinação. Assim, JENKINS et al. (1978) verificaram que a goma guar era a fibra mais viscosa em relação a outras fibras como a goma tragacanta, pectina e metilcelulose. A goma guar, neste estudo, mostrou possuir uma viscosidade cerca de 7 vezes maior que a da pectina.

Segundo EDWARDS et al. (1987) a alta viscosidade de certas fibras solúveis proporciona uma taxa de digestão e absorção de nutrientes mais lenta, principalmente de carboidratos. Assim, desde que a goma guar apresentou uma viscosidade nitidamente superior a da pectina, parece razoável afirmar, que ela teria um efeito muito maior sobre a inibição da absorção de glicose "in vivo".

Através da Figura 2 observa-se também que a viscosidade tanto da goma guar como da pectina foi influenciada pelo pH da solução. Em pH ácido (3,0), a viscosidade de ambas as fibras foi menor ($p < 0,05$) quando comparado com a solução a pH 8,0. Segundo GOYCOOLEA et al. (1995) o pH alto faz com que os grupos hidroxílicos da estrutura molecular tornem-se ionizados, convertendo polissacarídeos neutros à polieletrólitos. Isto teria o efeito de expandir as dimensões moleculares pela repulsão eletrostática molecular, e, portanto, um aumento da viscosidade das soluções é esperado. Desse modo, pode-se deduzir que das duas fibras analisadas, a goma guar teria uma capacidade maior de aumentar a viscosidade dos conteúdos gástricos e, principalmente, do intestino delgado já que as secreções intestinais possuem pH alto. Isto, possivelmente, influenciaria a absorção de nutrientes. Com relação ao intestino grosso, parece não haver nenhum aumento na viscosidade aparente. Segundo BLACKBURN & JOHNSON (1981), provavelmente, isto ocorreria devido à degradação da fibra viscosa pela ação da microflora presente.

As Figuras 3 e 4 mostram que as soluções de goma e pectina comportaram-se de modo não-newtoniano, sendo que a viscosidade aparente de ambas relacionou-se inversamente com a taxa de deformação. Através dos reogramas, observa-se claramente que com o aumento da taxa de deformação, a viscosidade de ambas as fibras foi reduzida ($p < 0,05$). CAMERON-SMITH et al. (1994) determinando a viscosidade de fibras solúveis como as gomas xantana, guar e metilcelulose, verificaram também que todas elas exibiam um comportamento não-newtoniano em solução, quando submetidas ao stress de deformação, embora as condições de ensaio tenham sido diferentes das utilizadas neste trabalho.

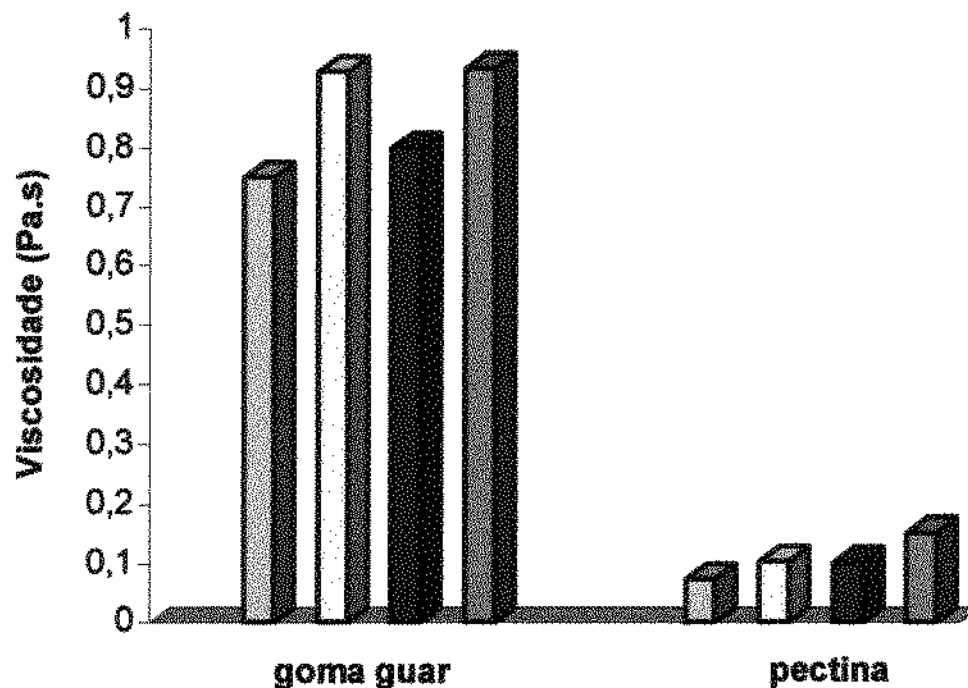


Figura 2 - Viscosidade média aparente (Pa.s) de soluções de goma guar e pectina (1%) a 36°C, utilizando taxas de deformação variando de 0-50 1/s.

■ soluções com 15 minutos de hidratação a pH 3,0 ; □ soluções com 30 minutos de hidratação a pH 3,0 ; ■ soluções com 15 minutos de hidratação a pH 8,0 ; ■ soluções com 30 minutos de hidratação a pH 8,0

Outro aspecto a ser observado também nestas figuras é o fato de ambas as fibras exibirem maior viscosidade quando submetidas a um maior tempo de hidratação, sugerindo que um fator importante para otimizar a eficácia da goma guar seria o grau de hidratação. Em ensaios "in vivo", como realizados neste trabalho e discutidos posteriormente, a goma não hidratada foi misturada à dieta dos animais, levando-nos a deduzir, portanto, que a viscosidade máxima ocorreu após um certo tempo de ingestão da dieta, mais precisamente quando o bolo alimentar entrou em contato com os sucos gástrico e intestinais, tornando-se mais hidratado.

No ensaio de viscosidade “in vitro”, a taxa de viscosidade máxima (3,64 Pa.s) foi obtida com a solução de goma guar a pH 8,0, submetida a um tempo de hidratação de 30 minutos, mostrando-nos mais uma vez a importância de um tempo maior de hidratação e indicando que a viscosidade máxima das fibras solúveis ocorre, provavelmente, quando de sua chegada no duodeno ($\text{pH} \approx 8,0$), onde se processa grande parte da absorção dos nutrientes.

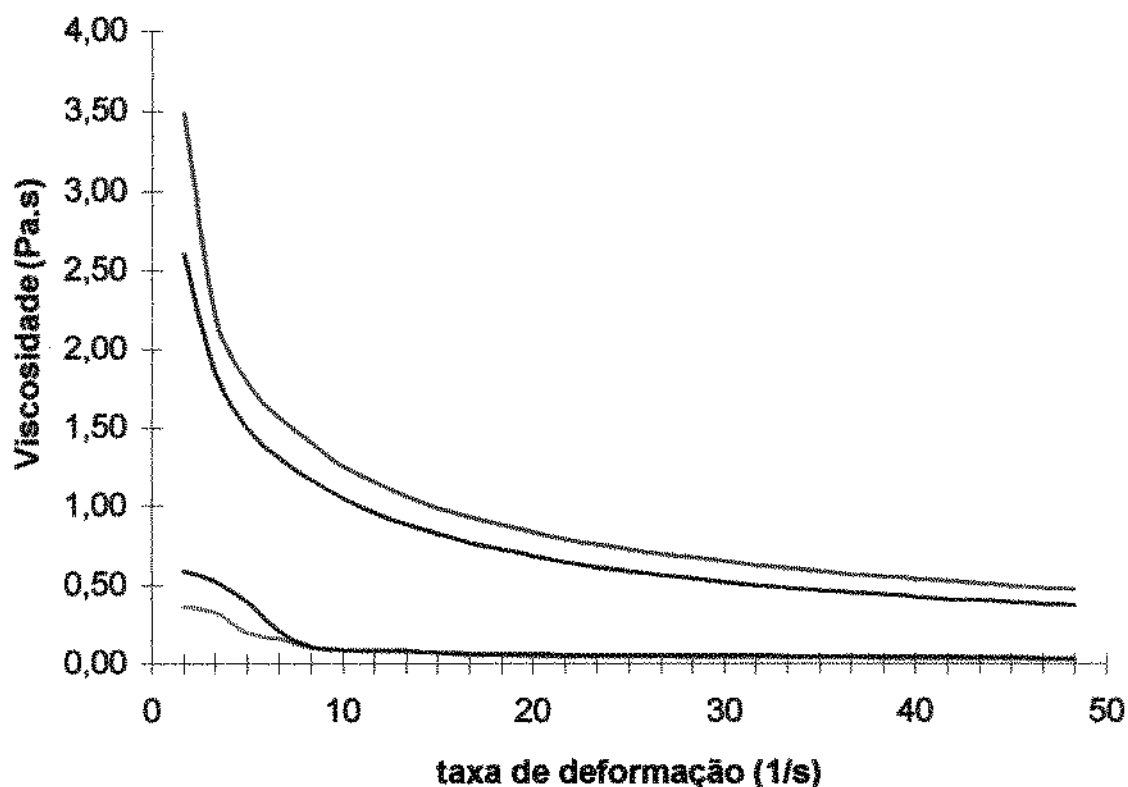


Figura 3 - Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade de soluções de goma guar e pectina em pH 3,0 :

— goma guar hidratada por 15 minutos; pectina hidratada por 15 minutos;
 — goma guar hidratada por 30 minutos; — pectina hidratada por 30 minutos;

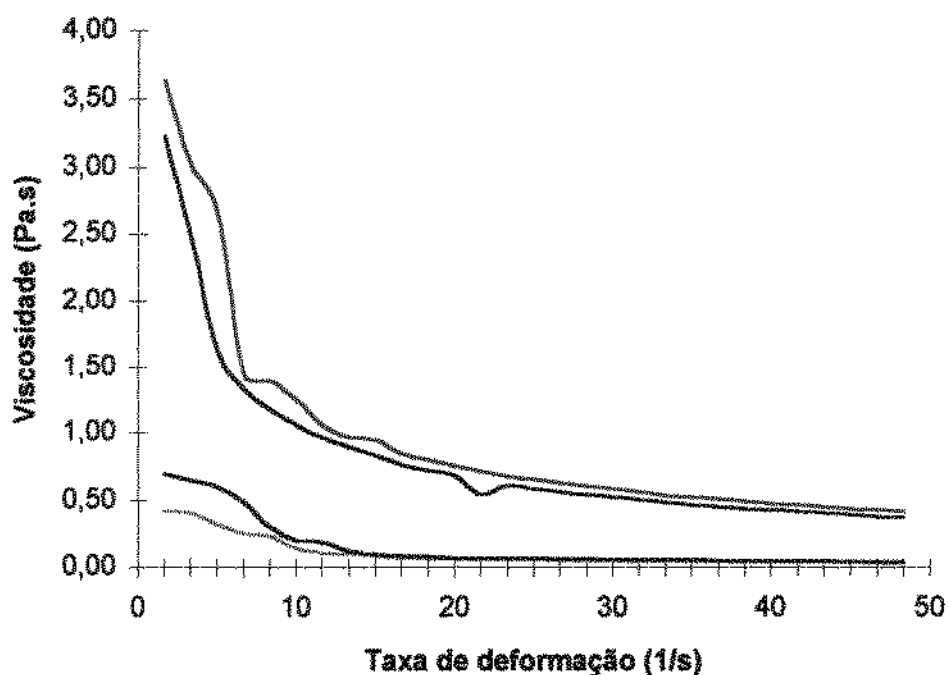


Figura 4 - Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade de soluções de goma guar e pectina em pH 8,0:

— goma guar hidratada por 15 minutos; — pectina hidratada por 15 minutos;
 — goma guar hidratada por 30 minutos; — pectina hidratada por 30 minutos.

4.2. PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO

4.2.1. Análises Bioquímicas

As Figuras 5, 6, 7, 8 e 9 mostram o efeito de cada dieta testada sobre os níveis séricos de colesterol, triacilgliceróis, HDL-colesterol, LDL-colesterol e glicose nos animais experimentais, em função do tempo de ensaio.

Com relação ao nível de colesterol sérico, observa-se na Figura 5 que durante a primeira semana de ensaio somente os animais alimentados com a dieta 3 apresentaram uma redução

na taxa de colesterol. Entretanto, a partir da segunda semana, o que se verifica é a redução significativa dos níveis de colesterol em todos os animais alimentados com dietas contendo goma guar, principalmente nos casos das dietas 5 e 6. As reduções ocorreram por até 15% em relação à dieta 1 (controle).

Quanto à taxa de triacilgliceróis séricos, a Figura 6 mostra que os animais alimentados com as dietas 5 e 6 apresentaram os menores valores durante todo o ensaio ($p < 0,05$), seguidos pelos animais da dieta 4. As demais dietas não diferiram significativamente do controle.

Os resultados obtidos para colesterol e triacilgliceróis estão, em parte, de acordo com aqueles publicados por SARATHY & SARASWATHI (1983) e KRITCHEVSKY et al., (1988), os quais verificaram que a ingestão de goma guar proporcionou redução significativa dos níveis séricos de colesterol em ratos, enquanto que os triacilgliceróis permaneceram inalterados. Entretanto, MAZUR et al. (1990) observaram redução do nível de triacilgliceróis, bem como do colesterol sérico de ratos alimentados com 5% de goma guar. Ainda DURRINGTON et al. (1976), BEHALL et al. (1984) e ILLMAN et al. (1991), verificaram, em ratos e humanos, que a ingestão de fibras solúveis reduziu significativamente os níveis de colesterol sérico.

A Figura 7 apresenta os níveis séricos de HDL- colesterol de animais alimentados com as dietas controle e experimentais. Pode-se observar que a partir da terceira semana de ensaio, os níveis começaram a se elevar ($p < 0,05$) em relação à dieta controle. Nota-se também que ao final do experimento, os níveis de HDL-colesterol de animais alimentados com goma guar estavam em ascensão, levando-nos a deduzir que se prolongássemos o ensaio, provavelmente, os valores finais seriam maiores. O inverso ocorreu com as taxas de LDL-colesterol (Figura 8), que foram reduzidas a partir da terceira semana de ensaio, diferindo significativamente da dieta controle ($p < 0,05$).

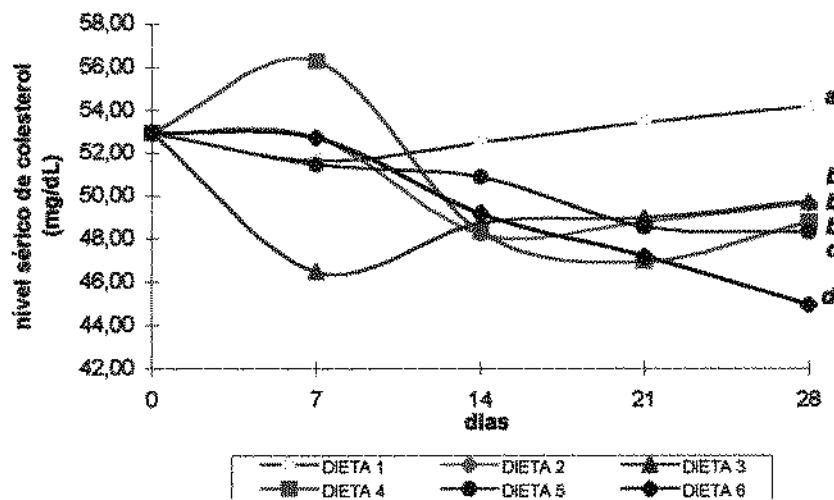


Figura 5 - Níveis séricos de colesterol (mg/dL) em ratos machos "Wistar" durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde a dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = 2% goma guar; dieta 3 = 4% goma guar; dieta 4 = 6% goma guar; dieta 5 = 8% goma guar; dieta 6 = 13% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

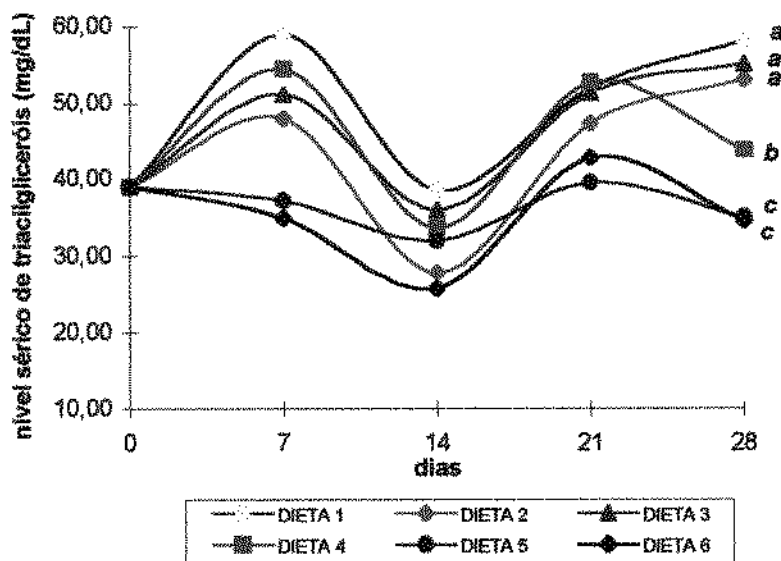


Figura 6 - Níveis séricos de triacilgliceróis (mg/dL) em ratos "Wistar" durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde a dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = 2% goma guar; dieta 3 = 4% goma guar; dieta 4 = 6% goma guar; dieta 5 = 8% goma guar; dieta 6 = 13% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

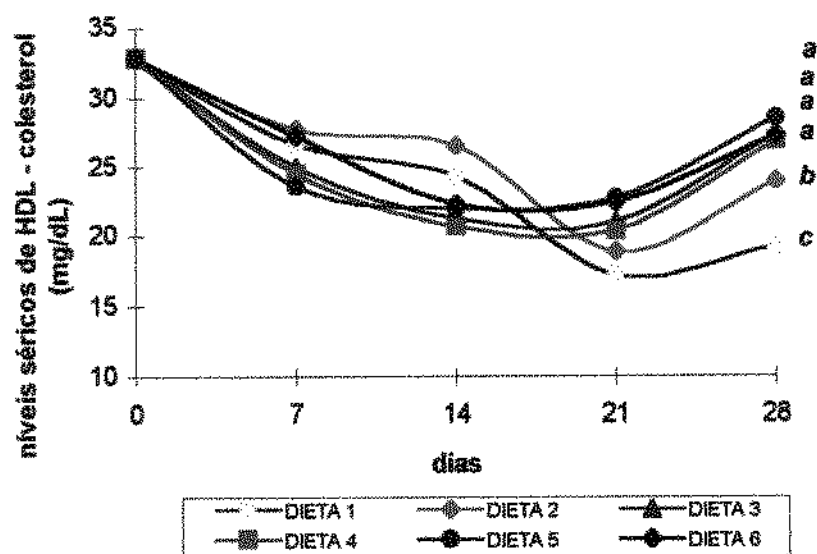


Figura 7 - Níveis séricos de HDL - colesterol em ratos "Wistar" durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde a dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = 2% goma guar; dieta 3 = 4% goma guar; dieta 4 = 6% goma guar; dieta 5 = 8% goma guar; dieta 6 = 13% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Esses resultados mostram que a redução dos níveis de colesterol total ocorreu, concomitantemente com a redução dos níveis de LDL-colesterol. Alguns estudos confirmam os resultados, aqui descritos, mostrando que algumas fibras solúveis podem baixar, seletivamente, a LDL-colesterol (TURNER et al., 1990; UBEROI et al., 1992).

Entretanto, em alguns trabalhos, a taxa de HDL-colesterol parece não ser afetada (SCHNEEMAN et al., 1984), diferindo dos resultados desta pesquisa. KOO & STANTON (1981) verificaram em ensaios de 6 e 15 semanas de duração que ratos consumindo dietas com pectina e goma guar apresentaram um decréscimo no colesterol sérico total (32% e 36%, respectivamente), devido, principalmente, a uma redução seletiva da concentração da lipoproteína de alta densidade (HDL). No caso da pectina, houve ainda um aumento significativo da taxa de LDL-colesterol.

Inúmeros estudos relatam uma relação inversa entre o nível de colesterol HDL e o risco de doenças cardiovasculares (MILLER & MILLER, 1975; GORDON et al., 1977). A concentração elevada de HDL plasmático pode exercer um efeito anti-aterogênico (CAREW et al., 1976). Altos níveis de HDL promovem uma remoção mais eficiente do colesterol presente nos tecidos periféricos, principalmente na parede arterial, conduzindo-o ao fígado para catabolismo e excreção. Em contraste, baixos níveis de HDL poderiam levar a um acúmulo excessivo do colesterol no tecido (MILLER & MILLER, 1975).

Portanto, sob a luz de estudos que enfatizam a importância de altas concentrações de HDL como um fator de redução do risco de doenças das coronárias, os resultados desta pesquisa mostram que a goma guar pode elevar a concentração de HDL-colesterol e reduzir a de LDL-colesterol, indicando que essa fibra solúvel pode ter efeitos benéficos quando incluída na dieta de indivíduos hipercolesterolêmicos.

Com relação aos níveis séricos de glicose, pode-se observar através da Figura 9 que não houve diferenças significativas entre as dietas testadas, indicando que a quantidade de até 13% de goma guar foi insuficiente para reduzir os níveis de glicose sérica nos ratos. Entretanto, apesar desses resultados não terem sido significativos, a Figura 9 mostra que as dietas com uma concentração maior que 6% de goma guar, apresentaram uma tendência de redução da glicemia. Estudos com fibras solúveis como os de RAY et al. (1983), HAMBERG et al. (1989), ODA et al. (1993) e CAMERON-SMITH et al. (1994) mostram também que, dependendo da concentração da fibra na dieta, a redução do nível de glicose no sangue de animais experimentais e humanos pode ocorrer de forma bastante significativa.

Através das análises bioquímicas realizadas, verificou-se, que os melhores resultados foram obtidos com as dietas contendo goma guar na concentração de 8% ou mais. Além disso, pôde-se observar que os resultados poderiam ter sido ainda mais satisfatórios caso o experimento fosse prolongado. Assim, decidiu-se realizar um segundo ensaio com maior tempo de duração e com uma concentração mais elevada de goma. Este ensaio será discutido posteriormente.

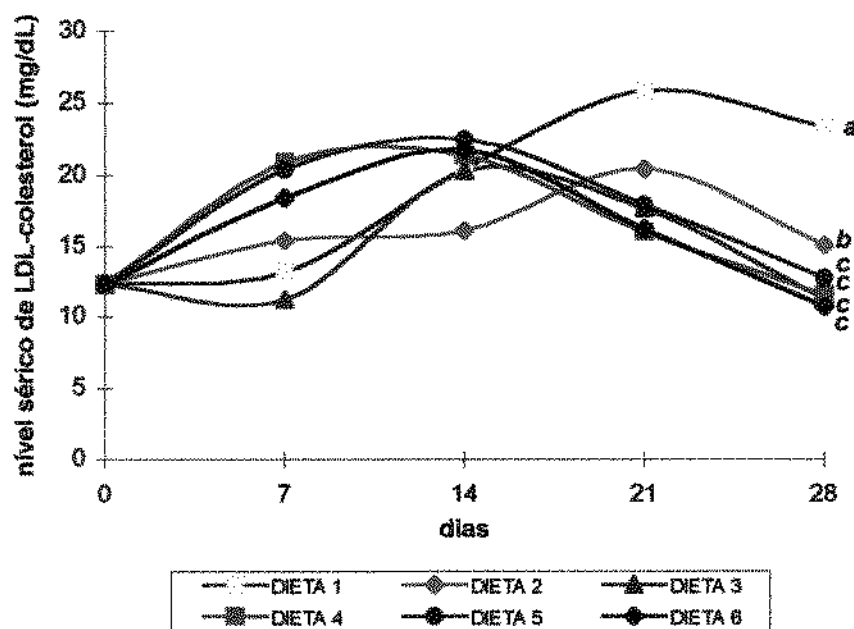


Figura 8 - Níveis séricos de LDL - colesterol (mg/dL) em ratos "Wistar" durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde a dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = 2% goma guar; dieta 3 = 4% goma guar; dieta 4 = 6% goma guar; dieta 5 = 8% goma guar; dieta 6 = 13% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

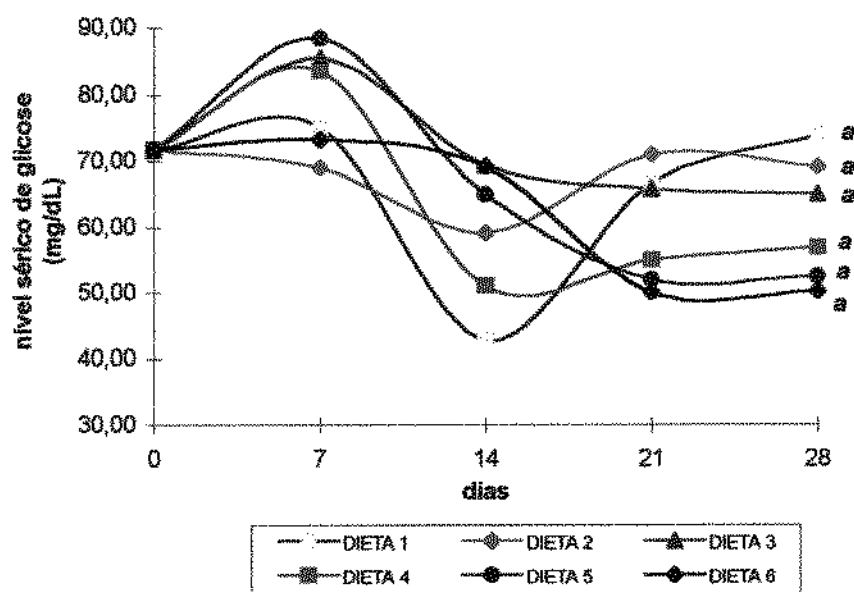


Figura 9 - Níveis séricos de glicose (mg/dL) em ratos “Wistar” durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde a dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = 2% goma guar; dieta 3 = 4% goma guar; dieta 4 = 6% goma guar; dieta 5 = 8% goma guar; dieta 6 = 13% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

4.2.2. Parâmetros Nutricionais

a) Ingestão de dieta

A Figura 10 apresenta o consumo total de dieta pelos ratos, durante os 28 dias de ensaio. Pode-se observar que os animais da dieta 6 apresentaram uma menor taxa de ingestão em relação às demais dietas, seguidos pelos ratos da dieta 5 ($p < 0,05$), demonstrando claramente o efeito da goma guar sobre a regulação do apetite. Segundo KROTKIEWSKI (1984), fibras solúveis e muito viscosas podem reduzir o consumo de alimentos devido, principalmente, aos seus efeitos sobre o tempo de esvaziamento gástrico. O aumento da

viscosidade dos conteúdos gástricos produzidos pelo caráter hidrofílico de certas fibras, como as gomas, faz com que a taxa de esvaziamento gástrico seja mais lenta, aumentando a saciedade e, conseqüentemente, diminuindo a ingestão de alimentos.

Outros autores também observaram, em animais e em humanos, o efeito de saciedade proporcionado pela ingestão de fibras de diversas fontes na dieta (HABER et al., 1977; BOLTON et al., 1981; DUNCAN et al., 1983), embora existam trabalhos onde a redução da ingestão alimentar em função da presença de fibras não ocorreu (DURRANT & ROYSTON, 1978; ROSSNER et al., 1985).

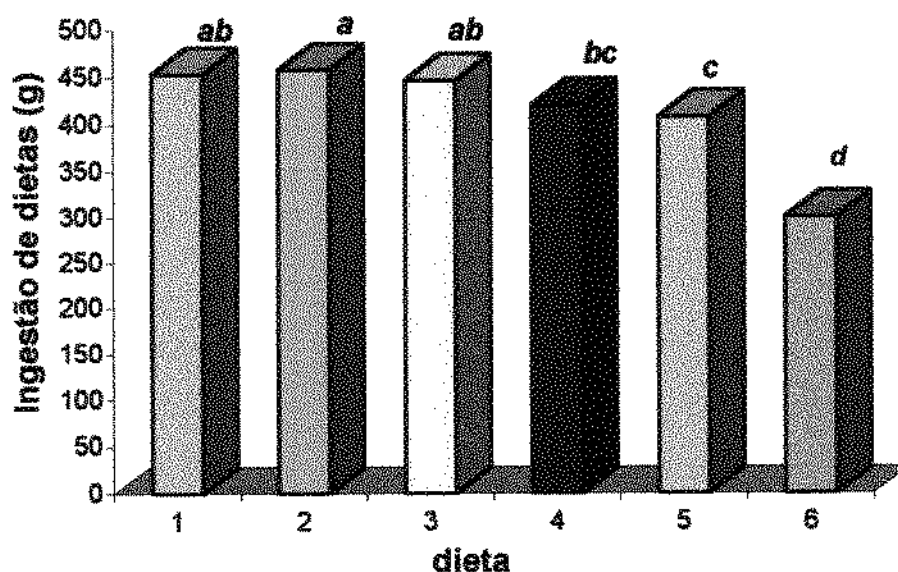


Figura 10 - Ingestão total de dieta (g) pelos ratos machos "Wistar" durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde: dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = 2% goma guar; dieta 3 = 4% goma guar; dieta 4 = 6% goma guar; dieta 5 = 8% goma guar; dieta 6 = 13% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

b) Ganho de peso corporal

Na Figura 11 encontram-se as variações de peso corporal dos ratos alimentados com as seis dietas experimentais. A curva de evolução ponderal inicia-se com o peso dos animais no início do experimento (dia 0), quando os animais estavam com 30 dias de vida, e segue até o 28o dia, quando o ensaio foi encerrado. Por esta figura, observa-se que os animais da dieta 6 apresentaram uma redução de peso significativa em relação aos demais, apresentando uma diminuição no ganho de peso de até 60%. Os animais das dietas 4 e 5 também apresentaram menor ganho de peso ($p < 0,05$) em relação aos animais das dietas 1, 2 e 3, mas diferiram significativamente dos animais da dieta 6.

A redução do peso corporal provavelmente ocorreu, devido ao menor consumo de dieta verificado para os animais que se alimentaram com mais de 6% de goma guar. Além disso, as alterações no metabolismo de nutrientes (como as reduções de colesterol e triacilgliceróis séricos discutidos no item 4.2.1.) proporcionados pelo consumo da goma, poderiam, possivelmente, resultar em menor ganho de peso.

Os resultados encontrados, ainda que verificados em ratos, são corroborados por aqueles relatados por EVANS & MILLER (1975) que observaram redução do peso corporal em humanos obesos alimentados com goma guar e metilcelulose. Outros pesquisadores como MICKELSON et al. (1979) e RYTTIG et al. (1985) trabalhando com metilcelulose e fibra cítrica e de cereais, respectivamente, também verificaram redução de peso nos indivíduos que se submeteram ao estudo.

c) Quociente de eficiência protéica (PER) e Quociente de eficiência alimentar (QEA)

O efeito da ingestão de goma guar sobre o PER e QEA pode ser observado na Tabela 10. Verificou-se que os animais ingerindo goma guar não apresentaram diferenças significa-

tivas em relação ao quociente de eficiência protéica quando comparados com o grupo controle, embora o grupo consumindo a dieta 6 tenha apresentado um valor menor de PER (1,95). Quanto ao quociente de eficiência alimentar, observou-se que os animais da dieta 6 apresentaram uma redução significativa ($p < 0,05$), e isto pode ter ocorrido como consequência do menor ganho de peso e consumo de dieta por este grupo.

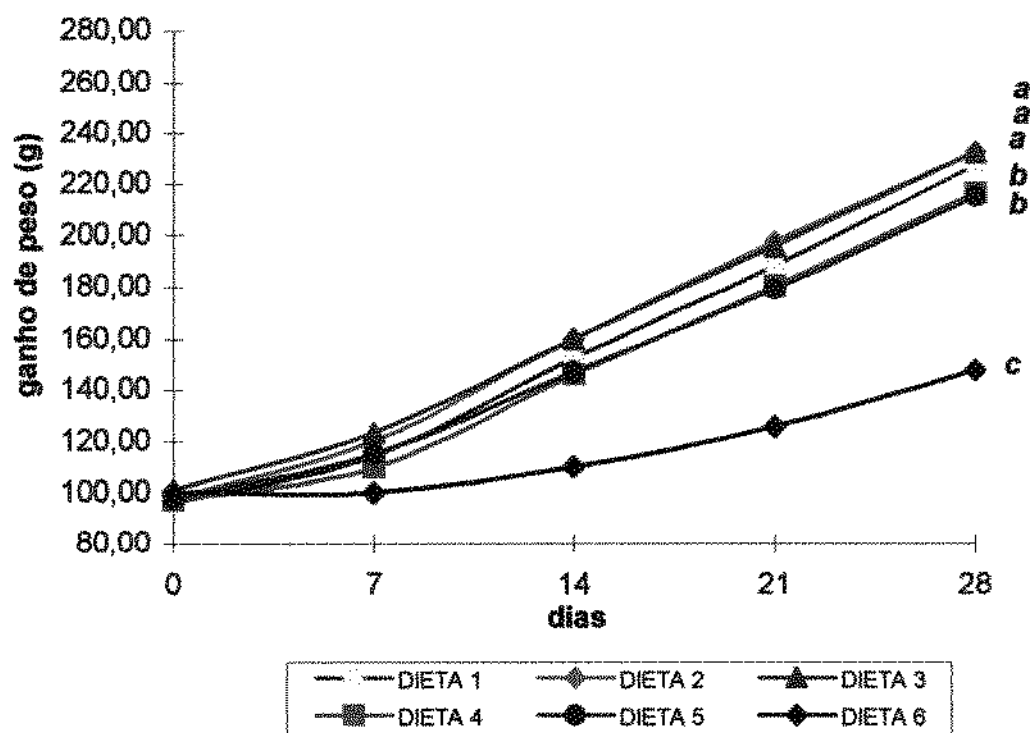


Figura 11 - Ganho em peso (g) de ratos machos "Wistar" durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde a dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = 2% goma guar; dieta 3 = 4% goma guar; dieta 4 = 6% goma guar; dieta 5 = 8% goma guar; dieta 6 = 13% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Tabela 10 - Quociente de Eficiência Protéica (PER) e Quociente de Eficiência Alimentar (QEA) de ratos machos “Wistar” durante 28 dias de ensaio biológico.

Dietas	PER	QEA
1	2,22 ± 0,19 ^a	0,29 ± 0,025 ^a
2	2,17 ± 0,16 ^a	0,29 ± 0,022 ^a
3	2,16 ± 0,17 ^a	0,29 ± 0,024 ^a
4	2,10 ± 0,27 ^a	0,28 ± 0,038 ^a
5	2,07 ± 0,20 ^a	0,28 ± 0,028 ^a
6	1,95 ± 0,66 ^a	0,16 ± 0,053 ^b

Valores médios ± desvio padrão de 8 animais por dieta, onde 1 = 0% goma guar; 2 = 2% goma guar; 3 = 4% goma guar; 4 = 6% goma guar; 5 = 8% goma guar e 6 = 13% goma guar. Os valores com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ($p < 0,05$).

4.2.3. Trânsito Intestinal

A técnica utilizada neste trabalho para determinação do efeito da ingestão de goma guar sobre o trânsito intestinal dos ratos, além de avaliar a % de trânsito, possibilitou a medição do comprimento total dos intestinos dos animais. Assim, através da Tabela 11, observa-se que o comprimento total dos intestinos dos ratos alimentados com as dietas contendo uma quantidade maior de goma (8 e 13%) foi significativamente maior do que nos demais grupos. Verifica-se também que a dieta 6, contendo 13% de goma, proporcionou um trânsito intestinal mais lento ($p < 0,05$) do que a dieta controle, não diferindo, entretanto, das demais dietas.

Segundo MONGEAU et al. (1990), os efeitos sobre o sistema gastrointestinal proporcionados pelas fibras estão relacionados com suas características físico-químicas, assim como sua fermentação e capacidade de retenção de água. No caso da goma guar, provavelmente, a sua grande capacidade de retenção de água e de hidratação, faz com que haja um atraso no esvaziamento gástrico, criando um ambiente viscoso no intestino delgado e causa assim, um aumento na espessura da camada estacionária líquida, o que dificulta a difusão de macronutrientes e prolonga o trânsito intestinal (BIJLANI, 1985 ; ROBERFROID, 1993). JENKINS et al. (1978) também observaram uma correlação significativa entre o tempo de trânsito (TT) e a viscosidade de algumas fibras. Entre elas, goma tragacanta, guar e pectina atrasaram o tempo de trânsito, enquanto que metilcelulose e farelo de trigo aceleraram o TT.

O tamanho da partícula é também uma das características da fibra que se relaciona com o tempo de trânsito intestinal. Segundo DREHER (1987) fibras constituídas de partículas grandes aceleram o tempo de trânsito e aumentam o volume fecal. Assim, o fato da goma guar ser composta praticamente de partículas de tamanho pequeno ($< 200 \mu\text{m}$), provavelmente, teve influência no atraso do trânsito intestinal e no menor volume fecal observado em ensaios que serão descritos posteriormente, embora somente o grupo que consumiu uma quantidade de goma maior (13%) tenha apresentado resultado significativo em relação ao controle.

Com relação ao aumento observado no comprimento do intestino dos animais dos grupos 5 e 6, uma possível explicação seria a de que a presença da goma no intestino agiria como um estímulo para a secreção de um ou mais hormônios gastrointestinais com atividade trófica. Das muitas possibilidades, a gastrina, segundo JOHNSON et al. (1984) teria um papel particularmente bem estabelecido como um estimulante do crescimento do estômago e duodeno, embora sua importância no restante do intestino delgado seja incerta. Outro hormônio identificado como sendo mediador dos efeitos citados seria o enteroglucagon, conhecido como um fator de crescimento da mucosa intestinal, sendo que um dos mediadores para se ativar esse mecanismo hormonal seria a presença dos ácidos graxos de cadeia curta, produzidos durante a fermentação da fibra (JOHNSON et al., 1988 e LUPTON

et al., 1988). ROEDIGER (1980) sugere também que o ácido butírico, produto da fermentação das fibras seria um importante componente do metabolismo intermediário do epitélio colônico, sendo o principal “combustível” para as células epiteliais, o que promoveria uma hiperplasia da mucosa intestinal, já que a presença de uma grande quantidade de butirato aceleraria a proliferação dessas células.

Tabela 11 - Comprimento total do intestino delgado e porcentagem de trânsito intestinal de ratos machos “Wistar” alimentados com dietas marcadas com carvão vegetal, durante o primeiro ensaio biológico.

Dietas	Comprimento Total do Intestino Delgado (cm)	% Trânsito* Intestinal
1	94 ± 3 ^b	86 ± 1 ^a
2	98 ± 6 ^b	81 ± 4 ^{ab}
3	88 ± 4 ^c	82 ± 5 ^{ab}
4	94 ± 4 ^b	81 ± 2 ^{ab}
5	103 ± 2 ^a	81 ± 2 ^{ab}
6	102 ± 7 ^a	74 ± 5 ^b

(*) é a % do intestino que foi percorrida pela dieta marcada com carvão.

Valores médios ± desvio padrão de 4 animais por dieta, onde 1 = 0% goma guar; 2 = 2% goma guar; 3 = 4% goma guar; 4 = 6% goma guar; 5 = 8% goma guar e 6 = 13% goma guar. Os valores com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente ($p < 0,05$).

4.3. Segundo Ensaio Biológico

Como justificado no item 3.4., foi realizado um segundo ensaio biológico cujos resultados serão apresentados e discutidos a seguir.

4.3.1. Análises Bioquímicas

a) Análises sorológicas

Através das Figuras 12, 13, 14, 15 e 16 pode-se observar o efeito de cada dieta sobre os níveis séricos de colesterol, triacilgliceróis, HDL e LDL-colesterol e glicose nos animais experimentais, em função dos 60 dias de ensaio.

Avaliando os resultados obtidos para colesterol sérico (Figura 12) verifica-se que a inclusão de uma dieta controle (dieta 1) sem a adição de banha de porco esclareceu nossas dúvidas a respeito de que a banha (utilizada nas demais dietas) realmente conseguiu elevar o nível de colesterol no soro dos animais. Isto fica evidente quando comparamos as dietas controles 1 e 2 e verificamos que o nível de colesterol sérico foi maior ($p < 0,05$) em ratos consumindo a dieta 2. Portanto, isso leva-nos a acreditar que nos animais consumindo as demais dietas contendo banha (dietas 3, 4, 5 e 6), o nível sérico de colesterol também elevou-se significativamente em relação à dieta 1. Entretanto, o que se observa é que as dietas com goma guar (5 e 6), em relação às demais, diminuíram significativamente o colesterol sérico nos ratos após 15 dias de alimentação, sendo que os níveis permaneceram baixos até o término do ensaio. Além disso, observa-se também que embora as dietas com celulose fossem significativamente diferentes daquelas contendo goma guar, os níveis séricos de colesterol dos ratos alimentados com essas dietas foram semelhantes à dieta controle 1 a partir do 30º dia de ensaio, indicando que a celulose também reduziu o colesterol, porém, de forma menos

significativa que as dietas com goma guar. Esses resultados são corroborados por aqueles relatados por KAY & TRUSWELL (1977); SIMONS et al. (1982); ANDERSON et al. (1984) e NISHINA et al. (1991), os quais verificaram, em humanos e animais experimentais, redução dos níveis de colesterol após ingestão de fibras solúveis como pectina, goma guar e aveia. Outros autores como CHEN et al. (1981) e JUDD & TRUSWELL (1985) observaram também uma redução significativa do colesterol sérico de ratos alimentados com fibras solúveis, quando comparados com outros animais ingerindo uma dieta controle contendo celulose.

Na Figura 13 verifica-se que as dietas contendo goma guar reduziram ($p < 0,05$) os níveis de triacilgliceróis a partir do 15º dia de ensaio, diferindo, desse modo, das demais dietas. As dietas com celulose igualaram-se aos controles e observa-se claramente a tendência da dieta controle 2 em elevar o nível de triacilgliceróis, diferindo de modo significativo da dieta controle 1. Isso provavelmente ocorreu, devido à presença da banha de porco na dieta 2. Em muitos estudos, a mudança no nível de triacilgliceróis parece não ocorrer de forma significativa (VAHOUNY et al., 1980 ; KRITCHEVSKY et al., 1988). Contudo, ARO et al. (1981) e JUDD & TRUSWELL (1982), trabalhando com goma guar e pectina, respectivamente, verificaram um aumento na taxa de triacilgliceróis plasmático em humanos, embora o nível de colesterol tivesse sido diminuído. Entretanto, os resultados desta pesquisa indicam que a goma guar, nas concentrações de 10 e 20%, pode baixar os níveis séricos de triacilgliceróis, o que pode ser altamente benéfico para pacientes com hipertrigliceridemia.

Com relação aos níveis de HDL e LDL - colesterol (Figuras 14 e 15, respectivamente), observa-se também uma diferença significativa entre as dietas controle 1 e 2. A dieta 1, livre de banha de porco, aumentou significativamente os níveis de HDL - colesterol e reduziu a LDL - colesterol, ao contrário da dieta 2, mostrando mais uma vez uma possível influência da adição da banha de porco na dieta. Quando se analisou os resultados para as demais dietas, verificou-se que aquelas acrescidas de goma guar proporcionaram a partir do 15º dia de

ensaio valores significativamente maiores de HDL - colesterol e menores de LDL, diferindo das dietas com celulose. Esses resultados se assemelham àqueles obtidos no primeiro ensaio (discutidos no item 4.2.1) e reforça a tese de que a goma guar pode ser um adjunto terapêutico no tratamento de indivíduos hipercolesterolêmicos. Além disso, através das análises realizadas, foi também possível verificar que a goma guar aumentou favoravelmente o quociente HDL/LDL, diferindo significativamente das demais dietas. As dietas 5 e 6, apresentaram um quociente de 3,94 e 3,80, respectivamente, ao passo que nas dietas com celulose, o quociente ficou em torno de 2,75, não diferindo da dieta controle 1, cujo quociente foi de 3,00. Observou-se também que todas as dietas diferiram da dieta controle 2 ($p < 0,05$), que apresentou o menor quociente de 1,30. Alguns estudos com aveia mostram também reduções favoráveis no quociente LDL/HDL (KIRBY et al., 1981 e TURNBULL & LEEDS, 1987), enquanto outros, confirmando nossos resultados, mostram um aumento, também favorável, do quociente HDL/LDL (HOAGLAND, 1989 e NISHINA et al., 1991).

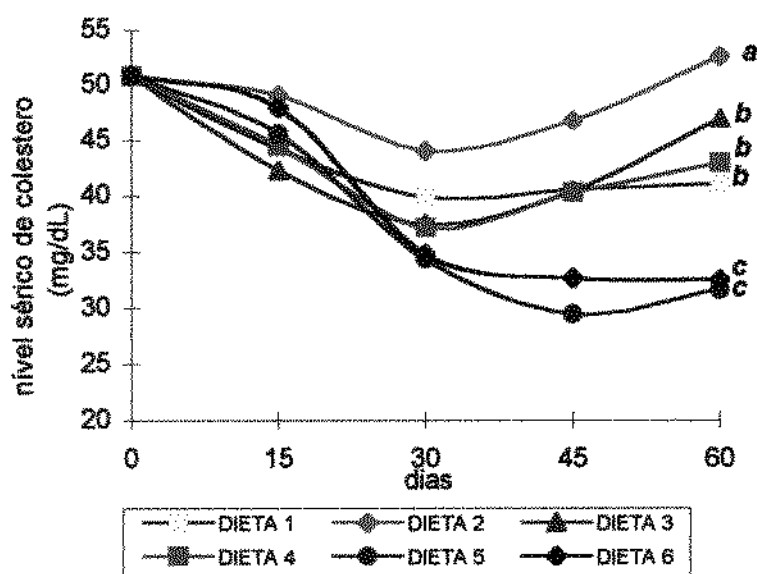


Figura 12 - Níveis séricos de colesterol (mg/dL) em ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.

(*) Onde: dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = controle com banha de porco; dieta 3 = 10% celulose; dieta 4 = 20% celulose; dieta 5 = 10% goma guar; dieta 6 = 20% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Quanto aos níveis de glicose, a Figura 16 mostra uma redução nos ratos alimentados com goma guar (10 e 20%), que foi significativa até o 45º dia de experimento. A partir daí, os níveis de glicose começaram a se elevar, igualando-se às demais dietas. As dietas com celulose, diferiram das dietas controle apenas no 30º dia, quando houve um aumento significativo de glicose sérica ($p<0,05$). Não foram observadas diferenças entre as duas dietas controle. Através desses resultados, pôde-se, portanto, concluir que apesar das dietas contendo goma guar proporcionarem uma redução temporária nos níveis de glicose dos animais experimentais, esse efeito não foi permanente, pois a glicose sérica elevou-se novamente a partir de 30 dias após o início da alimentação. Assim, com base nestes dados, achamos que seria interessante investigar o efeito da ingestão de goma guar em animais diabéticos, já que houve uma redução, embora temporária, significativa nos animais considerados normais. Esta investigação será relatada e discutida posteriormente no terceiro ensaio biológico.

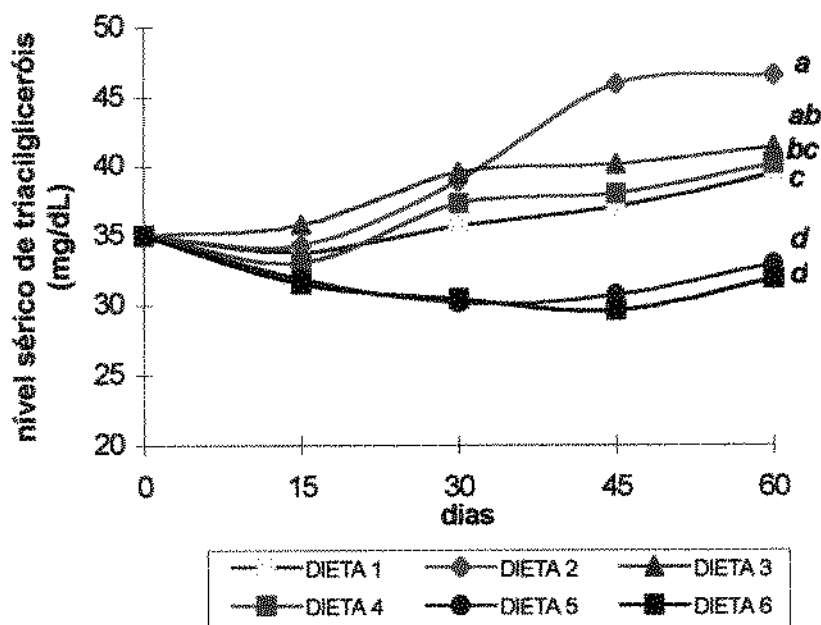


Figura 13 - Níveis séricos de triacilgliceróis (mg/dL) em ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.

(*)Onde: dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = controle com banha de porco; dieta 3 = 10% celulose; dieta 4 = 20% celulose; dieta 5 = 10% goma guar; dieta 6 = 20% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p<0,05$).

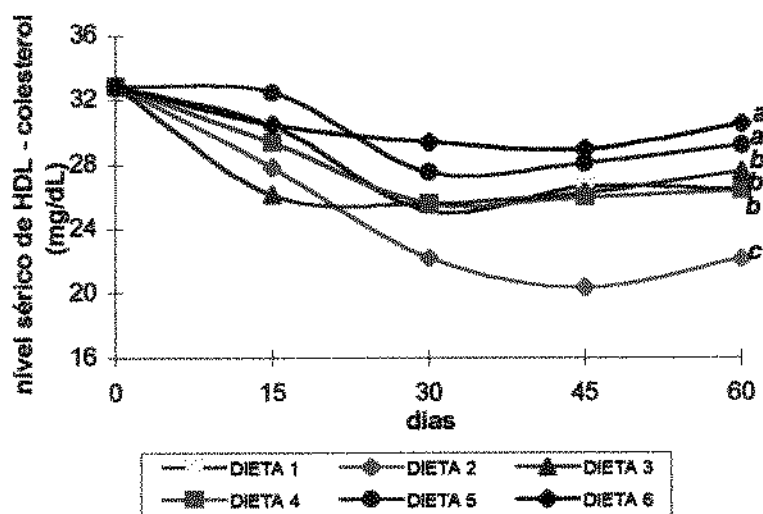


Figura 14 - Níveis séricos de HDL - colesterol (mg/dL) em ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.

(*) Onde: dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = controle com banha de porco; dieta 3 = 10% celulose; dieta 4 = 20% celulose; dieta 5 = 10% goma guar; dieta 6 = 20% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

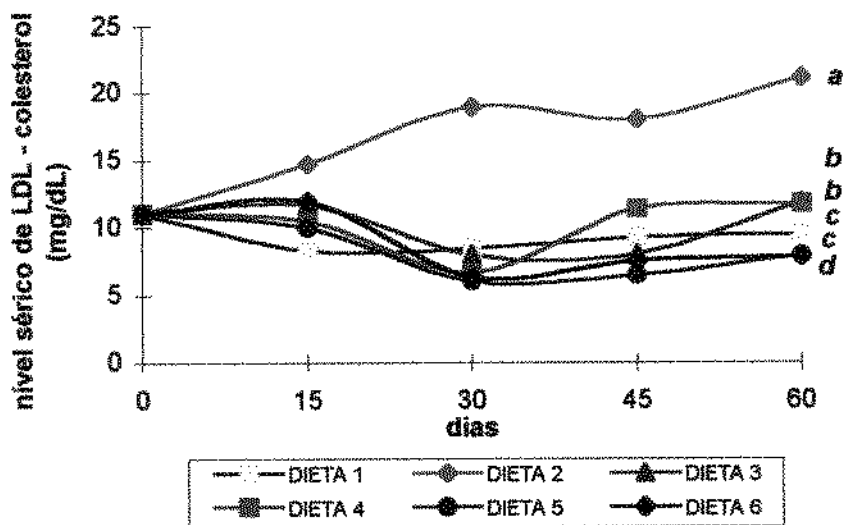


Figura 15 - Níveis séricos de LDL-colesterol (mg/dL) em ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.

(*) Onde: dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = controle com banha de porco; dieta 3 = 10% celulose; dieta 4 = 20% celulose; dieta 5 = 10% goma guar; dieta 6 = 20% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

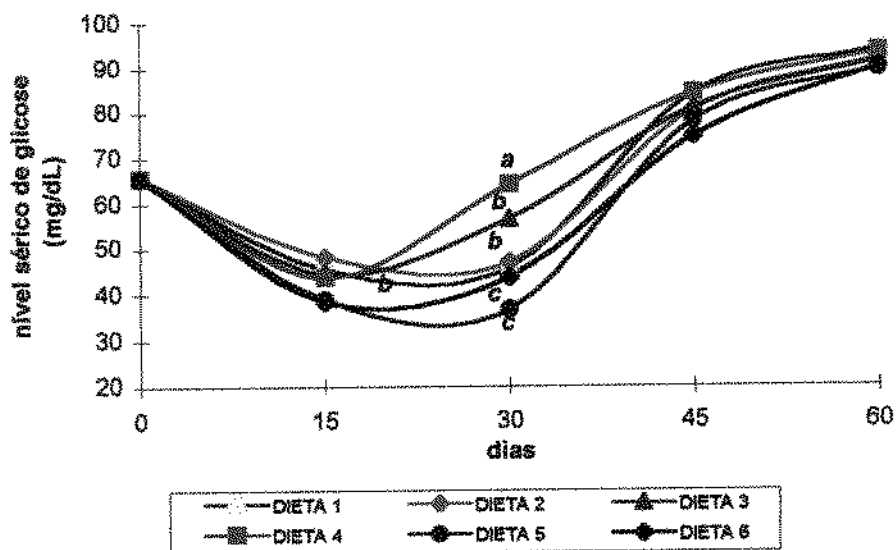


Figura 16 - Níveis séricos de glicose (mg/dL) em ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.

(*)Onde: dieta 1 = 0% goma guar (controle); dieta 2 = controle com banha de porco; dieta 3 = 10% celulose; dieta 4 = 20% celulose; dieta 5 = 10% goma guar; dieta 6 = 20% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

b) Colesterol Hepático

No presente estudo foram determinados os teores de colesterol hepático, e os dados obtidos podem ser observados na Figura 17. As dosagens foram realizadas nos animais no início do experimento (T0) e ao final do 60º dia de ensaio (T60). Verifica-se que no início do experimento os animais apresentaram um valor de 2,91 mg de colesterol hepático/g de amostra fresca. Contudo, ao final do ensaio os animais que ingeriram as dietas controles (1 e 2) e aquelas contendo celulose (3 e 4), apresentaram uma quantidade maior de colesterol no fígado que variou de 4,43 - 6,08 mg de colesterol hepático/g de amostra fresca ($p < 0,05$). Em contraste, nos animais alimentados com as dietas 5 e 6 (contendo a goma), o nível de colesterol hepático permaneceu igual ($p < 0,05$) àquele do início do ensaio, mostrando que a goma guar conseguiu reprimir o acúmulo de colesterol no fígado, diferindo de todas as demais dietas em estudo.

Comparando-se os resultados obtidos com os relatados na literatura, verifica-se que os mesmos estão de acordo com CHEN et al. (1981) e WATTERS & BLAISDELL (1989) os quais, trabalhando, respectivamente, com pectina e aveia (em ratos) e psyllium (em camundongos), observaram que a ingestão dessas fibras solúveis também reduzia o nível de colesterol hepático, enquanto que a dieta controle contendo celulose não alterava os resultados. ODA et al. (1993) também verificaram o efeito da ingestão de fibras solúveis e insolúveis (presentes na aveia, cevada e trigo) sobre o acúmulo de colesterol no fígado de ratos. Observou-se que as fibras solúveis reprimiram o acúmulo de colesterol hepático, ao contrário das fibras insolúveis. Verificou-se também uma relação inversa significativa entre a quantidade de fibra solúvel ingerida e o acúmulo de colesterol hepático. Nesta pesquisa, porém, não foi estabelecida essa relação, sendo que ambas concentrações de goma guar (10 e 20%) reprimiram da mesma forma o acúmulo de colesterol hepático.

Segundo TURNER et al. (1990) certas fibras apresentam a capacidade de ligar ácidos biliares no lúmen intestinal. Isso faz com que haja uma redução da fração de sais biliares que seriam reabsorvidos pela circulação enterohepática. Conseqüentemente, uma conversão hepática maior de colesterol para ácidos biliares ocorre, para que haja nova síntese desses ácidos e com isso uma quantidade menor de colesterol sai para a circulação. Assim, esta seria uma hipótese para se explicar o nível reduzido de colesterol hepático e plasmático encontrado em alguns estudos que são realizados com fibras.

4.3.2. Parâmetros Nutricionais

a) Ingestão de dieta e ganho de peso corporal

Assim como no primeiro ensaio biológico, os animais alimentados com goma guar apresentaram redução significativa da ingestão de dieta em relação ao controle e às demais dietas contendo celulose (Figura 18). Verificou-se também uma relação inversa significativa

entre a quantidade de goma ingerida e o consumo de dieta pelos animais. Conseqüentemente, o ganho de peso corporal dos ratos alimentados com goma guar foi também significativamente menor, demonstrando mais uma vez a capacidade da goma de promover saciedade, levando a uma redução do consumo de dieta e do peso corporal (Figura 19). Com relação às dietas contendo celulose, verificou-se que o consumo delas foi maior em relação às demais, entretanto, quando se comparou o ganho de peso dos animais alimentados com essas dietas, não se observou diferenças significativas em relação às dietas controle. Esses resultados, juntamente com aqueles do primeiro ensaio (Ítem 4.2.1. a,b) indicam, portanto, que possivelmente, a goma guar apresenta um efeito anorexígeno e nos faz acreditar na possibilidade de seu uso por indivíduos que necessitam de um controle de peso ou no tratamento da obesidade.

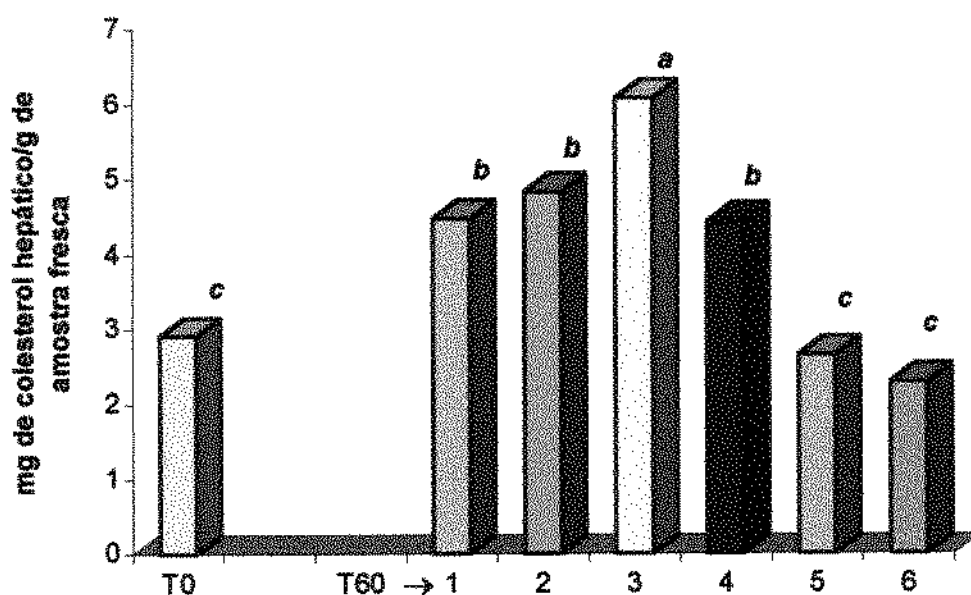


Figura 17 - Teores de colesterol hepático em ratos machos "Wistar", obtidos durante o segundo ensaio biológico.

(*) Valores médios de 4 animais por dieta onde: 1 = 0% goma guar (controle); 2 = controle com banha de porco; 3 = 10% celulose; 4 = 20% celulose; 5 = 10% goma guar; 6 = 20% goma guar. Os tempos T0 e T60 são os dias em que os fígados foram coletados. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

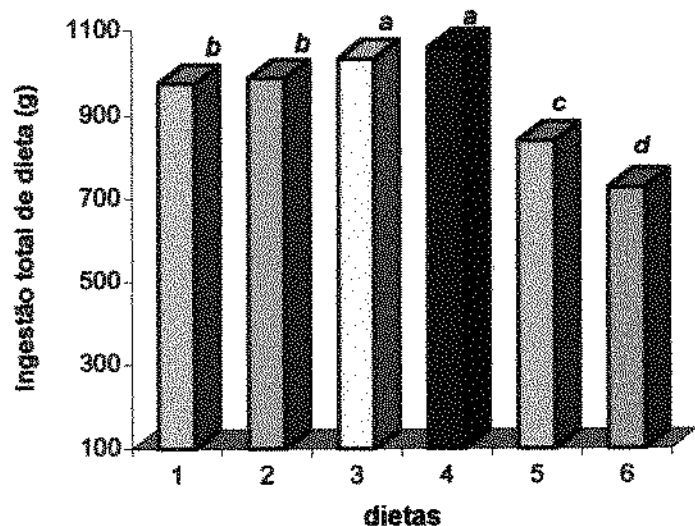


Figura 18 - Ingestão total de dieta (g) pelos ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.

(*) Valores médios de 4 animais por dieta onde: 1 = 0% goma guar (controle) ; 2 = controle com banha de porco; 3 = 10% celulose; 4 = 20% celulose; 5 = 10% goma guar; 6 = 20% goma guar. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

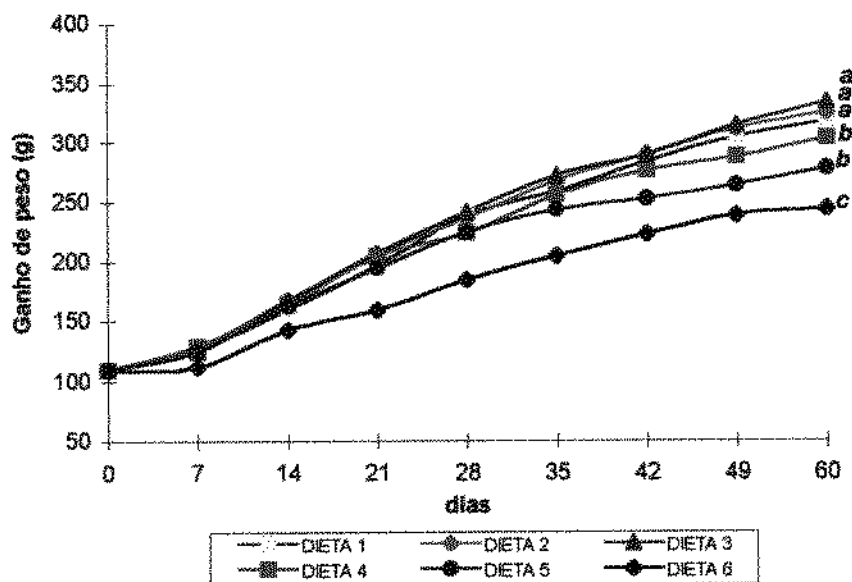


Figura 19 - Ganho de peso (g) de ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.

(*) Valores médios de 4 animais por dieta onde: 1 = 0% goma guar (controle) ; 2 = controle com banha de porco; 3 = 10% celulose; 4 = 20% celulose; 5 = 10% goma guar; 6 = 20% goma guar. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

b) Ensaio metabólico

A Tabela 12 apresenta o consumo de dieta e a quantidade de nitrogênio ingerido e excretado através da urina e fezes durante o período de sete dias de balanço nitrogenado.

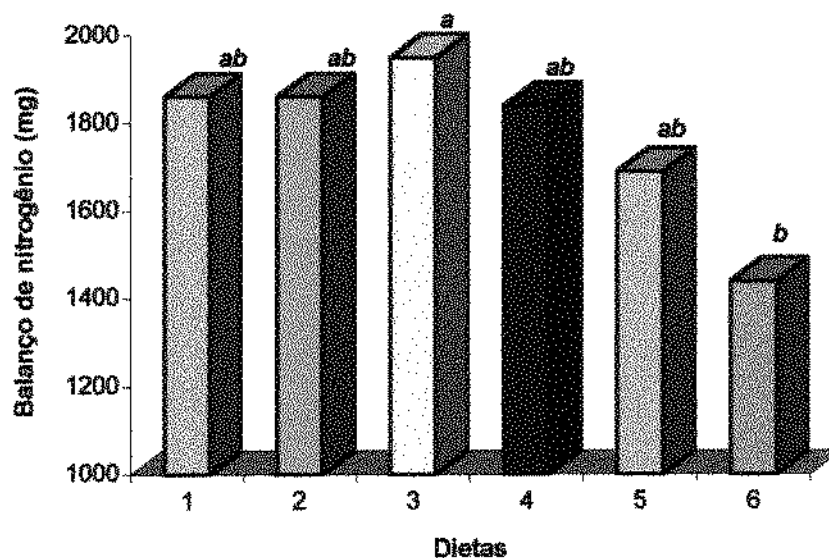
A ingestão de nitrogênio durante o período de balanço foi proporcional ao consumo de dieta, e, embora os animais do grupo 6 (20% goma guar) tenham ingerido uma menor quantidade de dieta e, conseqüentemente, de nitrogênio, verifica-se que esse grupo não diferiu da dieta controle 1 ($p < 0,05$). Com relação à quantidade de nitrogênio urinário, observa-se que os animais da dieta 6 apresentaram menor excreção quando comparados com aqueles das demais dietas ($p < 0,05$). Além disso, verifica-se também que a excreção de nitrogênio urinário pelos animais da dieta 6 foi cerca de três vezes menor em relação aos animais ingerindo uma quantidade menor de goma (dieta 5). Os dados de excreção fecal de nitrogênio, representados também na Tabela 12, mostram que tanto os animais alimentados com celulose como aqueles com goma guar, apresentaram um aumento significativo de nitrogênio nas fezes em relação às duas dietas controles. Entre essas dietas experimentais, não houve diferenças significativas.

Através da Figura 20 pode-se observar os dados referentes ao balanço de nitrogênio. Verifica-se que embora os animais da dieta 6 tenham apresentado um valor menor de balanço, essa redução não foi significativa quando comparou-se os dados com aqueles obtidos com as demais dietas, com exceção dos animais que ingeriram a dieta 3, que apresentaram o maior valor de balanço de nitrogênio. Esses resultados mostram que a presença de ambas as fibras, celulose e goma guar, na dieta dos animais proporcionou a eles um balanço de nitrogênio positivo, havendo uma retenção de nitrogênio semelhante a dos animais das dietas controle 1 e 2.

Tabela 12 - Ingestão de dieta e quantidade de nitrogênio ingerido e excretado através de urina e fezes de ratos machos "Wistar", durante balanço metabólico realizado por um período de sete dias, durante o segundo ensaio biológico.

Dietas	Ingestão de Dieta (g)	Nitrogênio ingerido (mg)	Nitrogênio Urinário (mg)	Nitrogênio Fecal (mg)
1	105,85 ^b (±9,95)	2340 ^{ab} (±220)	340 ^{ab} (±100)	140 ^b (±10)
2	113,48 ^{ab} (±17,60)	2450 ^a (±380)	430 ^a (±100)	160 ^b (±50)
3	124,45 ^a (±22,84)	2620 ^a (±480)	460 ^a (±140)	210 ^a (±20)
4	121,11 ^a (±11,66)	2530 ^a (±240)	370 ^{ab} (±90)	320 ^a (±40)
5	97,73 ^b (±13,84)	2160 ^{ab} (±300)	240 ^b (±60)	230 ^a (±60)
6	74,82 ^c (±4,31)	1780 ^b (±110)	90 ^c (±50)	250 ^a (±20)

* Valores médios ± desvio padrão de 5 animais por dieta, onde: 1 = 0% goma guar (controle) ; 2 = controle com banha de porco; 3 = 10% celulose; 4 = 20% celulose; 5 =10% goma guar; 6 =20% goma guar. Os valores com letras diferentes, diferem significativamente (p<0,05).



operacional

Figura 20 - Balanço de nitrogênio, em miligramas, para ratos machos "Wistar", obtido durante o segundo ensaio biológico.

(*) Valores médios $\pm$ desvio padrão de 5 animais por dieta, onde: 1 = 0% goma guar (controle); 2 = controle com banha de porco; 3 = 10% celulose; 4 = 20% celulose; 5 = 10% goma guar; 6 = 20% goma guar. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Os efeitos da celulose e goma guar sobre a digestibilidade aparente (Da), valor biológico aparente operacional (VBa.op), quociente de utilização líquida da proteína operacional (NPU.op), quociente de eficiência alimentar (QEA) e quociente de eficiência protéica operacional (PER.op) da proteína presente nas dietas experimentais, foram também avaliados (Tabela 13). Observou-se que os animais alimentados com 20% de celulose e goma guar (dietas 4 e 6, respectivamente) apresentaram Da e PER.op significativamente menores em relação aos outros animais, entretanto, a dieta 6 proporcionou um VBa.op significativamente superior e valores de NPU.op, PER.op e QEA semelhantes às dietas controles. Os animais alimentados com 10% de goma (dieta 5) também apresentaram resultados de VBa.op, NPU.op, PER.op e QEA próximos aos das dietas controles. Portanto, os achados indicam que a introdução de goma guar na dieta não prejudicou a retenção de nitrogênio pelo organismo dos animais, mostrando que a perda de peso observada nos ratos ingerindo a goma não ocorreu por problemas de utilização protéica, mas, provavelmente, devido ao poder de

saciedade proporcionado pela fibra, resultando em perda de apetite e baixa ingestão de dieta. Com relação às dietas contendo celulose (3 e 4), pode-se dizer que, possivelmente, influenciaram negativamente na retenção de nitrogênio, pois proporcionaram valores significativamente menores de NPU.op, enquanto o VBa.op, embora menor, não mostrou diferenças significativas.

Comparando-se os resultados obtidos com dados da literatura, verifica-se que alguns estudos também relataram redução da digestibilidade aparente quando do consumo de dietas contendo fibras solúveis e insolúveis (GALLAHER & SCHNEEMAN, 1986 e MONGEAU et al., 1989). Além disso, outros autores têm verificado que, embora a maioria das fibras proporcionem uma maior excreção fecal de nitrogênio, o que observa-se é que o balanço global de nitrogênio permanece positivo (VIOLA et al., 1970; SHAH et al., 1982).

c) Absorção de gordura e energia

A taxa de gordura absorvida é representada pela quantidade de gordura ingerida menos aquela que foi excretada nas fezes. Assim, através da Figura 21 pode-se observar que, enquanto os animais alimentados com as dietas de celulose absorveram uma quantidade de gordura semelhante aos animais das dietas controle, naqueles ingerindo goma guar, a absorção de gordura foi significativamente menor, sendo grande parte excretada nas fezes. Essa excreção maior de gordura proporcionada pela ingestão de dietas contendo goma guar, justifica, conseqüentemente, a redução dos níveis de colesterol e triacilgliceróis que ocorreu quando da análise sorológica, bem como do menor acúmulo de colesterol no fígado. E, provavelmente, pode ter influenciado na redução do peso corporal dos animais das dietas 5 e 6.

Tabela 13 - Digestibilidade aparente (Da), valor biológico aparente operacional (VBa.op), quociente de utilização líquida da proteína operacional (NPU.op), quociente de eficiência alimentar (QEA) e quociente de eficiência protéica operacional (PER.op) de ratos machos "Wistar" ao final do balanço metabólico, realizado durante o segundo ensaio biológico.

Dietas	Da (%)	VBa.op (%)	NPU.op (%)	QEA	PER.op
1	93,68 ^a (±1,36)	84,46 ^b (±3,53)	79,12 ^a (±3,33)	0,29 ^a (±0,02)	2,08 ^{ab} (±0,18)
2	93,56 ^a (±1,59)	81,15 ^c (±4,20)	75,91 ^{ab} (±3,43)	0,28 ^a (±0,01)	2,08 ^{ab} (±0,04)
3	91,65 ^{ab} (±0,74)	80,82 ^c (±4,75)	74,09 ^{bc} (±4,51)	0,28 ^a (±0,01)	2,16 ^a (±0,14)
4	87,32 ^{bc} (±1,70)	83,06 ^{bc} (±3,28)	72,55 ^c (±3,50)	0,24 ^b (±0,03)	1,85 ^{bc} (±0,02)
5	88,61 ^b (±2,57)	86,88 ^b (±2,64)	77,04 ^a (±4,57)	0,29 ^a (±0,01)	2,10 ^{ab} (±0,13)
6	85,12 ^c (±2,20)	93,73 ^a (±3,68)	79,80 ^a (±3,56)	0,26 ^{ab} (±0,06)	1,80 ^c (±0,44)

(*) Valores médios ± desvio padrão de 5 animais por dieta, onde: 1 = 0% goma guar (controle) ; 2 = controle com banha de porco; 3 = 10% celulose; 4 = 20% celulose; 5 = 10% goma guar; 6 = 20% goma guar. Os valores com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Com relação à quantidade de energia absorvida (energia metabolizável) pelo organismo dos animais, determinada durante o ensaio metabólico (Figura 22), verifica-se que os ratos da dieta contendo 20% de goma guar (dieta 6), absorveram uma quantidade menor de calorias em relação aos demais ($p < 0,05$). A dieta 5 (10 % goma) também reduziu a energia metabolizável, embora de forma mais moderada que a dieta 6. Uma possível justificativa para essa menor absorção seria a de que, pelo fato das fibras terem sido introduzidas em detrimento de uma quantidade de amido, esse procedimento proporcionaria a essas dietas um valor energético menor, diminuindo dessa forma a quantidade de calorias a serem absorvidas e, conseqüentemente, a energia metabolizável. Entretanto, verificou-se que as dietas contendo celulose apresentaram resultados semelhantes às dietas controle ($p < 0,05$), mostrando que sua adição na dieta não interferiu na absorção de energia.

Para que possamos, portanto, entender melhor o que ocorreu será necessário esclarecermos alguns pontos. Sabe-se que a goma guar é quase que completamente hidrolisada e fermentada pela microflora intestinal, produzindo ácidos graxos de cadeia curta (SCFA) como acetato, propionato e butirato, que podem ser absorvidos do cólon e entrar na circulação via porta (BIJLANI, 1985). Esses SCFAs, quando absorvidos, entram no metabolismo como fonte de energia, e vão representar cerca de 70% da energia disponível do substrato fermentado original (MCNEIL et al., 1978). STAUB & ALI (1982) observaram também que a presença de goma guar nas fezes de animais é muito pequena e verificaram que ela apresenta um valor calórico de 1-3 Kcal/g. Com relação a celulose, sabe-se que é parcialmente hidrolisada e fermentada pela microflora intestinal de ratos (LIVESEY et al., 1990) e humanos (HOVE & KING, 1979), sendo 80-90% excretada intacta nas fezes. Portanto, analisando todos esses aspectos concluímos que, possivelmente, a goma guar, através dos metabólitos produzidos durante sua fermentação no cólon, contribua para aumentar o valor energético da dieta, ao contrário da celulose. Por isso, acreditamos que a melhor explicação no sentido de se justificar uma redução da energia metabolizável por parte

da goma guar, seria o fato dela interferir na absorção de certos nutrientes, especialmente glicose e lipídios (nutrientes energéticos), o que já foi discutido anteriormente. Além disso, o fato da goma ter promovido um aumento da saciedade dos animais, reduzindo, conseqüentemente, o consumo de dieta, pode ter contribuído para a redução da energia metabolizável.

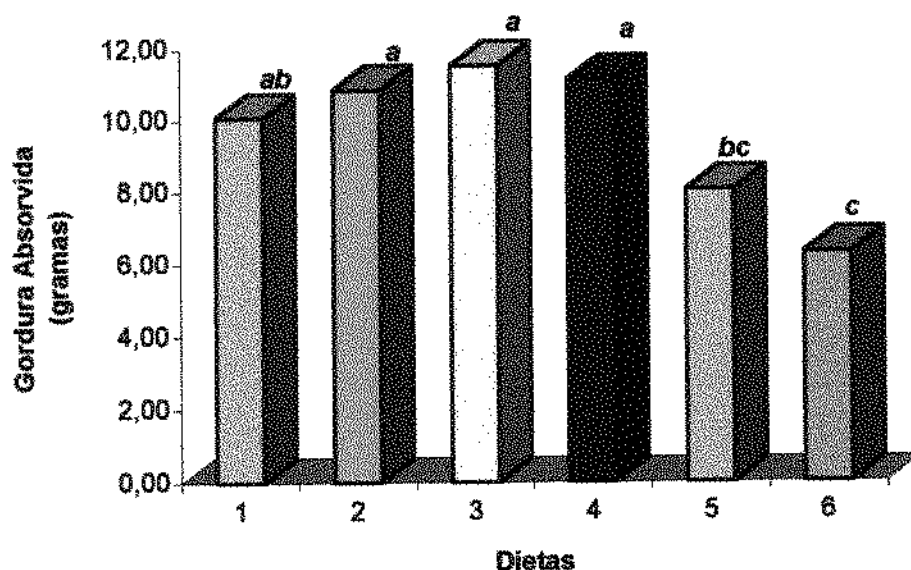


Figura 21 - Absorção de gordura por ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.

(*) Valores médios $\pm$ desvio padrão de 5 animais por dieta, onde: 1 = 0% goma guar (controle); 2 = controle com banha de porco; 3 = 10% celulose; 4 = 20% celulose; 5 = 10% goma guar; 6 = 20% goma guar. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

4.3.3. Trânsito Intestinal e Peso Fecal

Na Tabela 14 estão apresentados os dados de comprimento dos intestinos e a porcentagem de trânsito intestinal dos ratos alimentados com as dietas controle e contendo goma guar ou celulose. Observa-se que, como no primeiro ensaio biológico, as dietas contendo goma guar proporcionaram um aumento do comprimento do intestino delgado

(cerca de 10%), além de retardar significativamente o trânsito intestinal (cerca de 25% mais lento). Já nos animais alimentados com a fibra insolúvel, o trânsito intestinal, bem como o comprimento dos intestinos foram semelhantes ($p < 0,05$) ao das dietas controle, diferindo de alguns estudos que mostram que a celulose, assim como outras fibras insolúveis são agentes que encurtam o tempo de trânsito colônico (LEE et al., 1979 ; VAHONY et al., 1980 ; REYES et al., 1989). Entretanto, HAAN et al. (1990) investigando o efeito da ingestão de fibras como a pectina, celulose e goma guar sobre o tempo de trânsito intestinal (T.T) de cães, verificaram que o T.T diminuiu com a ingestão de pectina e aumentou quando os cães se alimentaram com a goma. Contudo, os autores obtiveram os mesmos resultados do nosso trabalho, quando observaram que a ingestão de celulose não interferiu no T.T, não havendo, portanto, diferenças significativas em relação à dieta controle.

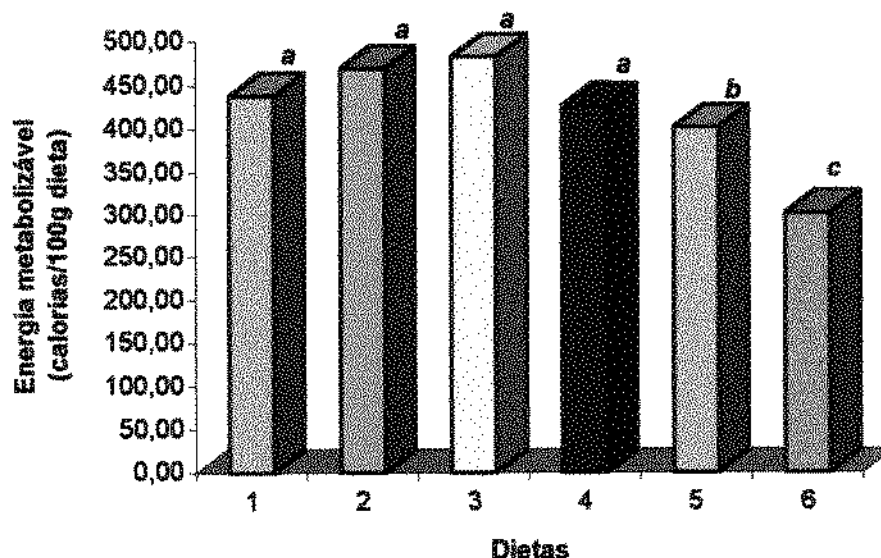


Figura 22 - Energia metabolizável ingerida por ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.

(*) Valores médios $\pm$ desvio padrão de 5 animais por dieta, onde: 1 = 0% goma guar (controle); 2 = controle com banha de porco; 3 = 10% celulose; 4 = 20% celulose; 5 = 10% goma guar; 6 = 20% goma guar. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Outro aspecto que foi observado para as dietas com celulose, é que não houve uma relação direta entre o peso fecal (que será discutido a seguir) e o tempo de trânsito, diferindo dos resultados encontrados por BURKITT et al. (1972) que observaram uma correlação logarítmica entre peso fecal e tempo de trânsito intestinal.

A Figura 23 mostra os resultados encontrados para peso fecal (seco). Observou-se que as dietas contendo celulose aumentaram significativamente o peso das fezes, sendo que houve uma relação direta entre a concentração da fibra na dieta e o peso fecal. As dietas contendo goma guar proporcionaram resultados semelhantes aos das dietas controle. Esses resultados corroboram aqueles publicados por DELORME et al. (1981) e VAHOUNY et al. (1987) quando verificaram, em ratos, que a celulose aumentava o peso fecal.

A ação das fibras sobre a produção de fezes depende de suas características físico-químicas, sendo a principal delas a capacidade de retenção de água, além de eventos que ocorrem no cólon, como a capacidade de fermentação. A flora bacteriana colônica é capaz de fermentar muitos polissacarídeos, mas o grau de extensão com que eles são fermentados, varia consideravelmente, sendo que alguns polissacarídeos como a celulose, são fermentados em menor grau do que outros como a pectina (CUMMINGS, 1982). Segundo MONGEAU et al. (1990) existe uma relação inversa entre a capacidade de fermentação da fibra e o peso fecal observado, e, portanto, a celulose seria considerada um agente que aumenta a massa fecal (TOPPING, 1991), ao contrário das fibras solúveis, que por serem amplamente fermentáveis, não apresentariam efeito direto significativo sobre o peso fecal. Essas teorias, possivelmente, justificam os resultados encontrados por este trabalho, mas também deve-se salientar que os animais alimentados com celulose ingeriram uma quantidade maior de dieta (item 4.3.2.), o que também pode ter contribuído para aumentar o peso fecal desses animais.

Tabela 14 - Comprimento total do intestino delgado e porcentagem de trânsito intestinal de ratos machos "Wistar" alimentados com dietas marcadas com carvão vegetal, durante o segundo ensaio biológico.

Dietas	Comprimento Total do Intestino Delgado (cm)	% Trânsito Intestinal*
1	104 ± 5 ^b	73,1 ± 3,1 ^b
2	108 ± 2 ^b	80,5 ± 0,6 ^a
3	108 ± 5 ^b	81,3 ± 1,8 ^a
4	107 ± 1 ^b	82,4 ± 4,2 ^a
5	121 ± 1 ^a	58,6 ± 1,5 ^c
6	118 ± 5 ^a	59,9 ± 4,2 ^c

* é a % do intestino que foi percorrido pela dieta marcada com carvão.

Valores médios ± desvio padrão de 4 animais por dieta, onde: 1 = 0% goma guar (controle) ; 2 = controle com banha de porco; 3 = 10% celulose; 4 = 20% celulose; 5 = 10% goma guar; 6 = 20% goma guar. Os valores com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente (p<0,05).

4.3.4. Teste de Tolerância à Glicose (GTT)

A Figura 24 apresenta as curvas glicêmicas obtidas com ratos normais que foram submetidos a uma sobrecarga oral de glicose, com diferentes concentrações de goma guar.

Verificou-se que no início do teste, todos os animais apresentaram glicemia semelhante (Tempo 0). Contudo, a glicemia dos animais intubados com 0,02 e 0,04 g/mL de goma guar, diminuiu significativamente nos tempos 30, 60 e 90 minutos em relação ao grupo controle (sem goma), sendo que 120 minutos após a intubação, todos os grupos voltaram a apresentar valores semelhantes (p<0,05). Observa-se, portanto, que ambas concentrações de goma atuaram de forma semelhante sobre a glicemia dos animais.

Assim como os resultados encontrados neste trabalho, JENKINS et al. (1978), MUNOZ et al. (1979) e MEYER et al. (1988) também observaram melhoria na tolerância à glicose, ao trabalharem com diversos tipos de fibras. Em um outro estudo, ISTASSE et al. (1990) alimentando cães com celulose, pectina e goma guar não observaram diferenças significantes na tolerância à glicose, entretanto, a goma induziu uma glicemia mais baixa, enquanto que a pectina proporcionou uma glicemia mais alta.

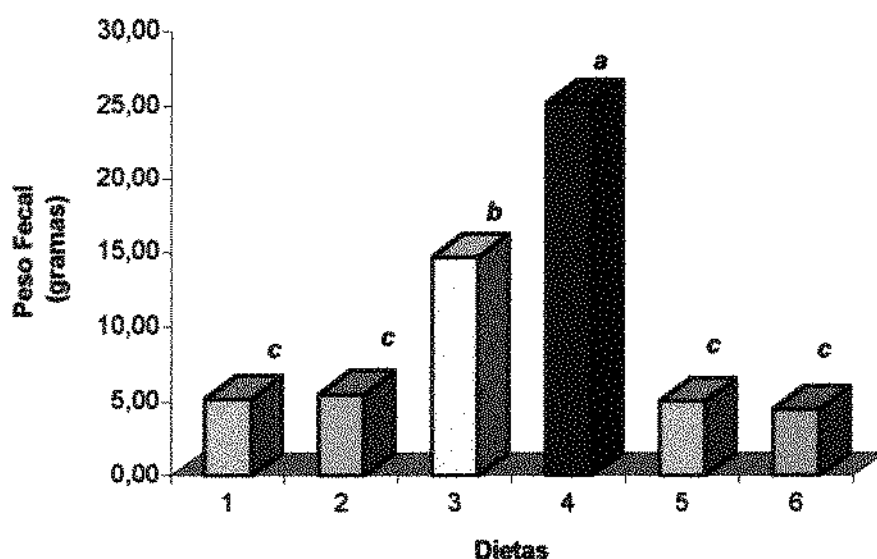


Figura 23 - Peso das fezes (secas), em gramas, de ratos machos "Wistar" durante o segundo ensaio biológico.

(*)Valores médios $\pm$ desvio padrão de 5 animais por dieta, onde: 1 = 0% goma guar (controle); 2 = controle com banha de porco; 3 = 10% celulose; 4 = 20% celulose; 5 = 10% goma guar; 6 = 20% goma guar. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Alguns estudos sugerem que a diminuição da taxa de esvaziamento gástrico, do tempo de trânsito intestinal e da absorção de carboidratos, seriam as hipóteses mais prováveis pelas quais as fibras alimentares poderiam melhorar a tolerância à glicose. Assim, HOLT et al. (1979) e RAY et al. (1983) afirmam que algumas fibras melhoram a tolerância à glicose por diminuírem a taxa de esvaziamento gástrico, como resultado da

alta viscosidade que elas proporcionam aos conteúdos gástricos, além de tornarem mais espessa a camada estacionária líquida que circunda o vilo intestinal. Esta ação, certamente, dificultaria a difusão de glicose através da superfície absorviva, impedindo, conseqüentemente, uma absorção mais completa desse nutriente. JENKINS et al. (1978) também acreditam que a viscosidade é um fator importante e que deve ser levada em consideração ao se selecionar uma fibra com o objetivo de melhorar a tolerância à glicose. Eles verificaram que quando o caráter viscoso de certas fibras (pectina, goma guar, tragacanta e metilcelulose) é destruído por hidrólise, as ações sobre a resposta glicêmica não ocorrem.

Assim, pode-se sugerir que a goma guar reduziu a glicemia no teste de tolerância à glicose, devido, possivelmente, a sua alta viscosidade, o que proporcionou um atraso do esvaziamento gástrico, tornando a absorção intestinal de glicose mais lenta.

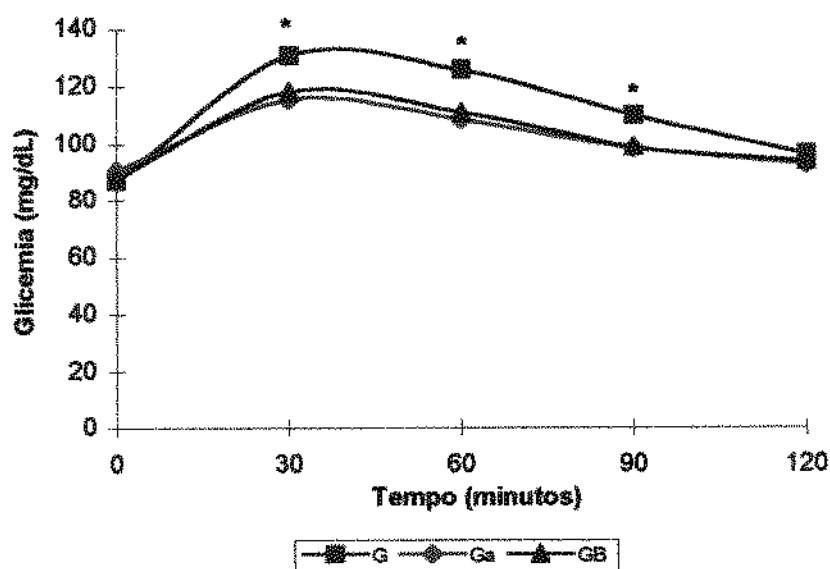


Figura 24 - Curvas glicêmicas obtidas através do teste de tolerância à glicose (GTT) com ratos machos "Wistar".

Valores médios de 5 animais por grupo onde G = ratos intubados somente com glicose; GA e GB = ratos intubados com 0,02 e 0,04 g/mL de goma guar, respectivamente. A glicemia foi tomada nos tempos 0, 30, 60, 90 e 120 minutos após intubação e o símbolo * = $p < 0,05$ para G versus Ga e GB.

4.4. TERCEIRO ENSAIO BIOLÓGICO

Através do segundo ensaio biológico, pôde-se observar que a ingestão de goma guar proporcionou aos animais uma diminuição da ingestão de dieta e peso corporal, da lipídemia em geral (incluindo colesterol hepático), além de não interferir na utilização da proteína da dieta. Com relação aos seus efeitos sobre a glicemia, verificou-se que embora a ingestão de goma tenha proporcionado uma melhoria da tolerância à glicose, os resultados das dosagens sanguíneas mostraram que a partir do segundo mês de teste, os níveis séricos de glicose voltaram a ficar próximos daqueles obtidos com animais controles. Assim, tornou-se importante verificar se a goma guar proporcionaria as mesmas ações em animais diabéticos, já que nos ensaios anteriores foram utilizados animais normais. A celulose neste ensaio não foi utilizada, já que não apresentou, como observado anteriormente, o mesmo desempenho que a goma guar. O diabetes foi induzido conforme descrito no item 3.5 e após três dias da administração da aloxana, observou-se o estabelecimento de hiperglicemia nos animais em teste.

4.4.1. Análises Bioquímicas

a) Análises sorológicas

A glicemia dos animais diabéticos foi avaliada semanalmente e os resultados estão expressos na Figura 25. Observou-se que a partir da segunda semana de ensaio, a hiperglicemia foi reduzida significativamente nos animais alimentados com 10 e 20% de goma guar. Essa redução prosseguiu até o término do experimento para os animais da dieta 3 e, embora o grupo 2 tenha apresentado uma elevação a partir do 21º dia, esse aumento não foi significativo em relação ao controle.

SMITH & HOLM (1982), RAY et al. (1983) e WATTERS & BLAISDELL (1989) investigando o efeito de fibras solúveis como a pectina e goma guar em animais e indivíduos diabéticos, verificaram também redução significativa da glicemia pós-prandial. Entretanto, existem estudos como o de UUSITUPA et al. (1989) onde nenhuma redução significativa da glicose plasmática foi observada. Esses resultados discrepantes entre trabalhos, provavelmente, podem ser explicados pelas diferentes concentrações de fibras utilizadas ou pelos diferentes modos de administração da fibra. Têm sido mostrado que a fibra deve estar intimamente misturada com o alimento a ser ingerido, para que ela possa apresentar a sua máxima eficácia (JENKINS et al., 1979).

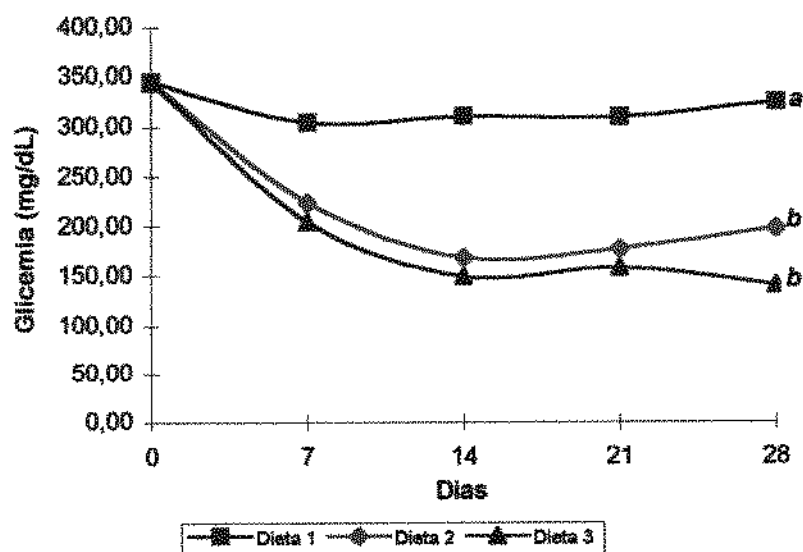


Figura 25 - Glicemia (mg/dL) em ratos machos "Wistar" diabéticos obtida nos dias 0, 7, 14, 21 e 28 de experimento.

(*)Valores médios de 5 animais por dieta, onde: dieta 1 = 0% goma guar ; dieta 2 = 10% goma guar e dieta 3 = 20% goma guar. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Antes de apresentarmos os resultados das análises lipídicas realizadas no soro dos animais, é importante ressaltar que estudos mostram que indivíduos diabéticos muitas vezes apresentam problemas cardiovasculares. Assim, ao induzir o diabetes nos animais deste

experimento, levou-se em consideração a probabilidade deles virem a apresentar hipercolesterolemia no decorrer do ensaio, e foi justamente por este motivo que as dietas foram preparadas sem a adição de banha de porco, diferindo, portanto, das dietas utilizadas no segundo ensaio. Os resultados das análises lipídicas podem ser observados na Figura 26.

Verificou-se que, assim como foi comentado anteriormente, certamente o estado diabético deve ter proporcionado um aumento da lipidemia dos animais, pois observou-se que em todos os parâmetros bioquímicos analisados, ou seja, colesterol, triacilgliceróis, LDL e HDL - colesterol, os resultados foram sempre maiores no final do ensaio (T30), em relação aos dados do início do experimento (T0). Entretanto, verificou-se que os animais ingerindo as dietas com goma guar apresentaram níveis séricos menores de colesterol, triacilgliceróis e LDL - colesterol em relação aos animais controle, enquanto que os níveis de HDL - colesterol foram significativamente maiores, o que é considerado altamente benéfico, pois como já foi discutido anteriormente, existe uma estreita relação entre altos níveis de HDL - colesterol e baixa incidência de doenças cardiovasculares.

Esses resultados estão, em parte, de acordo com aqueles publicados por SMITH & HOLM (1982) e UUSITUPA et al. (1989), os quais verificaram que a ingestão de goma guar por indivíduos diabéticos proporcionou redução significativa dos níveis séricos de colesterol, enquanto que os níveis de triacilgliceróis e de LDL - colesterol permaneceram inalterados. Nesses estudos, observou-se também que quanto maior o nível inicial de colesterol, maior era sua redução ao final do ensaio. AREAS (1994) também observou, em ratos diabéticos, redução significativa dos níveis plasmáticos de colesterol e triacilgliceróis após ingestão de dietas contendo polpa de laranja e atribuiu esse resultado ao material fibroso presente na polpa.

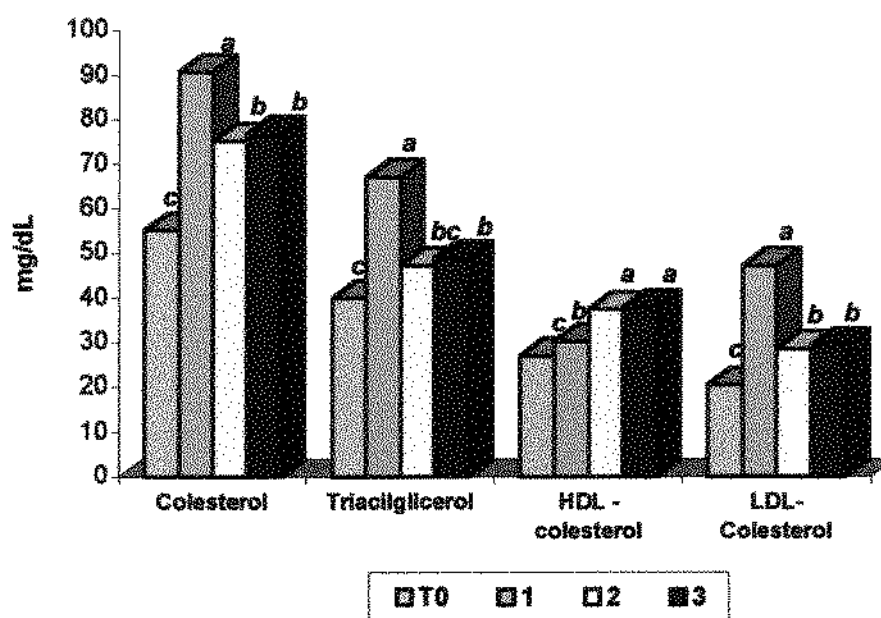


Figura 26 - Níveis séricos de colesterol, triacilgliceróis, HDL e LDL - colesterol, em mg/dL, em ratos machos "Wistar" diabéticos, obtidos no início (T0) e ao final do terceiro ensaio biológico (T30).

(*) valores médios de 5 animais por dieta, onde 1 = 0% goma guar; 2 = 10% goma guar e 3 = 20% goma guar. Os resultados das dietas 1, 2 e 3 correspondem ao T30. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

b) Colesterol hepático

Assim como no segundo ensaio biológico, as dosagens de colesterol hepático do terceiro ensaio foram realizadas no início (T0) e ao final do experimento (T30) e os resultados podem ser observados na Figura 27.

Verificou-se que, embora os animais da dieta controle (1) tenham apresentado níveis maiores de colesterol hepático em relação ao início do ensaio (T0) e às demais dietas, esse aumento não foi significativo, mostrando, portanto, que a ingestão de goma guar pelos animais diabéticos não interferiu no nível de colesterol do fígado, ao contrário do que

aconteceu com os animais normais. Além disso, observou-se que nos animais de todas as dietas, os níveis de colesterol hepático aumentaram ao final do ensaio, embora de modo não significativo, em relação à dosagem realizada no tempo inicial (T0). Isso demonstra, mais uma vez, que o diabetes causou um ligeiro aumento da lipidemia desses animais, assim como aquele observado em relação aos níveis séricos citado no item 4.4.1.a.

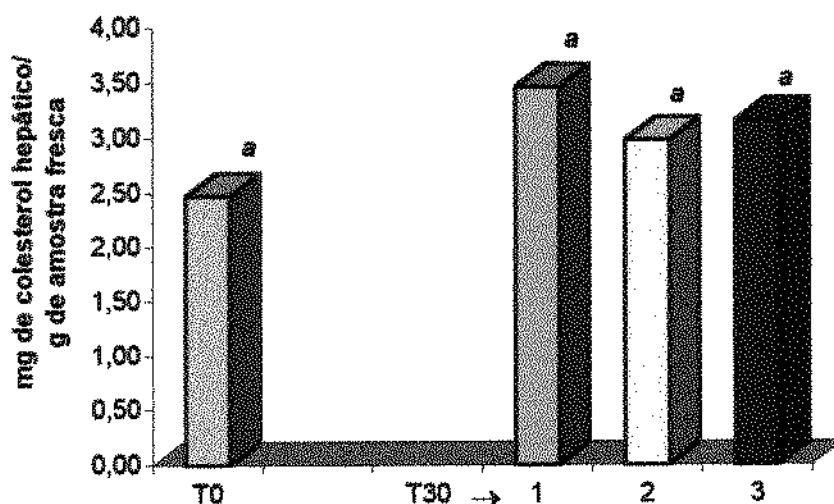


Figura 27 - Teores de colesterol hepático em ratos machos "Wistar" diabéticos obtidos durante o terceiro ensaio biológico.

(*) valores médios de 5 animais por dieta, onde 1 = 0% goma guar; 2 = 10% goma guar e 3 = 20% goma guar. Os tempos T0 e T30 são os dias em que os fígados foram coletados. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

4.4.2. Parâmetros Nutricionais

a) Ingestão de dieta e ganho de peso corporal

A tabela 15 apresenta a ingestão total de dieta e o ganho de peso corporal dos animais diabéticos durante o terceiro ensaio biológico. Verifica-se que os animais alimentados com

goma guar apresentaram uma redução significativa da ingestão de dieta em relação ao controle. Além disso, foi estabelecida uma relação inversa entre a quantidade de goma ingerida e o consumo de dieta. Portanto, a ocorrência de hiperfagia, comumente verificada no diabetes, foi contida naqueles animais ingerindo dietas com goma guar. Uma possível justificativa para se explicar isso, seria o fato da ingestão de goma ter proporcionado uma melhora nas condições fisiológicas dos ratos diabéticos, já que a hiperglicemia nesses animais foi controlada durante o ensaio (discutido anteriormente no item 4.4.1.a). Além disso, a capacidade da goma guar em promover saciedade deve ser um fator também a ser considerado.

Entretanto, quando se observa os resultados para ganho de peso corporal, verifica-se que embora os animais das dietas 2 e 3 apresentem menor consumo de dieta, isso não se refletiu sobre o ganho de peso, que mostrou ser superior ($p < 0,05$) nesses animais, em relação àqueles do grupo controle. Além disso, os ratos alimentados com a dieta controle apresentaram uma significativa perda de peso corporal. Assim, embora o ganho de peso dos animais das dietas 2 e 3 não tenha sido tão grande, esse resultado pode ser considerado bastante satisfatório, já que normalmente o estado diabético gera processos no organismo que levam à redução do peso corporal, como é o caso do acelerado catabolismo de proteínas, carboidratos e gorduras. Portanto, a perda de peso dos animais da dieta controle poderia ser explicada através da ocorrência desses processos, já que no caso dos animais das dietas 2 e 3 parece que a goma interferiu de forma benéfica, minimizando esses processos catabólicos. AREAS (1994) verificou esses aspectos em seu estudo com polpa de laranja e observou que animais diabéticos alimentados com 10 e 25% de polpa apresentavam não só manutenção, como ganho de peso corporal em relação aos animais controles.

Outros autores, também investigando o uso de fibras, como a goma guar, no tratamento do diabetes, verificaram manutenção ou ganho de peso corporal em indivíduos com a doença (SELS et al., 1987 ; EBELING et al., 1988; STEVENS, 1988).

Tabela 15 - Ingestão total de dieta e ganho de peso corporal de ratos machos "Wistar" diabéticos ao final do 30º dia do terceiro ensaio biológico.

Dietas	Ingestão total de dieta (g)	Ganho de peso corporal (g)
1	563 ± 83 ^a	- 10 ± 45 ^c
2	356 ± 43 ^b	13 ± 58 ^a
3	255 ± 46 ^c	9 ± 34 ^b

(*) valores médios ± desvio padrão de 5 animais por dieta, onde 1 = 0% goma guar; 2 = 10% goma guar e 3 = 20% goma guar. Os valores com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente ($p < 0,05$).

b) Ensaio metabólico

Assim como no segundo ensaio realizado, a ingestão de nitrogênio pelos animais diabéticos durante o período de balanço foi proporcional ao consumo de dieta (Tabela 16). Tanto os animais da dieta 2 como os da dieta 3 excretaram uma quantidade significativamente menor de nitrogênio nas fezes e na urina quando comparados com aqueles do grupo controle, e essa diminuição foi proporcional à concentração de goma guar na dieta. A excreção de nitrogênio fecal e urinário do grupo 3 foi duas vezes menor que a dos animais da dieta controle. Com relação ao balanço de nitrogênio (Figura 28), porém, o que se observou foi que os animais ingerindo 20% de goma apresentaram um balanço significativamente menor que os demais, embora positivo. Isso provavelmente ocorreu devido à pequena ingestão de dieta no período de balanço por esses animais e, como consequência, uma menor quantidade de

nitrogênio foi ingerido, proporcionando, portanto, um resultado de balanço menor. Entretanto, os animais alimentados com 10% de goma guar apresentaram um valor de balanço nitrogenado maior, porém não significativo, em relação aqueles do grupo controle.

Tabela 16 - Ingestão de dieta e quantidade de nitrogênio ingerido e excretado através de urina e fezes de ratos machos "Wistar" diabéticos, durante balanço metabólico realizado por um período de sete dias, durante o terceiro ensaio biológico.

Dietas	Ingestão de Dieta (g)	Nitrogênio ingerido (mg)	Nitrogênio Urinário (mg)	Nitrogênio Fecal (mg)
1	140,58 ^a (±36,29)	3070 ^a (±790)	1850 ^a (±760)	342 ^a (±110)
2	105,79 ^b (±9,78)	2377 ^b (±220)	1220 ^a (±880)	220 ^b (±40)
3	65,43 ^c (±10,84)	1505 ^c (±240)	760 ^b (±310)	172 ^b (±10)

(*) valores médios ± desvio padrão de 5 animais por dieta, onde 1 = 0% goma guar; 2 = 10% goma guar e 3 = 20% goma guar. Os valores com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente (p<0,05).

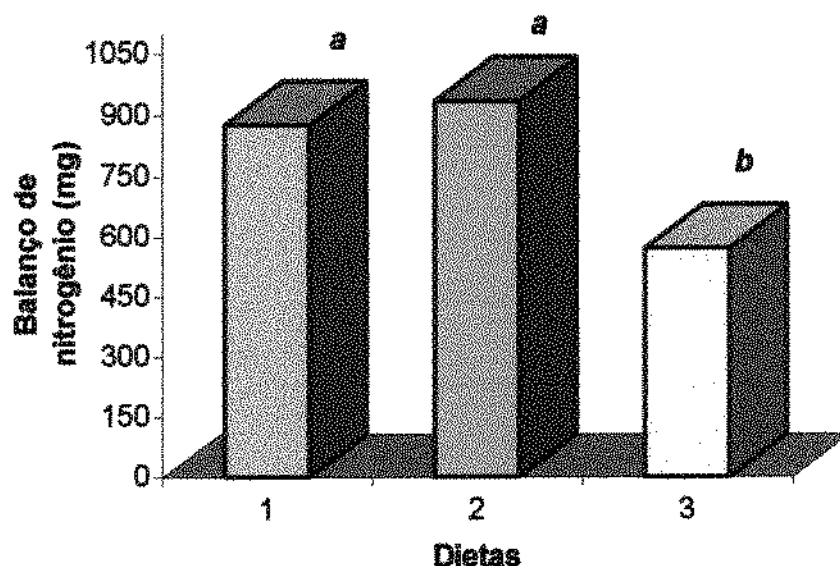


Figura 28 - Balanço de nitrogênio, em miligramas, em ratos machos "Wistar" diabéticos obtido durante o terceiro ensaio biológico.

(*) valores médios de 5 animais por dieta, onde 1 = 0% goma guar; 2 = 10% goma guar e 3 = 20% goma guar. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Os resultados do efeito da goma guar sobre a digestibilidade aparente (D_a), valor biológico aparente operacional ($VBa.op$), quociente de utilização líquida da proteína operacional ($NPU.op$), quociente de eficiência alimentar (QEA) e quociente de eficiência protéica operacional ($PER.op$) da proteína presente nas dietas ingeridas pelos animais diabéticos, estão apresentados na Tabela 17. Observou-se que a ingestão de goma guar pelos animais das dietas 2 e 3 proporcionou resultados de $VBa.op$, $NPU.op$, QEA e $PER.op$ superiores em relação aos animais controles, embora os valores para D_a tenham sido significativamente iguais para todas as dietas. Portanto, esses dados indicam que a goma guar ao provocar uma melhoria do estado diabético dos animais em estudo, proporcionou uma maior retenção de nitrogênio, resultando num melhor ganho de peso desses animais, e mostram também que,

provavelmente, a menor utilização da proteína pelos animais do grupo controle pode ter sido um reflexo de uma maior mobilização das reservas energéticas proporcionada pelo estado diabético.

Tabela 17 - Digestibilidade aparente (Da) , valor biológico aparente operacional (VBa.op), quociente de utilização líquida da proteína operacional (NPU.op), quociente de eficiência alimentar (QEA) e quociente de eficiência protéica operacional (PER.op) de ratos machos "Wistar" ao final do balanço metabólico, realizado durante o terceiro ensaio biológico.

Dietas	Da (%)	VBa.op (%)	NPU.op (%)	QEA	PER.op
1	87,68 ^a (±6,50)	32,01 ^b (±19,25)	28,26 ^b (±16,66)	-0,013 ^b (±0,08)	-0,098 ^b (±0,64)
2	90,60 ^a (±1,72)	45,71 ^a (±38,23)	41,31 ^a (±34,53)	0,037 ^a (±0,13)	0,194 ^a (±1,02)
3	88,30 ^a (±2,19)	38,91 ^a (±36,48)	34,76 ^a (±32,26)	0,034 ^a (±0,12)	0,174 ^a (±0,97)

(*) valores médios ± desvio padrão de 5 animais por dieta, onde 1 = 0% goma guar; 2 = 10% goma guar e 3 = 20% goma guar. Os valores com letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente (p<0,05).

c) Absorção de gordura e energia

Na Figura 29 observa-se os resultados da absorção de gordura pelos animais diabéticos. Verificou-se que os animais alimentados com 20% de goma guar absorveram uma quantidade de gordura significativamente menor que os demais, embora aqueles alimentados com 10% de goma também tenham diferido dos animais controle. Assim como aconteceu no segundo ensaio, a grande quantidade de gordura excretada nas fezes pelos ratos diabéticos alimentados com goma guar durante o terceiro ensaio, proporcionou uma explicação para a redução das taxas de lipídios no sangue (discutido no item 4.4.1a). Esses resultados são corroborados por NYGREN et al. (1981) que trabalhando também com ratos diabéticos induzidos por aloxana, verificaram que a ingestão de dietas ricas em fibras proporcionava uma excreção maior de gordura nas fezes.

A quantidade de energia absorvida (metabolizável) pelos animais diabéticos está representada na Figura 30. Observa-se que a adição de goma guar reduziu de forma significativa a absorção de energia, sendo que essa redução relacionou-se diretamente, com a concentração de goma. Portanto, embora a presença de goma guar nas dietas 2 e 3 tenha proporcionado aos ratos uma quantidade menor de energia metabolizável, acreditamos que o fato da glicemia desses animais ter sido controlada durante todo o ensaio, foi o que proporcionou o ganho de peso corporal observado anteriormente, já que o consumo das dietas com goma, em relação ao controle, foi baixo. Além disso, como já foi discutido anteriormente, a melhoria das condições orgânicas dos animais diabéticos alimentados com goma guar, provavelmente fez com que os processos catabólicos de nutrientes fossem minimizados. Portanto, embora nesses ratos a quantidade de energia metabolizável tenha sido menor, deve ter ocorrido uma menor mobilização de suas reservas energéticas, ao contrário do que aconteceu com os ratos diabéticos controle.

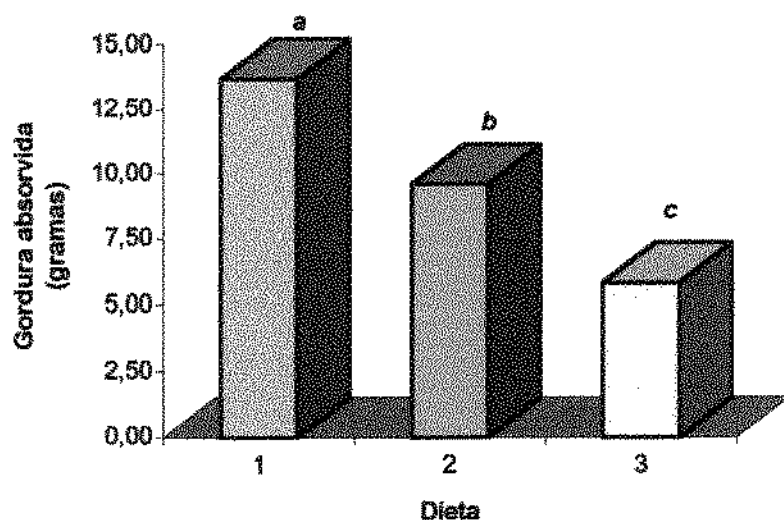


Figura 29 - Absorção de gordura por ratos machos "Wistar" durante o terceiro ensaio biológico.

(*) valores médios de 5 animais por dieta, onde 1 = 0% goma guar; 2 = 10% goma guar e 3 = 20% goma guar. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

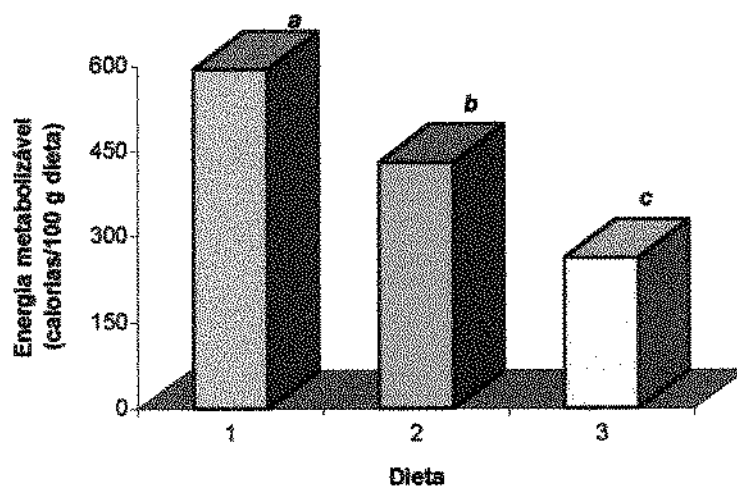


Figura 30 - Energia metabolizável ingerida por ratos machos "Wistar" durante o terceiro ensaio biológico.

(*) valores médios de 5 animais por dieta, onde 1 = 0% goma guar; 2 = 10% goma guar e 3 = 20% goma guar. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

4.5. Considerações Finais sobre os Resultados Obtidos

Através deste trabalho, chegou-se a alguns resultados considerados inéditos face aos encontrados na literatura, contribuindo desta forma para aumentar o conhecimento a respeito do uso e dos benefícios da ingestão de goma guar. Ao mesmo tempo, outros resultados obtidos neste estudo, confirmam conceitos já consolidados na literatura e adicionam novos resultados relacionados com alguns aspectos ainda controvertidos.

Entre os resultados mais relevantes encontram-se os obtidos nos ensaios com ratos diabéticos. Verificou-se que a goma guar melhorou as condições fisiológicas dos animais, permitindo sugerir que isso ocorreu, principalmente, pelo fato da goma guar ter proporcionado uma melhor utilização da proteína da dieta, promovendo uma menor redução da perda de peso corporal.

Outra contribuição interessante desta pesquisa foi mostrar que a goma guar promoveu uma diminuição da ingestão de alimentos, conduzindo a uma perda de peso dos animais normais, o que recomenda o seu uso no tratamento da obesidade. Embora alguns estudos tenham observado interferência da goma guar sobre o consumo alimentar, praticamente nenhum deles relacionou a redução da ingestão de alimentos com o peso corporal.

Foi também observado, que a goma guar é eficaz em reduzir os níveis de colesterol e triacilgliceróis séricos, sendo que esses resultados confirmam alguns dados encontrados na literatura. Contudo, através deste trabalho foi possível observar que a goma guar interfere nos teores de lipoproteínas séricas, reduzindo os níveis de LDL-colesterol e aumentando os de HDL-colesterol. Estes resultados ainda são objetos de discussão na literatura especializada.

5. CONCLUSÕES

Do presente estudo apresentamos as seguintes conclusões:

- a goma guar utilizada no estudo apresenta um bom grau de pureza, contendo 75% de fibra solúvel e 7,6 % de insolúvel, mostrando que o material analisado constitui-se basicamente de endosperma da semente;
- o teste de granulometria indica que a goma é constituída praticamente de partículas pequenas (menores que 200 μm), possibilitando a execução do teste de intubação oro-gástrica (tolerância à glicose) e contribuindo para aumentar o poder hidrofílico da goma;
- a goma guar apresenta uma viscosidade 8 a 10 vezes maior que a da pectina, sendo que o valor máximo (3,64 Pa.s) foi obtido com a solução de goma a pH 8,0, submetida a um tempo de hidratação de 30 minutos;
- a presença de goma guar nas dietas de ratos machos "Wistar" normais e diabéticos proporciona:
 - redução dos níveis séricos de colesterol, triacilgliceróis, LDL - colesterol e aumento na taxa de HDL - colesterol;
 - redução do nível de colesterol hepático (nos ratos normais) e da absorção de gordura e energia;
 - redução da glicemia em ratos diabéticos, com significativa melhora de suas condições fisiológicas, embora em ratos normais o efeito sobre a glicose tenha sido menos significativo;

- redução da ingestão de dieta e do ganho de peso corporal em ratos normais;
 - redução da hiperfagia e da perda de peso corporal em ratos diabéticos;
 - boa utilização da proteína da dieta, especialmente nos animais diabéticos, onde se verificou uma superioridade dos animais alimentados com a goma praticamente em todos os parâmetros analisados;
 - aumento do tempo de trânsito intestinal, redução do peso fecal e aumento do comprimento do intestino delgado;
- os efeitos da goma guar sobre a ingestão de dieta, lipidemia e glicemia foram observados com concentrações superiores a 6%, sendo que os resultados mais significativos ocorreram com 10 e 20%;
- as dietas com celulose não apresentaram os mesmos efeitos obtidos com a goma guar. Além de proporcionar consumo alimentar e ganho de peso maiores, a celulose fez com que os níveis séricos de lipídios e glicose ficassem próximos aos dos animais das dietas controle;
- os resultados obtidos no presente estudo permite indicar a goma guar como um adjunto terapêutico no tratamento de doenças como o diabetes, a hipercolesterolemia e a obesidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN INSTITUTE OF NUTRITION. Report of the American Institute of Nutrition hoc Committee on Standards For Nutritional Studies. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.107, n.7, p.1340-1348, 1977.
- AMERICAN INSTITUTE OF NUTRITION. AD HOC COMMITTEE ON STANDARDS FOR NUTRITION STUDIES. Second report. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.110, p.1726, 1980.
- ANDERSON, J.W. & BRIDGES, S.R. Short-chain fatty acid fermentation products of plant fiber affect glucose metabolism of isolated rat hepatocytes. **The Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, Orlando, v.177, p.372-376, 1984.
- ANDERSON, J.W. & WARD, K. High-carbohydrate, high-fiber diets for insulin - treated men with diabetes mellitus. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.32, n.3, p.2312-2321, 1979.
- ANDERSON, J.W. ; STORY, L. ; SIELING, B.; CHEN, W.J. ; PETRO, M.; STORY, J. Hypocholesterolemic effects of oat-bran and bean intake for hypercholesterolemic men. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.40, p.1146-1155, 1984.
- APLING, E.C.; KHAN, P.; ELLIS, P.R. Guar/wheat bread for therapeutic use. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.23, n.11, p.640-644, 1978.
- AREAS, M.A. **Estudo dos efeitos da polpa de laranja sobre parâmetros fisiológicos, nutricionais, bioquímicos e morfológicos em ratos normais e diabéticos**. Campinas, 1994. 158p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

- ARO, A.; UUSITUPA, M.; VOUTILAINEN, E.; HERSIO, K.; KORHONEN, T. ; SIITONEN, O.
Improved diabetic control and hypercholesterolaemic effect induced by long-term dietary supplementation with guar gum in type 2 (insulin-independent) diabetes. **Diabetologia**, v.21, n.1, p.29-33, 1981.
- ASP, N.G.; CLAES, G.J.; HALLMER, H.; SILJESTRON, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Bethesda, v.31, n.3, p.476-482, 1983.
- ASP, N.G.; BJORCK, I.; NYMAN, M. Physiological effects of cereal dietary fibre. **Carbohydrate Polymers**, v.21, n.2/3, p.183-187, 1993.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12ed. Washington, 1975. 948p.
- BEHALL, K.M.; LEE, K.H.; MOSER, P.B. Blood lipids and lipoproteins in adult men fed four refined fibers. **American Journal of Clinical Nutrition** , Bethesda, v.39, p.209, 1984.
- BIANCHI, G.; FERRETTI, P.; RECCHIA, M.; ROCCHETTI, M.; TAVANI, A.; MANARA, L.
Morphine tissue levels and reduction of gastrointestinal transit in rats. **Gastroenterology**, v.85, n.4, p.852-858, 1983.
- BIJLANI, R.L. Dietary fibre: consensus and controversy. **Progress in Food and Nutrition Science**, v.9, p.343-393, 1985.
- BLACKBURN, N.A. & JOHNSON, I.T. The effect of guar gum on the viscosity of the gastrointestinal contents and on glucose uptake from the perfused jejunum in the rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.46, n.2, p.239-246, 1981.

- BLIGH, E.G. & DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry Physiology**, Ottawa, v.37, n.8, p. 911-917, 1959.
- BOLTON, R.P. ; HEATON, K.W.; BURROUGHS, L.F. The role of dietary fibre on satiety, glucose and insulin: studies with fruit and fruit juice. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.34, p.211-217, 1981.
- BRODRIBB, J.N. Dietary fiber in diverticular disease of the colon. In: SPILLER, G.A. & KAY, R.M., eds. **Medical Aspects of Dietary Fiber**. New York: Plenum Press, 1980.
- BUCOLO, G. & DAVID, H. Quantitative determination of serum triglycerides by the use of enzymes. **Clinical Chemistry**, v.19, n.5, p.476-482, 1973.
- BURKITT, D.P. Some diseases characteristic of modern western societies. **British Medical Journal**, Cambridge, v.1, p. 274-278, 1973.
- BURKITT, D.P.; WALKER, A.R.P.; PAINTER, N.S. Effect of dietary fibre on stools and transit-times, and its role in the causation of disease. **The Lancet**, London, v. 2, p. 1408-1411, 1972.
- CAMERON-SMITH, D; COLLIER, G.R.; O'DEA, K. Effect of soluble dietary fibre on the viscosity of gastrointestinal contents and the acute glycaemic response in the rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.71, n.4, p.563-571, 1994.
- CAREW, T.E; HAYES, S.B.; KOSCHINSKY, T.; STEINBERG, D. Mechanism by which high density lipoprotein may slow the atherogenic process. **The Lancet**, London, v.1, p.1315-1317, 1976.

- CASPARY, W.F.; ELSENHANS, B.; SUFKE, U.; PLOK, M.; BLUME, R.; LEMBCKE, B.; CREUTZFELDT, W. Effect of dietary fiber on absorption and motility. In: GREIDANUS, T.J.B. Van W. ed. **Frontiers of Hormone Research**, 1980, v.7, p.202-217.
- CHEN, W.J.L. & ANDERSON, J.W. Effects of guar gum and wheat bran on lipid metabolism of rats. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.109, n.6, p.1028-1034, 1979.
- CHEN, W.J.L.; ANDERSON, J.W.; GOULD, M.R. Effects of oat bran, oat gum, and pectin on lipid metabolism of cholesterol fed rats. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v.24, p.1093-1098, 1981.
- CHEN, W.J.L.; ANDERSON, J.W.; JENNINGS, D. Propionate may mediate the hypocholesterolemic effects of certain soluble plant fibres in cholesterol-fed rats. **The Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, Orlando, v.175, p.215, 1984.
- CODE OF FEDERAL REGULATIONS. U.S. CFR, Capítulo 21, Seção 184, p.1339, 1984.
- COOPER, C. Manual of Laboratory Operations. Lipid Research Clinics Program. V.1.: **Lipid and Lipoprotein Analysis**, National Heart and Lung Institute, NIH (USA), 1974.
- CUMMINGS, J.H. Polysaccharide fermentation in the human colon. In: KASPER, H. & GOEBELL, H. eds. **Colon and Nutrition**, Lancaster: MTP Press, 1982. p.91-103.
- CUMMINGS, J. H. & BRANCH, W.J. Fermentation and the production of short-chain fatty acids in the human colon. In: VAHOUNY, G.V. & KRITCHEVSKY, D. eds. **Dietary fiber: basic and clinical aspects**. New York : Plenum-Press, 1986, .

- DELORME, C.B. ; WOJCIX, J.; GORDON, C. Method of addition of cellulose to experimental diets and its effect on rat growth and protein utilization. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 111, p.1522-1527, 1981.
- DREHER, M.L. **Handbook of dietary fiber**. New York: Marcel Dekker, 1987.
- DUNCAN, K.H. ; BACON, J.A.; WEINSIER, R.L. The effects of high and low energy density diets on satiety, energy intake and eating time of obese and non obese subjects.**American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.37, p. 763-767, 1983.
- DURRANT, M.L. & ROYSTON, P. The effect of preloads of varying energy density and methyl cellulose on hunger, appetite and salivation. **The Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v.37,p.87A, 1978.
- DURRINGTON, P.N. ; BOLTON, C.H. ; MANNING, A.P. ; HARTOG, M. Effect of pectin on serum lipids and lipoproteins, whole-gut, transit-time and stool weight. **The Lancet**, London, v.2, p.394, 1976.
- EBELING, P.; YKI-JÄRVINEN, H.; ARO, A.; HELVE,E.; SINISALO, M.; KOIVISTO, V.A. Glucose and lipid metabolism and insulin sensitivity in type 1 diabetes: the effect of guar gum. **The American Journal of Clinical Nutrition** , Bethesda, v.48, n.1, p. 98-103, 1988.
- EDWARDS, C.A. ; BLACKBURN, N.A.; CRAIGEN, L. ; DAVISON, P.; TOMLIN, J. ; SUEDEN, K.; JOHNSON, I.T.; READ, N.W. Viscosity of food gums determined in vitro related to their hypoglycemic actions. **American Journal of Clinical Nutrition** , Bethesda, v.46, p. 72-77, 1987.

- ELLIS, P.R. & DAWOUD, F.M. Blood glucose, plasma insulin and sensory responses to guar - containing wheat breads: effects of molecular weight and particle size of guar gum. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.66, n.3, p.363-379, 1991.
- EVANS, E. & MILLER, D.S. Bulking agents in the treatment of obesity. **Nutrition Metabolism**, v.18, p.199-203, 1975.
- FAIRCHILD, R.M.; DANIELS, C.E.J.; ELLIS, P.R.; NAQUI, S.H.M.; KWAN, R.M.F.; MIR, M.A. Effect of two types of guar gum in solid and liquid foods on postprandial blood glucose, plasma insulin and C-peptide in healthy subjects. **The Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v.49, n.1, p.54A, 1990.
- FRIEDEWALD, W.T.; LEVY, R.I.; FREDRICKSON, D.S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of preparative ultracentrifuge. **Clinical Chemistry**, v.18, p.499-502, 1972.
- GALLAHER, D. & SCHNEEMAN, B. Effect of dietary fiber on protein digestibility and utilization. In: SPILLER, G.A.ed. **Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1986. p.143-164.
- GATENBY, S.J.; ELLIS, P.R.; MORGAN, L.M.; DAWOUD, F.M.; JUDD, P.A. The effect of low, medium and high molecular weight grades of guar gum on postprandial blood glucose and plasma insulin in non-insulin-dependent diabetics. **The Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v.50, n.1, p. 58A, 1991.
- GLORE, S.R.; TREECK, D.V.; KNEHANS, A.W.; GUILD, M. Soluble fiber and serum lipids: a literature review. **Journal of the American Dietetic Association**, v.94, n.4, p. 425-436, 1994.

- GOLDSTEIN, A.M. & ALTER, E.N. Guar gum. In: WHISTLER, R.L. & BEMILLER, J.N. **Industrial gums**. New York:Academic Press, 1959. Cap. 15, p.321-341.
- GORDON, T. ; CASTELLI, W.P.; HJORTLAND, M.C. ; KANNEL, W.B.; DAWBER, T.R. High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease. **The American Journal of Medicine**, v.62, p.707-714, 1977.
- GORMAN, M.A. & BOWMAN, C. Position of the American Dietetic Association : Health implications of dietary fiber. **Journal of The American Dietetic Association**, Chicago, v. 93, n.12, p.1446-1447, 1993.
- GOULDER, T.J. Guar and diabetes. **The Lancet**, London, v.3, p.612, 1979.
- GOYCOOLEA, F.M. ; MORRIS, E.R.; GIDLEY, M.J. Viscosity of galactomannans at alkaline and neutral pH: evidence of " hyperentanglement " in solution. **Carbohydrate Polymers**, v.27, n.1, p. 69-71, 1995.
- HAAN, V.; ISTASSE, L.; JAKOVLJEVIC, S.; DUFRASNE, I. ; BIENFAIT, J.M. Effects of cellulose, pectin and guar gum on gastric emptying, digestibility and absorption in resting dogs. **The Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v.49, n.2, p.146A, 1990.
- HABER, G.B.; HEATON, K.W.; MURPHY, D.; BURROUGHS, L.F. Depletion and disruption of dietary fibre. Effects on satiety, plasma-glucose and serum insulin. **The Lancet**, London, v.2, p.679-682, 1977.
- HAMBERG,G.; RUMESSEN, J.J. ; GUDMAND, H.E. Blood glucose response to pea fiber: comparisons with sugar beet fiber and wheat bran. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.50, n.2, p.324-328, 1989.

- HARMUTH-HOENE, A.E. & SCHELENZ, R. Effect of dietary fibre on mineral absorption in growing rats. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.110, p.1774, 1980.
- HAUG, A. & HOSTMARK, A.T. Lipoprotein lipases, lipoproteins and tissue lipids in rats fed fish oil or coconut oil. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.117, n.6, p. 1011-1017, 1987.
- HEATON, J.W. Food fiber as an obstacle to energy intake. **The Lancet**, London, v.2, p.1418-1421, 1973.
- HELLER, S.N.; HACKLER, L.R. ; RIVERS, J.M. Dietary fiber: the effect of particle size of wheat bran on colonic function in young adult men. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.33, p.1734-1744, 1980.
- HOAGLAND, P.D. Binding of dietary anions to vegetable fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.37, p.1343-1347, 1989.
- HOLT, S.; HEADING, R.C.; CARTER, D.C. ; PRESCOTT, L.F.; TOTHILL, P. Effect of gel fibre on gastric emptying and absorption of glucose and paracetamol. **The Lancet**, London, v. 1, p.636-639, 1979.
- HOVE, E.L. & KING, S. Effect of pectin and cellulose on growth, feed efficiency and protein utilization, and their contribution to energy requirement and caecal VFA in rats. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.109, p.1274, 1979.
- HUANG, T.C.; CHEN, C.P.; WEFLER, V.; RAFTERY, A. A stable reagent for the Liebermann-Burchard reaction. **Analytical Chemistry**, New York, v.33, p.1405-1407, 1961.

- HUGHES, J.S. Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. **Food Technology**, Chicago, v.9, p. 122-126, 1991.
- ILLMAN, R.J.; TOPPING, D.L.; DOWLING, K.; TRIMBLE, R.P.; RUSSEL, R.G.; STORER, G.B. Effects of solvent extration on the hypocholesterolaemic action of oat bran in the rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.65, p.435-443, 1991.
- INK, S.L. & HURT, D. Nutrition implications of gums. **Food Technology**, Chicago, v.41, n.1, p.77-82, 1987.
- ISTASSE, L.; HAAN, V.; BECKERS, J.F.; VAN EENAEME, C.; BIENFAIT, J.M. Effects of cellulose, pectin and guar gum on plasma insulin and metabolites in resting dogs. **The Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v.49, n.2, p. 147A, 1990.
- JENKINS, D.J.A. Slow release carbohydrate and the treatment of diabetes. **The Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v.40, p.227-235, 1981.
- JENKINS, D.J.A.; LEEDS, A.R.; NEWTON, C.; CUMMINGS, J.M. Effect of pectin, guar gum and wheat fibre on serum cholesterol. **The Lancet**, London, v.1, p. 1116-1117, 1975.
- JENKINS, D.J.A.; LEEDS, A.R.; GASSULL, M.A.; WOLEVER, T.M.S.; GOFF, D.V.; ALBERTI, K.G.M.M.; HOCKADAY, T.D.R. Unabsorbable carbohydrates and diabetes: decreased post-prandial hyperglycaemia. **The Lancet**, London, v.2, p. 172-174, 1976.
- JENKINS, D.J.A. ; LEEDS, A.R. ; GASSULL, M.A. ; COCHET, B.; ALBERTI, K.G.M.M. Decrease in postprandial insulin and glucose concentrations by guar and pectin. **Annals of International Medicine**, v.86, n.1, p. 20-23, 1977.

- JENKINS, D.J.A.; WOLEVER, T.M.S.; LEEDS, A.R.; GASSULL, M.A.; HAISMAN, P.; DILAWARI, J.; GOFF, D.V.; METZ, G.L.; ALBERTI, K.G.M.M. Dietary fibres, fibre analogues and glucose tolerance: importance of viscosity. **British Medical Journal**, v.1, p. 1392-1395, 1978.
- JENKINS, D.J.A. ; NINEHAM, R.; CRADDOCK, C.; MCFEELY, P.C.; DONALDSON, K.; LEIGH, T.; SNOOK, J. Fibre and diabetes. **The Lancet**, London, v.1, p.434-435, Feb., 1979.
- JENKINS, D.J.A.; WOLEVER, T.M.S.; TAYLOR, R.H.; REYNOLDS, D.; NINEHAM, R.; HOCKADAY, T.D.R. Diabetic glucose control, lipids and trace elements on long-term guar. **British Medical Journal** , v.7, p.1353-1354, 1980.
- JOHNSON, I.T. & GEE, J.M. Effect of gel-forming gums on the intestinal unstirred layer and sugar transport in vitro . **Gut**, v.22, p.398-403, 1981.
- JOHNSON, I.T. ; GEE, J.M.; MAHONEY, R.R. Effect of dietary supplements of guar gum and cellulose on intestinal cell proliferation, enzyme levels and sugar transport in the rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.52, n.3, p. 477-487, 1984.
- JOHNSON, I.T. ; GEE, J.M.; BROWN, J.C. Plasma enteroglucagon and small bowel cytokinetics in rats fed soluble non-starch polysaccharides. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.47, p.1004-1007, 1988.
- JUDD, P.A. & TRUSWELL, A.S. Comparison of the effects of high- and low-methoxyl pectins on blood and faecal lipids in man. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.48, p.451-458, 1982.

JUDD, P.A. & TRUSWELL, A.S. The hypocholesterolemic effects of pectins in rats. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.53, p.409-442, 1985.

KAY, R.M. & TRUSWELL, A.S. Effect of citrus pectin on blood lipids and fecal steroid excretion in man. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.30, p. 171-175, 1977.

KHAN, A.R.; KHAN, G.Y.; MITCHEL, A.; QADEER, M.A.; Effect of guar gum on blood lipids. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.34, p. 2446-2449, 1981.

KIRBY, R.W. ; ANDERSON, J.W.; SIELING, B.; REES, E.D.; CHEN, W.L.; MILLER, R.E.; KAY, R.M. Oat bran intake selectively lowers serum low density lipoprotein cholesterol concentrations of hypercholesterolemic men. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.34, p. 824-829, 1981.

KLOSE, R.E. & GLICKSMAN, M. Gums. In: FURIA, T.E. **Handbook of food additives**, Cleveland: CRC Press, 1975. Cap.8. p.313-375.

KOO, S.I. & STANTON, P. Effects of cellulose, pectin and guar gum on the distribution of serum cholesterol among lipoprotein fractions. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v.24, n.2, p.395-401, 1981.

KRITCHEVSKY, D. Dietary fibre. **Annual Reviews of Nutrition**, v.8, p.301, 1988.

KRITCHEVSKY, D.; TEPPER, S.A.; SATCHITHANANDAM, S.; CASSIDY, M.; VAHOUNY, G. Dietary supplements: effects on serum and liver lipids and liver phospholipids composition in rats. **Lipids**, v.23, p.318, 1988.

- KROTKIEWSKI, M. Effect of guar gum on body-weight hunger ratings and metabolism in obese subjects. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.52, n.1, p. 97-105, 1984.
- LAZAROW, A. & PALAY, S.L. The production and course of alloxan diabetes in the rat. **The Journal of Laboratory Clinical of Medicine**, v.31, p.1004-1015, 1946.
- LEE, W.Y.; BENNINK, M.R.; CHENOWETH, W.L. Steroid metabolism, transit time, and cecal bacteria in rats fed corn or wheat bran. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.56, n.4, p. 279-283, 1979.
- LIVESEY, G.; DAVIES, I.R.; BROWN, J.C.; FAULKS, R.M.; SOUTHON, S. Energy balance and energy values of α -amylase (E.C. 3.2.1.1.)-resistant maize and pea (*Pisum sativum*) starches in the rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.63, p. 467, 1990.
- LUPTON, J.R.; CODER, D.M.; JACOBS, L.R. Long-term effects of fermentable fibres on rat colonic pH and epithelial cell cycle. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.118, p. 840-842, 1988.
- MA, L. & BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Review: Rheological properties of food gums and food gum mixtures. **Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v.33, n.2, p. 133-163, 1993.
- MADAR, Z. & THORNE, R. Dietary fiber. **Progress in Food and Nutrition Science**, v.11, p.153-174, 1987.
- MAZUR, A.; REMESY, C.; GUEUX, E.; LEVRAT, M.A.; DEMIGNÉ, C. Effects of diets rich in fermentable carbohydrates on plasma lipoprotein levels and on lipoprotein catabolism in rats. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.120, p.1037, 1990.

- MCNEIL, N.I. ; CUMMINGS, J.H. ; JAMES, W.P.T. Short-chain fatty acid absorption by the human large intestine. **Gut**, v.19, p.819, 1978.
- MEYER, J.H.; GU, Y.G; JEHN, D.; TAYLOR, I.L. Intragastric vs. intrainestinal viscous polymers and glucose tolerance after liquid meals of glucose. **American Journal of Clinical Nutrition** , Bethesda, v.48, n.2, p.260-266, 1988.
- MICKELSON, O.; MAKDAN, D.D.; COTTON, R.H.; TITCOMB, S.T.; COLMEY, J.C.; GATTY, R. Effects of a high fiber diet on weight loss in college-age males. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.32, p.1703-1709, 1979.
- MILLER, G.J. & MILLER, N.E. Plasma high density lipoprotein concentration and development of ischemic heart disease. **The Lancet**, London, v.1, p.16-17, 1975.
- MONGEAU, R.; SARWAR, G.; PEACE, R.H. ; BRASSARD, R. Relationship between dietary fiber levels and protein digestibility in selected foods as determined rats. **Plant Foods for Human Nutrition**, Oxford, v.39, n.1, p.45-51, 1989.
- MONGEAU, R.; SIDDIQUI, I.R.; EMERY, J.; BRASSARD, R. Effect of dietary fiber concentrated from celery, parsnip, and rutabaga on intestinal function, serum cholesterol, and blood glucose response in rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.38, p.195-200, 1990.
- MORGAN, L.M.; TREDGER, J.A.; MADDEN, A.; KWASOWSKI, P.; MARKS, V. The effect of guar gum on carbohydrate, fat and protein stimulated gut hormone secretion: modification of postprandial gastric inhibitory polypeptide and gastrin responses. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.53, n.3, p.467-475, 1985.

- MUNOZ, Z.M. ; SANDSTEAD, H.H.; JACOB, R.A. Effects of dietary fiber on glucose tolerance of normal men. **Diabetes**, v.28, p. 496-502, 1979.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Underexploited tropical plants with promising economic value**. Washington:National Academy Press, 1975. p.145-149.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Diet, nutrition and cancer**. Washington: National Academy Press, 1982.
- NISHINA, P.M. ; SCHNEEMAN, B.O.; FREEDLAND, R.A. Effects of dietary fibers on nonfasting plasma lipoprotein and apolipoprotein levels in rats. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.121, p. 431-437, 1991.
- NYGREN, C.; HALLMANS, G.; LITHNER, F. Long term effects of dietary fibre in bread on weight, blood glucose, glucosuria and faecal fat excretion in alloxan diabetic rats. **Diabetic Metabolism**, v.7, p.115-120, 1981.
- O'CONNOR, N.; TREDGER, J.; MORGAN, L. Viscosity differences between various guar gums. **Diabetologia**, v.20, n.6, p. 612-615, 1981.
- ODA, T.; AOE, S.; SANADA, H.; AYANO, Y. Effects of soluble and insoluble fiber preparations isolated from oat, barley, and wheat on liver cholesterol accumulation in cholesterol - fed rats. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v.39, n.1, p.73-79, 1993.
- PELLETT, P.L. & YOUNG, V.R. **Nutritional evaluation of protein foods**. Tokyo: The United Nations University, 1980.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 10 ed., São Paulo:Nobel, 1982. 430p.

RAY, T.K.; MANSELL, K.M. ; KNIGHT, L.C.; MALMUD, L.S. ; OWEN, O.E.; BODEN, G. Long-term effects of dietary fiber on glucose tolerance and gastric emptying in noinsulin-dependent diabetic patients. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.37, n.3, p. 376-381, 1983.

REYES, F.G.R.; OLIVEIRA, S.P.; AREAS, M.A.; RAMALHO, A.C. Efeito do resíduo fibroso do milho no tempo de trânsito intestinal de ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.9, n.1, p. 53-61, 1989.

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

ROBERTS, F.G.; LOW, A.G.; YOUNG, S.; SMITH, H.A.; ELLIS, P.R. The effect of high viscosity guar gum flour on the rate of glucose absorption and net insulin production in the portal blood the pig. **The Proceedings of the Nutrition Society**, v.50, n.1, p.72A, 1991.

ROEDIGER, W.E.W. Role of anaerobic bacteria in the metabolism welfare of the colonic mucosa in man. **Gut**, v.21, p. 793-795, 1980.

ROSSANDER, L.; SANDBERG, A-S.; SANDSTROM, B. **Dietary fibre-a component of food**. London: Springer-Verlag , 1992. p.176-216.

ROSSNER, S.; VON ZWEIGBERGK, D.; OHLIN, A. Effects of dietary fibre in treatment of over-weight out-patients. In: BJORNTORP, P. ; VAHOUNY, G.V. ; KRITCHEVSKY, D. eds. **Dietary fiber and Obesity**. New York: Alan R. Liss, 1985. p. 69-76.

- RYTTIG, K.R. ; LARSEN, S.; HAEGH, L. Treatment of slightly to moderately overweight persons. A double-blind placebo-controlled investigation with diet and fibre tablets (Dumovital). In: BJORNTORP, P. ; VAHOUNY, G.V. ; KRITCHEVSKY, D. eds. **Dietary Fiber and Obesity** . New York: Alan R. Liss, 1985. p.77-84.
- SAITO, Y. & YOSHIDA, K. Effect of dietary fibre on urinary thiamin excretion in humans. **The Human Nutrition, Food Science and Nutrition**, London, v.41, p. 63-70, 1987.
- SALYERS, A.A. ; VERCELLOTTI, J.R. ; WEST, S.E.H.; WILKINS, T.D. Fermentation of mucin and plant polysaccharides by strains of bacteroides from the human colon. **Applied Enviromental Microbiology**, v.33, n.2, p.319, 1977.
- SARATHY, R & SARASWATHI, G. Effect of tender cluster bean pods(*Cyamopsis tetragonoloba*) on cholesterol levels in rats. **American Journal of Clinical Nutrition** , Bethesda, v.38, n.2, p.295-299, 1983.
- SCHAUS, E.E.; DELUMEN, B.O.; CHOW, F.I.; REYES, P.; OMAJE, S.T. Bioavailability of vitamin E in rats fed graded levels of pectin. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 115, p.263-270, 1985.
- SCHEPPACH, W.; WIGGINS, H.S.; HALLIDAY, D.; SELF, R.; HOWARD, J.; BRANCH, W.J.; SCHREZENMEIR, J.; CUMMINGS, J.H. Effect of gut-derived acetate on glucose turnover in man. **Clinical Science**, v.75, p.363, 1988.
- SCHNEEMAN, B.O. & GALLAHER, D. Effects of dietary fiber on digestive enzymes. In: SPILLER, G.A. ed. **Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition** Boca Raton: CRC Press, 1986. p.305-312.

- SCHNEEMAN, B.O.; CIMMARUSTI, J.; COHEN, W.; DOWNES, L.; LEFEVRE, M. Composition of high density lipoproteins in rats fed various dietary fibers. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.114, n.7, p.1320-1326, 1984.
- SELS, J.P.; FLENDRIG, J.A. ; POSTMES, T.J. The influence of guar gum bread on the regulation of diabetes mellitus type II in elderly patients. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.57, n.2, p. 177-183, 1987.
- SHAH, N.; ATALLAH, M.T.; MAHONEY, R.R.; PELLETT, P.L. Effect of dietary fiber components on fecal nitrogen excretion and protein utilization in growing rats. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.112, p.658-666, 1982.
- SHINNICK, F.L. ; MATHEWS, R.; INK, S. Serum cholesterol reduction by oats and others fiber sources. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.36, p.815-821, 1991.
- SIMONS, L.A.; GAYST, S.; BALASUBRAMANIAM, S.; RUYS, J. Long-term treatment of hypercholesterolaemia with a new palatable formulation of guar gum. **Atherosclerosis**, v.45, p.101-108, 1982.
- SLAVIN, J. Dietary fiber: classification, chemical analyses, and food sources. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v.87, p. 1164-1171, 1987.
- SMITH, U. & HOLM, G. Effect of a modified guar gum preparation on glucose and lipid levels in diabetics and healthy volunteers. **Atherosclerosis**, v.4, n.5, p.1-10, 1982.
- SOUTHGATE, D.A. Minerals, trace elements and potential hazards. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.45, n.5, p. 1256-1266, 1987.

- SPILLER, G.A.; SHIPLEY, E.A.; BLAKE, J.A. Recent progress in dietary fiber in human nutrition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** , Boca Raton, v.10, n.1, p. 31-90, 1978.
- SPRENGER, M. New stabilising systems using galactomannans. **Dairy Industries International**, v.55, n.1, p.19-21, 1990.
- STAUB, H.W. & ALI, R. Nutritional and physiological value of gums. In: GLICKSMAN, M. ed. **Food Hydrocolloids**. Boca Raton: CRC Press, 1982. p.101.
- STEVENS, J. Does dietary fiber affect food intake and body weight? **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v.88, p.939-945, 1988.
- STORY, J.A. & KRITCHEVSKY, D. Dietary fiber and lipid metabolism. In: SPILLER, G.A. & AMEN, R.J. **Fiber in human nutrition**. New York: Plenum Press, 1976.
- SWINDELL, T.E. & JOHNSON, I.T. The effect of prolonged dietary supplementation with guar gum on subsequent iron absorption and retention in rats. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.57, n.2, p.245-253, 1987.
- TOMA, R.B. & CURTIS, D.J. Dietary fibre: effect on mineral bioavailability. **Food Technology**, Chicago, v.40, p.111, 1986.
- TOPPING, D.L. Soluble fiber polysaccharides: effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. **Nutrition Reviews**, v.49, p.195-203, 1991.

TORSDOTTIR, I.; ALPSTEN, M.; ANDERSON, H.; EINARSSON, S. Dietary guar gum. Effects on postprandial blood glucose, insulin and hydroxyproline in humans. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.119, n.12, p. 1925-1931, 1989.

TRINDER, P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. **Analytical Clinical Biochemistry**, New York, v.6, n.24, p. 24-27, 1969.

TROWELL, H. Dietary fibre, ischaemic heart disease and diabetes mellitus. **The Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, 32:151-157, 1973.

TROWELL, H.; SOUTHGATE, D.A.; WOLEVER, T.M.S.; LEEDS, A.R.; GASSUL, M.A.; JENKINS, D.J.A. Dietary fibre redefined. **The Lancet**, London, v.1, p.967, 1976.

TURNBULL, W.H. & LEEDS, A.R. Reduction of total and LDL-cholesterol in plasma by rolled oats. **Journal of Clinical Nutrition and Gastroenterology**, v.2, p.177-180, 1987.

TURNER, P.R.; TUOMILEHTO, J.; HAPPONEN, P.; LAVILLE, A.E.; SHAIKH, M.; LEWIS, B. Metabolic studies on the hypolipidaemic effect of guar gum. **Atherosclerosis**, v.81, n.2, p.145-150, 1990.

UBEROI, S.K. ; VADHERA, S.; SONI, G.L. Role of dietary fibre from pulses and cereals as hypocholesterolemic and hypolipidemic agent. **Journal of Food Science and Technology**, London, v.29, n.5, p.281-283, 1992.

UUSITUPA, M.; SIITONEN, O.; SAVOLAINEN, K.; SILVASTI, M.; PENTTILA, I.; PARVIAINEN, M. Metabolic and nutritional effects of long-term use of guar gum in the treatment of noninsulin-dependent diabetes of poor metabolic control. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.49, n.2, p.345-351, 1989.

VAHOUNY, G.V. & CASSIDY, M.M. Dietary fibers and absorption of nutrients. **The Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, Orlando, v.180, p. 432-446, 1985.

VAHOUNY, G.V. ; ROY, T.; GALLO, L.L.; STORY, J.A.; KRITCHEVSKY, D. ; CASSIDY, M. Dietary fibres. III Effects of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.33, p.2182, 1980.

VAHOUNY, G.V; KHALAFI, R.; SATCHITHANANDAM, S.; WATKINS, D.W.; STORY, J.A.; CASSIDY, M.M.; KRITCHEVSKY, D. Dietary fibre supplementation and faecal bile acids, neutral steroids and divalent cations in rats. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.117, p. 2009, 1987.

VIOLA, S.; ZIMMERMAN, G.; MOKADY, S. Effect of pectin and algin upon protein utilization, digestibility of nutrients, and energy in young rats. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v.1, p.367-375, 1970.

VUORINEN-MARKKOLA, H.; SINISALO, M.; KOIVISTO, V.A. Guar gum in insulin-dependent diabetes: effects on glycemic control and serum lipoproteins. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.56, n.6, p.1056-1060, 1992.

WALKER, A.R.P. Does the dietary fiber hypothesis really "work"? **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.38, n.3, p.128-134, 1993.

WATTERS, K. & BLAISDELL, P. Reduction of glycaemic and lipid levels in db/db diabetic mice by Psyllium plant fibre. **Diabetes**, v.38, p.1528, 1989.