EFEITO DA INGESTÃO DE MANGA (*Mangifera indica*,L.) NOS NÍVEIS DE GLICOSE SANGUÍNEA DE RATOS NORMAIS E DIABÉTICOS

GRASIELA FERRAZ PERPÉTUO
Engenheira Agrônoma

Orientadora: Profa. Dra. **JOCELEM MASTRODI SALGADO**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Outubro – 2000

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Perpétuo, Grasiela Ferraz

Efeito da ingestão de manga (*Mangifera indica*, L.) nos níveis de glicose sanguínea de ratos normais e diabéticos / Grasiela Ferraz Perpétuo. - - Piracicaba, 2000.
53 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Diabetes 2. Dieta terapêutica 3. Ensaio biológico 4. Farinha de manga 5.
Fisiologia animal 6. Hipoglicemia 7. Rato 8. Tecnologia de alimento I. Título

CDD 664.804441

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

À

Meu Pai Abner da Silva Perpétuo com muito amor e saudade e pela satisfação de tê-lo tido como colega

Minha Mãe Lizeika Ferraz Perpétuo com muito amor e gratidão

Minha querida irmã Gisele Ferraz Perpétuo Tammerik pela amizade, amor e apoio em todos os momentos

Dedico e ofereço

Agradecimentos

À Deus, pelo amor e o Dom da vida Eterna.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela formação recebida

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro.

À Professora Dra. Jocelim Mastrodi Salgado, pela orientação, apoio e amizade durante a realização desse trabalho.

À Maria de Lourdes Storer, pelo auxílio técnico nas análises laboratoriais e amizade.

À secretária Raquel Iracema da Silva, pela constante boa vontade, carinho e estímulo.

À Dra. Andréa Frias, pela revisão do texto, troca de idéias, comentários no desenvolvimento do trabalho.

À profa. Solange G.Canniatti-Brazaca, pela revisão do texto e idéias importantes para o desenvolvimento da dissertação.

À profa. Marília Oetterer, pela revisão do texto, amizade, comentários e ensinamentos para elaboração do trabalho.

À profa. Rachel Elizabeth Domarco, pela revisão do texto, dicas importantes no desenvolvimento da dissertação.

À profa. Maria Cristina, pela colaboração nas análises estatísticas do experimento.

Ao professor Jorge Horri, pelo carinho, atenção e ensinamentos durante o curso de Mestrado.

À bibliotecária Beatriz Helena Giongo, pelo auxílio nas correções e organização das referências bibliográficas.

À secretária Regina Lúcia de Mello Lourenço pela simpatia e compreensão em todos os momentos.

A todos os meus colegas da pós-graduação, em particular às amigas especiais: Liliane Stipp e Alessandra C.B.A. Monteiro Hara, pelo apoio e amizade em todos os momentos.

Ao José Mário Libardi, pelo amor, apoio e carinho.

À minha mãe e irmã, que sempre ajudaram, nos momentos mais difíceis e alegres.

A todos que de alguma forma contribuíram nesses bons momentos do curso de Mestrado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Diabetes mellitus: definição e classificação.....	4
2.2. Ação das fibras alimentares no tratamento do diabetes	6
2.3. Manga.....	7
3. MATERIAL E MÉTODO.....	10
3.1. Local do experimento	10
3.2. Farinha de manga	10
3.3. Análises química e física da farinha de manga	10
3.3.1. Umidade, cinza, extrato etéreo e proteína bruta.....	11
3.3.2. Fibra solúvel e insolúvel	11
3.3.3. Análise de minerais	11
3.3.4. Granulometria	11
3.4. Primeiro ensaio biológico	12
3.4.1. Preparo das dietas.....	12
3.4.2. Animais utilizados	13
3.4.3. Coleta de sangue e análises bioquímicas.....	14
3.4.4. Obtenção dos animais diabéticos.....	15
3.5. Segundo ensaio biológico	15
3.5.1. Preparo das dietas.....	16
3.5.2. Coleta de sangue/ fígado e análises bioquímicas.....	17
3.6. Análise estatística	18

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1. Caracterização da farinha de manga.....	19
4.1.1. Composição química	19
4.1.2. Granulometria	22
4.2. Primeiro ensaio biológico	23
4.2.1. Análises bioquímicas.....	23
4.2.2. Consumo alimentar e ganho de peso	27
4.3. Segundo ensaio biológico	29
4.3.1. Análises bioquímicas	32
4.3.2. Consumo alimentar e ganho de peso	36
5. CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE FIGURAS

Página

1. Níveis séricos de glicose em ratos machos Wistar durante o primeiro ensaio biológico	24
2. Níveis séricos de glicose em ratos machos Wistar diabéticos durante o primeiro ensaio biológico.....	25
3. Consumo total de dieta pelos ratos normais durante o primeiro ensaio biológico.....	27
4. Consumo total de dieta pelos ratos diabéticos durante o primeiro ensaio biológico.....	28
5. Ganho em peso de ratos machos Wistar normais durante o primeiro ensaio biológico	30
6. Ganho em peso de ratos machos durante o primeiro ensaio biológico.....	31
7. Níveis séricos de glicose em ratos machos Wistar diabéticos durante o segundo ensaio biológico.....	33
8. Níveis de insulina plasmática em ratos machos Wistar diabéticos no início (T0) e no 30° dia (T30) de ensaio.....	35
9. Teor de glicogênio hepático dos ratos diabéticos ao final do segundo ensaio biológico.....	36
10. Consumo total de dieta pelos ratos machos Wistar durante o segundo ensaio biológico.....	38
11. Ganho de peso total dos ratos machos Wistar diabéticos du-	

rante o segundo ensaio biológico	39
--	----

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Composição das dietas controle e suplementadas com farinha de manga para o primeiro ensaio biológico	13
2. Composição das dietas controle e suplementadas com 5% de farinha de manga para o segundo ensaio biológico	17
3. Composição química da farinha de manga pré-seca	19
4. Composição de minerais da farinha de manga.....	22
5. Granulometria da farinha de manga.....	23

EFEITO DA INGESTÃO DE MANGA (*Mangifera indica*,L) NOS NÍVEIS DE GLICOSE SANGUÍNEA DE RATOS NORMAIS E DIABÉTICOS

Autora: Grasiela Ferraz Perpétuo

Orientadora: Profa. Dra. Jocelim Mastrodi Salgado

Resumo

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito hipoglicemiante da manga (*Mangifera indica*, L.) em ratos normais e diabéticos. A farinha de manga utilizada nesta pesquisa apresentou 6,85% de fibra solúvel, 11,96% de fibra insolúvel, 2,53% de proteína bruta, 1,3% de lipídios totais, 2,52% de cinzas e 6,78% de umidade. Dois ensaios biológicos foram realizados com ratos normais e diabéticos, alimentados com dietas contendo diferentes concentrações de farinha de manga a fim de avaliar seu efeito hipoglicemiante.

No primeiro ensaio, foram preparadas dietas contendo 0, 5, 10 e 15% de farinha de manga e oferecidas a ratos normais e diabéticos por um período de 30 dias. A dieta com 5% de farinha de manga foi a mais eficiente em reduzir o nível de glicose sanguínea em ratos diabéticos ($p < 0,05$), não havendo diferença significativa entre os ratos normais. Tanto os animais normais como os diabéticos não apresentaram diferenças significantes com relação ao consumo

alimentar e ganho de peso. A diferença ocorreu somente naqueles animais alimentados com 15% de manga, que apresentaram um consumo alimentar superior aos animais controles.

Com base nesses resultados optou-se por realizar um segundo ensaio biológico, com ratos diabéticos, com o objetivo de verificar se a dieta com 5% de farinha de manga continuaria reduzindo a glicemia por um período mais longo, no caso 90 dias. Nesse ensaio, utilizou-se dietas contendo 0 e 5% de farinha de manga. Os resultados mostraram que a farinha de manga diminuiu significativamente ($p < 0,05$) a taxa de glicose sanguínea nos animais diabéticos após 15 dias de ensaio, sendo que os níveis permaneceram baixos até o término do experimento. Neste ensaio, determinou-se o glicogênio hepático dos animais e, obteve-se um aumento significativo (64% maior) entre os animais alimentados com 5% de manga. O consumo dos animais alimentados com manga foi significativamente maior em relação aos controles, assim como o ganho de peso.

Os resultados desta pesquisa mostram que a farinha de manga quando introduzida na dieta de ratos, em concentração de 5%, é efetiva no tratamento do diabetes.

EFFECT OF THE MANGO INGESTION (*Mangifera indica*, L.) IN THE GLUCOSE BLOOD LEVEL OF NORMAL AND DIABETIC RATS.

Author: Grasiela Ferraz Perpétuo

Adviser: Profa. Dra. Jocelim Mastrodi Salgado

Summary

The goal of this research was to evaluate the hypoglycemia-inducing effect of mango (*Mangifera indica* L.) in normal and diabetic rats. The mango used in this research presented 6,85% of soluble fiber, 11,96% of insoluble fiber, 2,53% of crude protein, 1,3% of total lipids, 2,52% of ashes and 6,78% moisture. Two biological experiments were done with normal and diabetic rats, fed with diets contains different mango concentrations in order to evaluate its effect hypoglycemic.

At the first assay, were prepared with 0, 5, 10 and 15% of mango flour and offered the normal and diabetic rats for a period of 30 days. The diet with 5% of mango flour went more efficient in reducing the blood glucose in diabetic rats ($p<0,05$), not having significant difference among the normal rats. Either the normal animals as the diabetics animals didn't present significant differences with relationship to food intake and body weight gain. The difference only happened in

those animals fed with 15% of mango, that showed a food intake higher than the animals controls.

With base in those results, it was done a second biological assay, with diabetic rats, with the objective of verifying the diet with 5% of mango flour would continue reducing the blood glucose for a longer period of assay, in the case 90 days. In that experiment it was used diets contends 0 and 5% of mango flour. The results showed that the mango flour decreased significantly ($p < 0,05$) the blood glucose in the diabetic animals after 15 days of assay, and the levels stayed low until the end of the experiment. In this experiment, the hepatic glicogenic of the animals was determined and, it was obtained a significant increase (64% higher) among the animals fed with 5% of mango. The consumption of the animals fed with mango was significantly higher in relation to the controls, as well as the weight gain.

The results of this research show that the mango flour when introduced in the rat diet, in concentration of 5%, it is effective in the treatment of the diabetes.

1 INTRODUÇÃO

A cada ano a quantidade de pessoas com diabetes vem aumentando. A doença atinge 300 milhões de pessoas no mundo e é importante causa de mortalidade em diferentes grupos etários (Oliveira, 1994). Na América Latina, o diabetes apresenta uma incidência que chega a ser um desafio para a saúde pública afetando uma entre quarenta e até mesmo uma entre vinte pessoas da população adulta, segundo dados da OMS (Johnson, 1991). Além de óbito, o diabetes ainda danifica rins e outros órgãos e sistemas do corpo. Nos EUA, quatrocentas mil amputações por ano são em razão de complicações originadas do diabetes e é, também, a primeira causa de cegueira e problemas renais em adultos (Fuhrman, 1994).

A dieta, além da atividade física, constituem fator importante no controle do diabetes (Halpern & Mancini, 1992; Fuhrman 1994; Anderson et al., 1988; Silva, 1996).

Os alimentos ricos em fibras solúveis, apresentam efeito hipoglicemiante (Freitas et al., 1994; Torsdottir et al., 1991), por retardar a digestão do amido e polissacarídeos, diminuir o trânsito do estômago para o duodeno e diminuir a difusão de vários sacarídeos (Nishimune et al., 1991). Entretanto, acredita-se que somente as fibras solúveis são ativas sobre metabolismo de glicose, em humanos (Riccardi & Rivellese, 1991). Quando adicionadas a alimentos,

provocam a redução do nível de glicose pós - prandial (Liljeberg et al., 1996; Jenkins et al., 1977).

Níveis altos de fibras em alimentos devem ser ainda associados a dietas pobres em gordura saturada e colesterol e quantidades consideráveis de carboidratos, tanto para DMDI como para DMNDI (Riccardi & Rivellese, 1991).

A maioria dos estudos com fibras mostra também que a fração solúvel é a principal responsável pelos efeitos de redução de colesterol e glicose (Anderson, 1986). 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 e hortaliças. Já a fibra insolúvel inclui a celulose, lignina e algumas frações de hemicelulose, e predomina nas hortaliças, leguminosas e cereais (Shinnick & Matheus, 1991). Guzman et al. (1977), estudaram o conteúdo de pectina em mangas e concluíram que a pectina presente na manga, é de alta metoxilação, com alto grau de esterificação e rápido poder espessante.

Segundo Sauco & Galvan (1990), as mangas possuem quantidades variadas de fibras, variando conforme as espécies. Nahar et al. (1990), estudando as fibras totais presentes numa variedade de manga, verificaram quantidades consideráveis: 3,9% de fibra solúvel e 33,1% de fibra insolúvel.

Nesse trabalho, formulou-se a hipótese de que a farinha de manga apresenta eficácia na redução dos níveis de glicose sanguínea e com base nessa hipótese e tendo em vista a importância de se encontrar alimentos hipoglicemiantes eficientes, palatáveis e também uma melhor adequação de indivíduos diabéticos a uma dieta mais agradável, é que se propôs desenvolver a pesquisa, tendo por objetivos:

- determinar a composição química da farinha de manga;
- comparar os efeitos de várias concentrações de farinha de manga sobre parâmetros bioquímicos como níveis séricos de glicose e glicogênio hepático, através de ensaio biológico com ratos normais e diabéticos;
- verificar os efeitos da administração de diferentes concentrações de farinha de manga sobre parâmetros nutricionais, como consumo alimentar e ganho de peso corporal.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DIABETES MELLITUS: DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

O Diabetes mellitus é uma doença crônica degenerativa hereditária tão antiga quanto a própria humanidade. No primeiro século após o nascimento de Cristo, o médico Aretaeus descreveu uma doença em que o corpo comia sua própria carne e liberava grandes quantidades de urina. Ele denominou essa doença de diabetes, palavra grega que significa sifão, ou seja, passagem através de um sifão. Muito mais tarde, no século dezessete, a palavra mellitus, cujo significado é mel, foi acrescentada devido à natureza adocicada da urina das pessoas com a doença.

Diabetes mellitus é o nome dado a um conjunto de situações resultantes da incapacidade do organismo em manter a glicemia dentro de limites normais (70 a 115 mg / dL de sangue em jejum). É a condição na qual o organismo perdeu, parcialmente, o poder de metabolizar a carboidratos e gorduras, resultando em aumento na concentração de glicose (hiperglicemia) e lipídios (hiperlipidemia) na circulação sanguínea levando eventualmente, a uma degeneração vascular prematura. O metabolismo anormal é o resultado da secreção inadequada de insulina ou ineficácia de insulina disponível (Mahan & Arlin, 1995).

A insulina é a substância mais importante no controle da glicemia. É um hormônio produzido por células especiais (células beta) do pâncreas. Quando hidratos de carbono são ingeridos e absorvidos, a glicemia aumenta; neste momento, as células produtoras de insulina liberam esse hormônio para a corrente sangüínea. Esta liberação reduz a glicemia, permitindo que glicose do sangue entre para as células do fígado, músculos e tecido adiposo, afim de ser usada mais tarde na produção de energia. Quando há insulina insuficiente, tal processo não ocorre, elevando a glicemia a níveis excessivamente altos (Guyton, 1984; Anderson et al, 1988; Mahan & Arlin, 1995; Anderson et al.1984). Os sintomas da doença são: elevada taxa de glicose no sangue, aumento do volume urinário (poliúria), sede em excesso (polidipsia), fadiga, fraqueza e perda de peso apesar do apetite excessivo (hiperfagia), (Lyon & Vinci, 1993).

O diabetes pode ser caracterizado por dois tipos: tipo 1= dependentes de insulina (DMDI) e tipo 2= não dependentes de insulina (DMNDI).

Cerca de 5 a 10% dos casos de diabetes são do tipo 1 ou diabetes infantojuvenil, que manifesta-se mais comumente nos jovens, podendo no entanto, ocorrer em qualquer idade. Neste caso, o início da doença é súbito, podendo ser congênito. A secreção da insulina é mínima ou ausente, portanto, são insulinodependentes e necessitam de uma dieta nutricionalmente adequada mais insulina para controlar a doença.

De acordo com os dados do Guia Básico para Diagnóstico e Tratamento do diabetes mellitus, do Ministério da Saúde (1996), essa doença atinge 5 a 7 milhões de brasileiros. Desse total, 90% são portadores do diabetes do tipo 2, ou seja, diabetes tipo adulto ou diabetes com início na maturidade. Geralmente atinge pessoas com mais de 40 anos de idade, quase sempre obesas. Elas produzem insulina, mas o organismo oferece resistência à ação do hormônio. O

início da doença é gradual, podendo ser diagnosticado até anos após o seu início; a insulina é produzida mas a secreção pode estar retardada, o controle da doença pode ser pela dieta ou por dieta mais agentes orais (Anderson et al., 1988).

2.2 AÇÃO DAS FIBRAS ALIMENTARES NO TRATAMENTO DO DIABETES

Após Trowell (1973) que primeiro sugeriu que as fibras alimentares poderiam estar envolvidas com o tratamento do diabetes mellitus, têm sido demonstrado que o consumo de algumas fibras alimentares, afeta o metabolismo da glicose.

As fibras dietéticas totais são divididas em fibra insolúvel e solúvel e suas ações podem ser físicas e/ou fisiológicas no sistema gastrointestinal. 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 do cólon (Haber et al., 1977; Walker, 1993).

As fibras solúveis em água (guar e pectina, por exemplo) são apontadas como sendo mais eficazes em reduzir a glicemia pós prandial por retardarem o esvaziamento gástrico (Schwartz et al., 1982) ou por proporcionarem aumento da viscosidade intestinal (Blackburn et al., 1984).

As fibras insolúveis, segundo Jenkins et al. (1975), apresentam menor efeito quando comparada às solúveis por não proporcionarem aumento da viscosidade luminal do intestino delgado. No entanto, essa fibra, pode contribuir para diminuir a glicemia pós prandial, no sentido de que aumenta

consideravelmente o volume do bolo fecal, favorecendo a defecação diminuindo o tempo de trânsito intestinal (Heaton et al., 1988).

Alguns estudos ainda, sugerem também que dietas ricas em fibras reduzem ou eliminam a necessidade de insulina em alguns diabéticos dependentes do hormônio e nos não dependentes. Por isso, inúmeras sociedades responsáveis da área de nutrição e diabetes, recomendam dietas para diabéticos contendo alto teor de fibras (Canadian Diabetes Association, 1981; American Diabetes Association, 1987; Diabetes and Nutrition Study group of European Association for the Study of Diabetes, 1988).

Anderson & Ward (1979), estudando a complementação da dieta de 20 homens diabéticos (magros) com carboidratos e fibras, observaram que a dose média de insulina foi reduzida de 26 unidades/dia ($p < 0,001$), quando comparada à dieta sem fibras.. Em animais as fibras ainda contribuem para a diminuição de complicações nefrológicas, comuns no diabetes (Gallaher et al., 1992).

2.3 Manga

A manga (*Mangifera indica*, L.) é uma fruta tropical, da família Anacardiaceae, originária da Ásia, do sudeste da Índia e região Indo-Burma ou também do Arquipélago Malaio. No decorrer dos séculos se dispersou de seu centro de origem para as áreas tropicais e subtropicais do globo (Donadio, 1980; Medina et al., 1981; Kostermans & Bompard, 1993), tornando - se a quarta fruta dos trópicos no mercado internacional (Cunha et al., 1993; Cunha et al., 1994).

A Ásia é a principal produtora da fruta, responsável por 80% da produção mundial, seguida pelas Américas e África com 13% e 7%, respectivamente (Loeillet, 1994). No Brasil, a produção de manga encontra-se em crescimento e desponta como uma opção de cultivo, principalmente para áreas irrigadas. A expansão dos mercados interno e externo é uma das principais razões desse crescimento (São José et al., 1996). Segundo a FAO (1996) o Brasil, naquele ano foi o quinto produtor mundial de manga e, sua produção concentrada nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Pernambuco (Agrianual, 2000).

De modo geral, a cultura é conduzida livre de pragas e distúrbios fisiológicos apresentando alta qualidade dos frutos conquistando novos mercados (Cunha et al., 1993; Gayet et al., 1994), uma vez que possui emergente aceitabilidade, tanto no mercado interno quanto no externo, principalmente o Europeu (Loeillet, 1994).

O consumo da manga pode ser "*in natura*" ou ainda na forma de alimentos processados como: sucos, conservas, pickles, geléias, sorvetes e compotas. Quando comparada em valor nutricional a outras frutas tropicais e temperadas, a manga apresenta grande superioridade (Donadio, 1980; Manica, 1981).

É constituída principalmente de água, carboidratos, ácidos orgânicos (málico e cítrico), sais minerais, proteínas e pigmentos. O teor de água decresce com o amadurecimento. Os carboidratos, que se acham em elevadas proporções, são formados por amido, açúcares, celulose, pectina (Sales, 1980). O amido vai se transformando em açúcar à medida que a fruta amadurece (Manica, 1981); o conteúdo dos açúcares varia de 15 a 20%, sendo que a maior

parte está na forma de sacarose seguida de frutose e glicose (Kostermans & Bompard, 1993). A pectina é constituinte de paredes celulares, juntamente com a celulose e hemicelulose, e durante a fase de maturação é degradada; o tanino acha-se presente na fruta verde em pequena proporção, como um dos componentes que causam o escurecimento da polpa da fruta. Os sais minerais principalmente encontrados em maior proporção são o cálcio, magnésio, potássio, silício, fósforo e ferro. O conteúdo de proteínas é maior que em outros frutos, sendo os aminoácidos ácido glutâmico, ácido aspártico e a alanina, presentes em maiores proporções (Manica, 1981). A fruta ainda é rica em vitamina C e β - caroteno, este último, precursor da vitamina A e, ao contrário de outras frutas durante o processamento não sofre perdas consideráveis (Maranca, 1980; Cano & Ancos, 1994).

3. Material e métodos

3.1 Local do experimento

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Experimental do Departamento de Economia Doméstica da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”(ESALQ/USP), no período de junho de 1998 a maio de 1999.

3.2 Farinha de manga

As mangas maduras da variedade Tommy Atkins, foram obtidas do cultivo no campo do Departamento de Horticultura da ESALQ, nas safras do ano de 1997 e 1998.

3.3 Análises química e física da farinha de manga

A polpa da manga foi caracterizada química e fisicamente com o objetivo de verificar sua composição e foram realizadas as seguintes análises:

3.3.1 Umidade, cinza, extrato etéreo e proteína bruta.

Os teores de umidade, cinza, extrato etéreo e proteína bruta, foram determinados de acordo com 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.

3.3.2 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 farinha de manga.

3.3.3. Análise dos minerais

Os valores de minerais da farinha de manga foram determinados através da metodologia recomendada por Sarruge & Haag (1974).

3.3.4 Granulometria

A granulometria da farinha de manga foi determinada através de análise física, utilizando peneiras de 10, 14, 16, 20 e 32 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.

3.4 Primeiro Ensaio Biológico

O primeiro ensaio biológico, com duração de 30 dias, teve como objetivo verificar o efeito de diferentes concentrações (0, 5, 10 e 15%) de farinha de manga na dieta de ratos normais e diabéticos, em reduzir os níveis de glicose sanguínea.

3.4.1 Preparo das dietas

As mangas após serem descascadas, foram cortadas em pedaços de 3cm e colocadas em estufa a 55 – 60°C, por 3 dias (até peso constante). Após a secagem, foram moídas e utilizadas na preparação das dietas. A caseína foi utilizada como fonte protéica.

Foram preparadas três dietas experimentais (5, 10 e 15% de manga) e uma dieta controle (0% de manga). Todas as dietas foram formuladas de acordo com AOAC (1975), variando apenas o teor de manga, das dietas experimentais, em detrimento do amido.

A Tabela 1 apresenta a composição das dietas avaliadas. A cada dez dias foram elaborados 3 kg de cada dieta. Posteriormente todas as dietas foram embaladas em sacos plásticos, etiquetadas e mantidas sob refrigeração entre 5 a 8°C.

Tabela 1: Composição das dietas controle e suplementadas com farinha de manga para o primeiro ensaio biológico (g/100g dieta).

Componentes	Dieta controle 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
Caseína	15,0	15,0	15,0	15,0
Óleo de milho	7,5	7,5	7,5	7,5
Mistura mineral*	3,5	3,5	3,5	3,5
Mistura vitamínica*	1,0	1,0	1,0	1,0
Metionina	0,3	0,3	0,3	0,3
Manga	0,0	5,0	10,0	15,0
Amido de milho	Quantidade para completar 100% dieta			

* Reeves et al. (1993).

3.4.2 Animais utilizados

Para a realização do primeiro ensaio biológico foram utilizados ratos (*Rattus norvegicus* var. albinos, linhagem Wistar) machos, obtidos de cruzamentos sucessivos do biotério do laboratório de Nutrição Humana e Alimentos do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP.

Os animais do experimento tinham peso entre 220 e 250 g e idade média de 15 semanas. Foram selecionados 60 animais, sendo que 30 foram diabetizados com aplicação de aloxana (metodologia descrita no item 3.4.4) e outros 30 permaneceram normais durante o estudo. Dos 60 animais

selecionados, seis diabéticos e seis normais foram sacrificados no início do experimento, após jejum de cerca de 16 horas, para coleta e análise de sangue. Esse sangue foi denominado de tempo 0. Os animais foram mantidos em gaiolas individuais, em ambiente com temperatura entre 22-23°C. A iluminação ambiental foi controlada para 12 horas de luz e 12 horas de escuro. Os animais receberam alimento e água à vontade, sendo peso e consumo registrados semanalmente.

A divisão dos grupos de acordo com as dietas foi da seguinte forma:

- Dieta caseína + 0% de manga (controle ratos normais);
- Dieta caseína + 5% de manga (ratos normais);
- Dieta caseína + 10% de manga (ratos normais);
- Dieta caseína + 15% de manga (ratos normais);
- Dieta caseína + 0% de manga (controle ratos diabéticos);
- Dieta caseína + 5% de manga (ratos diabéticos);
- Dieta caseína + 10% de manga (ratos diabéticos);
- Dieta caseína + 15% de manga (ratos diabéticos).

3.4.3 Coleta de sangue e análises bioquímicas

Após 10, 20 e 30 dias do início do experimento, e jejum de cerca de 16 horas, foram retiradas amostras de sangue da cauda dos animais normais e diabéticos, além daquela citada no item 3.4.2 As amostras foram denominadas nT0, nT10, nT20, nT30, dT0, dT10, dT20 e dT30 (onde n= ratos normais, d= ratos diabéticos e T= tempo). Nessas amostras, foram feitas análise da glicose através do aparelho glucometer da Encore, utilizando fitas glucotide.

3.4.4 Obtenção dos animais diabéticos:

Após um jejum de 24 horas os animais foram anestesiados com éter e submetidos à injeção de monidrato de aloxana (40 mg/ kg de peso corporal, dissolvido em solução salina) na veia dorsal do pênis. A dose utilizada foi suficiente para causar diabetes de moderada intensidade (Lazarow & Palay, 1946). Os animais eram considerados diabéticos quando 3 dias após a indução apresentavam taxa de glicosúria de 300mg/ dL. O pH da solução foi previamente ajustado para 4,5 com solução tampão citrato 0,01 molar e o volume injetado lentamente. Os animais tinham livre acesso à alimentação 30 minutos após a injeção de aloxana (Areas, 1994).

O controle do desenvolvimento do diabetes foi feito diariamente pela determinação do teor de glicose na urina, utilizando-se uma fita da marca Glukotest, a qual permite um diagnóstico "*in vivo*".

3.5 Segundo ensaio biológico

A partir dos resultados obtidos no primeiro ensaio biológico, optou-se por realizar um segundo ensaio de maior duração (90 dias) com a concentração de 5% de manga. A justificativa dessa opção foi que, mesmo sendo eficiente as concentrações de 10 e 15% de manga na dieta, a redução mais efetiva no nível da glicose deu-se na dieta com 5% de manga. A estabilidade na glicemia ocorreu da segunda para a terceira semana, daí a necessidade de se prolongar o tempo de duração do ensaio. Além disso, desejou-se verificar se haveria uma possível reversão da glicemia durante o experimento mais prolongado. Neste

ensaio determinou-se também, o nível de glicogênio hepático e a insulina plasmática de cada animal.

Como no primeiro ensaio biológico não houve diferenças significativas entre os animais normais com relação aos parâmetros bioquímicos e nutricionais investigados, ou seja, glicemia, ganho de peso e consumo alimentar. Em virtude disso, esse segundo ensaio biológico, foi realizado somente com animais diabéticos.

3.5.1 Preparo das dietas e animais utilizados

Foram preparadas duas dietas: uma controle com 0% de farinha de manga (dieta 1) e outra com 5% de farinha de manga (dieta 2). A composição dessas dietas pode ser observada na Tabela 2.

Os mesmos procedimentos utilizados para as dietas do primeiro ensaio, no que se refere a composição química e estocagem e preparo, foram praticadas com as dietas desse segundo ensaio.

Os animais utilizados apresentavam o mesmo peso médio de 220-250g e foram tratados do mesmo modo como descrito no item 3.4.2 Para este experimento, foram selecionados 12 animais divididos em 2 grupos de 6 animais cada. Esses dois grupos foram formados por animais diabéticos (obtidos como descrito no item 3.4.4). Os animais também foram mantidos em gaiolas individuais com controle de temperatura e luminosidade, sendo que o peso e o consumo alimentar foram registrados semanalmente.

Tabela 2: Composição das dietas controle e suplementadas com 5% de farinha de manga para o segundo ensaio biológico (g/100g dieta).

Componentes	Dieta controle	Dieta
	1	2
Caseína	15,0	15,0
Óleo de milho	7,5	7,5
Mistura mineral*	3,5	3,5
Mistura vitamínica*	1,0	1,0
Metionina	0,3	0,3
Manga	0,0	5,0
Amido de milho	Para completar 100%	

* Reeves et al. (1993).

3.5.2 Coleta de sangue/figado e análises bioquímicas

Nos tempos 15, 30, 45, 60 e 90 dias do início do experimento, após jejum de cerca de 16 horas, foram retiradas amostras de sangue da cauda dos animais normais e diabéticos a fim de se verificar o teor de glicose sanguínea de cada um através do aparelho glucometer da Encore, utilizando fitas glucotide.

No início (T=0) e no 30º dia do experimento, foi determinada a insulina plasmática de todos os animais, de acordo com o método de radioimunoensaio para determinação de insulina, segundo Desbuquois e Aurbach, 1971.

No final dos 90 dias, além da retirada de sangue da cauda de cada animal (verificar a glicemia), todos os animais foram sacrificados para extração do

figado, no qual foi determinado o glicogênio segundo método descrito por Rendina (1971). Por esse parâmetro bioquímico, espera-se que a concentração de glicogênio hepático, nos ratos diabéticos alimentados com a farinha de manga, seja maior em relação ao controle, uma vez que a ingestão da farinha de manga leva a uma redução na glicemia proporcionando melhores condições fisiológicas para os animais, bem como um melhor aproveitamento da glicose.

3.6 Análise Estatística

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, tendo cada tratamento seis repetições, conforme metodologia descrita por Pimentel Gomes (1982).

Para a análise dos dados experimentais obtidos, aplicou-se a técnica de análise de variância, com utilização do teste F do comando LSMeans do ProcGLM do SAS. Para comparar as médias dos resultados obtidos em todos os ensaios, utilizou-se o teste de Tukey. Foi estabelecido $p < 0,05$ como nível de significância.

4. Resultados e Discussão

4.1 Caracterização da Farinha de manga

4.1.1 Composição química

A composição centesimal para umidade, proteína, cinzas, extrato etéreo e fibras da farinha de manga foi determinada e a Tabela 3 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 3: Composição química da farinha de manga pré - seca.

Componentes*	%
Umidade	6,78
Proteína	2,53
Lipídios totais	1,3
Cinza	2,52
Fibra insolúvel	11,96
Fibra solúvel	6,85
Carboidrato **	68,06

* Média de três repetições

** Determinado por diferença

Observando a Tabela 3, verifica-se que a farinha de manga utilizada nesse trabalho apresentou baixo teor de proteína, o que realmente era de se esperar por se tratar de polpa de fruta. Os teores de cinzas (2,52%) e de fibras (18,81%), podem ser considerados bem altos. Kratchanova et al. (1991), analisando o teor de fibras da polpa da manga, verificaram resultados semelhantes aos nossos. O papel da fibra dietética na redução de lipídios e da glicose sérica, têm sido bastante evidenciado. Segundo Schneeman & Gallaher (1986), as fibras além de interferirem com o processo de digestão dos alimentos, podem, também, alterar o processo de absorção dos nutrientes. Várias hipóteses têm sido estudadas para se tentar explicar os mecanismos pelos quais as fibras afetam a absorção dos nutrientes. Dentre elas destacam-se: o envolvimento da fibra com a camada estacionária líquida presente ao longo da superfície luminal das células da mucosa intestinal, aumentando a espessura desta camada e formando uma barreira física para absorção dos nutrientes (Jenkins, 1981); a capacidade das fibras de poderem ligar ou seqüestrar ácidos biliares, levando a uma redução do colesterol plasmático (Kritchevsky, 1988); e a formação de ácidos graxos de cadeias curtas tais como acetato, butirato e propionato quando da fermentação dessas fibras no intestino grosso, influenciando o metabolismo da glicose e gordura (Roberfroid, 1993).

A maioria dos estudos com fibras mostra também que a fração solúvel é a principal responsável pelos efeitos de redução de colesterol e glicose (Anderson, 1986). Gourgue et al. (1992) analisando, também, o teor de fibras em mangas (fibras da polpa), verificaram que a quantidade poderia apresentar potencial benéfico no controle da glicose do plasma.

Com relação a composição de minerais da manga, Bleinroth (1981) afirma que os sais minerais estão presentes nesta fruta na quantidade que varia de 0,26 a 1,16%, ou em média, 0,49% e esses minerais seriam constituídos principalmente de cálcio, magnésio, potássio, silício, fósforo e ferro. Entretanto, na variedade estudada nesta pesquisa, o teor de sais minerais (2,52%) verificado através do teor de cinzas (tabela 3), foi muito superior em relação à quantidade citada por esse autor.

A tabela 4 apresenta a composição em minerais da farinha de manga. Observando os resultados, verifica-se um teor significativo de minerais da fruta. A variedade Tommy Atkins estudada neste trabalho, quando comparada com variedades como manga rosa, espada, e outras, apresentou uma quantidade de fósforo, potássio e cálcio muito superior. Dhar et al. (1976) e Franco (1982) verificaram para manga madura um teor de cálcio, fósforo e potássio de 10-21 mg/100g, 17 mg/100g e 60 mg/100g, respectivamente, quantidades estas muito inferiores quando comparadas com os resultados deste trabalho que foram 60 mg/100g, 53 mg/100g e 727 mg/100g, respectivamente. Entretanto, quando avaliou-se o teor de ferro, o resultado encontrado neste estudo foi significativamente menor (2,29 mg/100g) quando comparado aos trabalhos de Dhar et al. (1976) e Franco (1982), ou seja, 30 mg/100g e 78 mg/100g, respectivamente.

Tabela 4: Composição de minerais da farinha de manga.

Componentes*	mg// kg
Fósforo (P)	530
Potássio (K)	727
Cálcio (Ca)	600
Magnésio (Mg)	320
Enxofre (S)	210
Cobre (Cu)	4,6
Ferro (Fe)	22,9
Manganês (Mn)	7,4
Zinco (Zn)	5,7

*média de três repetições.

4.1.2 Granulometria

A tabela 5 apresenta os resultados referentes à granulometria da farinha de manga. Comparando-se nossos resultados com os obtidos por Parrot e Thrall (1978), podemos observar que 36,54% das partículas ficou retido entre as peneiras de 10 e 20 mesh sendo assim, constituído de partículas de tamanho grande (1680 a 841 μm). Por outro lado, 39,88% das partículas ficou retido entre o fundo e a peneira de 32 mesh, sendo, portanto, constituído de partículas de tamanho médio.

Tabela 5: Granulometria da Farinha de Manga.

Mesh	Abertura (mm)	%
12	1,680	2,83
16	1,190	10,77
18	1,000	10,18
20	0,841	12,76
35	0,500	39,88
coletor	--	23,86

4.2 Primeiro Ensaio Biológico

4.2.1 Análises bioquímicas

As figuras 1 e 2 mostram o efeito de cada dieta testada sobre os níveis de glicose sanguínea nos animais normais e nos diabéticos, em função do tempo do ensaio.

Figura 1 – Níveis séricos de glicose (mg/dL) em ratos machos “Wistar” normais durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde a dieta 1= 0% de farinha de manga (controle); dieta 2= 5% de farinha de manga; dieta 3= 10% de farinha de manga; dieta 4= 15% de farinha de manga. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Figura 2 – Níveis séricos de glicose (mg/dL) em ratos machos “Wistar” diabéticos durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde a dieta 1= 0% de farinha de manga (controle); dieta 2= 5% de farinha de manga; dieta 3= 10% de farinha de manga; dieta 4= 15% de farinha de manga. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Na figura 1, pode-se observar que não houve diferenças significativas entre as dietas testadas, indicando que a farinha de manga não altera a glicemia em ratos normais.

Na figura 2, observa-se que durante o primeiro período (0 - 10 dias) de ensaio, os animais diabéticos alimentados com as dietas 1, 2, 3 e 4 apresentaram pouca alteração na taxa de glicose sanguínea. A partir do segundo período (10 - 20 dias), verifica-se que começa ocorrer redução dos níveis séricos de glicose em todos os animais alimentados com dietas contendo manga. A glicemia aos 20 dias chegou a níveis considerados bons para ratos,

ou seja, na faixa de 116 – 140mg/dL, sendo que aos 30 dias, a glicemia atinge níveis considerados normais (70 – 115 mg/dL), de acordo com Harkness & Wagner, (1993) que mostram que os níveis fisiológicos normais de glicose em ratos é de 50 – 135 mg/dL de sangue. A redução ocorreu de forma significativa ($p < 0,05$), até 30% em relação à dieta controle (dieta 1). Dentre as dietas 2, 3 e 4, não houve diferenças significativas indicando que a quantidade de 5 a 15% de farinha de manga foi eficiente para reduzir os níveis séricos de glicose nos ratos diabéticos.

A capacidade da fibra da manga em diminuir a resposta glicêmica foi investigada por Larrauri et al. (1996). Neste estudo, a ação de várias fontes de fibras dietéticas (goma guar, pectina, manga e limão), em retardar a difusão de glicose utilizando diálise in vitro foi investigada e, observou-se que a goma guar seguida pela pectina foram as fontes que apresentaram um efeito maior em retardar o fluxo de glicose através do saco de diálise. Embora a fibra da manga tenha apresentado uma taxa de difusão mais acelerada que a goma guar e a pectina, em relação a fibra de limão, essa taxa foi significativamente menor, ou seja, mais lenta. Segundo os autores, esse fenômeno parece estar relacionado ao conteúdo de fibra solúvel e ácido urônico da fibra insolúvel. Portanto, o melhor resultado da manga em relação ao limão foi explicado pelo fato da manga conter uma quantidade maior de fibra solúvel. Esta explicação pode justificar o resultado obtido neste trabalho.

Inúmeros estudos relatam uma relação direta entre redução do nível de glicose sanguínea e consumo de fibras (Jenkins et al., 1976; Holt et al., 1979; Anderson et al., 1987; Freitas et al., 1994). A adição de fibras solúveis na

alimentação proporciona demora no esvaziamento gástrico diminuindo a taxa de absorção da glicose (Cameron-Smith et al., 1994).

4. 2. 2. Consumo Alimentar e Ganho de Peso

a) Consumo Alimentar

As figuras 3 e 4 apresentam o consumo total das dietas pelos ratos normais e diabéticos, respectivamente, durante os 30 dias de ensaio.

Figura 3 – Consumo total de dieta (g) pelos ratos machos Wistar normais durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde a dieta 1= 0% de farinha de manga (controle); dieta 2= 5% de farinha de manga; dieta 3= 10% de farinha de manga; dieta 4= 15% de farinha de manga. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Figura 4 – Consumo total de dieta (g) pelos ratos machos Wistar diabéticos durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde: dieta 1= 0% de farinha de manga; dieta 2= 5% de farinha de manga; dieta 3= 10% de farinha de manga; dieta 4= 15% de farinha de manga. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

A figura 3 mostra que entre os ratos normais não houve diferenças significativas para o consumo das dietas. Entretanto, entre os animais diabéticos (figura 4) observa-se que os animais alimentados com a dieta 4 (15% de manga) apresentaram uma ingestão total de dieta superior ($p < 0,05$) à dieta controle (0% de manga). Os resultados mostram que o consumo aumentou

gradativamente conforme aumentou-se a concentração de manga na dieta, embora não tenha sido significativo para as dietas com 5 e 10% de manga. Este consumo maior de dieta possivelmente pode ser explicado pela melhora das condições fisiológicas dos animais com diabetes.

b) Ganho de peso corporal

As figuras 5 e 6 mostram as médias do ganho de peso dos ratos normais e diabéticos alimentados com as dietas controle e experimentais, durante os 30 dias de ensaio. Através da figura 5 pode-se observar que, assim como o consumo, o ganho de peso dos animais normais foi semelhante entre as dietas, não havendo diferenças significativas entre eles. Com relação à figura 6, o mesmo pode ser observado entre os animais diabéticos, embora o consumo dos ratos da dieta 4 tenha sido maior.

4.3. Segundo Ensaio Biológico

A partir dos resultados obtidos no primeiro ensaio biológico, optou-se por realizar um segundo experimento com maior duração (90 dias). A justificativa para tal opção foi a de verificar se as alterações nos níveis séricos de glicose poderiam ser alterados a longo prazo. Embora todas as dietas experimentais fossem adequadas para este próximo estudo, optou-se pela dieta 2 (5% de manga), já que essa menor quantidade foi tão eficaz em reduzir a glicose quanto quantidades maiores como as de 10 e 15%.

Figura 5 – Ganho em peso (g) de ratos machos “Wistar” normais durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde: dieta 1= 0% de farinha de manga; dieta 2= 5% de farinha de manga; dieta 3= 10% de farinha de manga; dieta 4= 15% de farinha de manga. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Figura 6 – Ganho em peso (g) de ratos machos “Wistar” diabéticos durante o primeiro ensaio biológico.

(*) onde: dieta 1= 0% de farinha de manga; dieta 2= 5% de farinha de manga; dieta 3= 10% de farinha de manga; dieta 4= 15% de farinha de manga. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

4.3.1. Análises bioquímicas

Através da figura 7, pode-se observar o efeito das dietas controle e experimental, 0% de manga (dieta 1) e 5% de manga (dieta 2) sobre os níveis séricos de glicose nos animais diabéticos em função dos 90 dias de ensaio, verifica-se que a partir do 15º dia de ensaio, a glicemia dos ratos diabéticos alimentados com farinha de manga decresceu, e foi significativamente ($p < 0,05$) menor nos períodos de 30, 45, 60 e 90 dias de experimento, em relação à dieta controle. Aos 30 dias de ensaio, a glicemia já atingiu o valor mais baixo, chegando ao nível de 107 mg/dL, considerado normal de acordo com Harkness & Wagner (1993), que relatam níveis fisiológicos normais de glicose de 50 a 135 mg/dL para ratos, enquanto que os ratos diabéticos alimentados com dieta controle, mantiveram um nível médio de glicose sanguínea em torno de 330 mg/dL. Portanto, a dieta com manga foi efetiva em reduzir a glicemia dos ratos diabéticos, não havendo durante todo o experimento reversão dos resultados.

O efeito da fibra da manga em retardar a difusão da glicose também foi investigado por Gourgue et al. (1992). Esse estudo, conduzido com diálise “in vitro”, testou o efeito de subprodutos fibrosos da manga (pele, casca e pasta fibrosa da polpa) em atrasar a difusão de glicose através do saco de diálise. Foi observado um efeito de retardamento, principalmente após 30 minutos do início do ensaio, quando comparado com o controle sem fibra, não havendo diferenças entre os materiais testes. Outro resultado observado neste estudo foi um atraso na degradação do amido de batata pelas fibras da manga. Enquanto na amostra controle, 71,9% do amido foi hidrolisado, na amostra contendo fibras da manga, essa taxa de hidrólise foi entre 56,6 e 63,1%. Portanto, esse trabalho sugere, através desses resultados, que a manga pode

diminuir a resposta glicêmica pós-prandial, podendo ter um efeito benéfico potencial no controle da glicose plasmática.

Figura 7 – Níveis séricos de glicose (mg/dL) em ratos machos “Wistar” diabéticos durante o segundo ensaio biológico.

(*) onde a dieta 1= 0% de farinha de manga (controle); dieta 2= 5% de farinha de manga. As curvas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Neste segundo ensaio, as concentrações de glicogênio hepático também foram determinadas para os animais diabéticos controles e experimentais.

Observando a figura 8, verifica-se que houve uma diminuição significativa nos níveis de insulina plasmática dos ratos alimentados com a dieta controle (33%). Isto não ocorreu com animais consumindo a dieta contendo 5% de manga. Nesse caso, os níveis de insulina plasmática permaneceram praticamente iguais aqueles obtidos no tempo 0, início do experimento.

Portanto, naqueles animais sem suplementação de manga, possivelmente os níveis de glicose permaneceram elevados devido a essa menor concentração de insulina no plasma. Sendo assim, acreditamos que a ingestão de manga influenciou positivamente no controle metabólico do diabetes, prevenindo ou até mesmo retardando as complicações associadas ao diabetes mellitus.

Glicogênio é um macropolímero de glicose. Todas as células do organismo são capazes de armazenar glicose em forma de glicogênio, sendo que as células hepáticas armazenam grandes quantidades, de 5 a 8% de seu peso (Guyton, 1984).

Um dos efeitos mais importantes da insulina (direta ou indiretamente), é fazer com que a maior parte da glicose absorvida no período pós-prandial seja armazenada quase que imediatamente no fígado, aumentando a captação de glicose e promovendo seu armazenamento na forma de glicogênio e inibindo enzimas responsáveis pela glicogenólise e a neoglicogênese, reduzindo assim, a produção hepática de glicose (Berne & Levy, 1990). Os resultados de glicogênio hepático deste estudo podem ser observados na figura 9.

Os resultados mostram que houve uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre as dietas, sendo que nos ratos diabéticos alimentados com 5% de manga, o nível de glicogênio foi 64% maior que nos ratos controles diabéticos. Areas (1994) investigando a polpa de laranja sobre os níveis de glicogênio hepático de ratos diabéticos também encontrou resultados semelhantes. Topping et al. (1988) também observaram que a adição de fibra, como a metilcelulose em ratos normais, aumentou a concentração de glicogênio.

Uma possível explicação para esses resultados seria que no grupo controle diabético, a insuficiência insulínica dos animais comprometeu a captação de glicose pelos tecidos periféricos sensíveis ao hormônio, acumulando, portanto, a glicose no líquido extracelular. Consequentemente, a síntese de glicogênio diminuiu e provavelmente sua degradação foi estimulada como fonte de energia para a célula, refletindo na significativa redução no teor de glicogênio desses animais.

A presença da manga na dieta dos animais experimentais, ao reduzir a digestão e absorção dos carboidratos da dieta aumentou, provavelmente, a sensibilidade dos tecidos muscular e adiposo à insulina remanescente, permitindo maior gliconeogênese (produção de glicogênio hepático), contribuindo dessa forma para a redução da hiperglicemia desses animais.

Figura 8 – Níveis de insulina plasmática (uU/mL) em ratos machos “Wistar” diabéticos no início (T0) e no 30º dia (T30) de ensaio.

(*) onde T0= tempo inicial de ensaio; T30 D1= animais alimentados com 0% de farinha de manga durante o 30º dia de ensaio; T30 D2= animais alimentados com 5% de farinha de manga durante o 30º dia de ensaio. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Figura 9 – Teor de glicogênio hepático, em miligramas/grama de tecido, dos ratos diabéticos ao final do segundo ensaio biológico.

(*) onde a dieta 1= 0% de farinha de manga (controle); dieta 2= 5% de farinha de manga. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

4. 3. 2. Consumo Alimentar e Ganho de Peso

A figura 10 apresenta o consumo total das dietas pelos ratos diabéticos durante os 90 dias de ensaio.

Os animais alimentados com farinha de manga (dieta 2) apresentaram um consumo alimentar significativamente maior ($p < 0,05$) que os ratos controles. Na

figura 10, observando o ganho de peso, verifica-se que os resultados acompanharam o consumo alimentar, sendo que os animais da dieta 2 tiveram um ganho de peso maior ($p < 0,05$).

Uma possível justificativa para esses resultados seria o fato da ingestão de manga ter proporcionado uma melhora nas condições fisiológicas dos animais diabéticos, já que a hiperglicemia nesses animais foi controlada durante todo o ensaio. Este resultado é bastante significativo 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. Areas (1994) também verificou um ganho de peso corporal entre os animais diabéticos alimentados com 10 e 25% de polpa de laranja a partir do 20º dia de experimento.

Figura 10 – Consumo total de dieta (g) pelos ratos machos "Wistar" diabéticos durante o segundo ensaio biológico.

(*) onde: dieta 1= 0% de farinha de manga; dieta 2= 5% de farinha de manga. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

Figura 11 – Ganho de peso total (g) dos ratos machos "Wistar" diabéticos durante o segundo ensaio biológico.

(*) onde: dieta 1= 0% de farinha de manga; dieta 2= 5% de farinha de manga. As colunas com letras diferentes, diferem significativamente ($p < 0,05$).

5. Conclusões

A análise e interpretação dos resultados obtidos nesse estudo permitiram concluir que:

- a polpa de manga utilizada sob forma de farinha, apresenta teor de fibra dietética de 19%, sendo 6,85% fibra solúvel e 11,96% fibra insolúvel. Este pode ser um fator importante na explicação da redução da glicemia nos animais diabéticos ingerindo as dietas experimentais.
- a adição de farinha de manga nas dietas de ratos machos “Wistar” normais e diabéticos proporciona a redução da glicemia em ratos diabéticos, melhorando com isso, suas condições fisiológicas. Em ratos normais, no entanto, o efeito sobre a glicose não foi significativo;
- os efeitos da farinha de manga sobre a glicemia de animais diabéticos foram observados tanto nas concentrações de 5, 10 e 15%;
- não foi verificado reversão do efeito hipoglicêmico da farinha de manga, pois animais diabéticos alimentados com dieta com 5% de farinha de manga, por 90 dias, mantiveram seus níveis glicêmicos reduzidos;

- o consumo e o ganho de peso dos animais, durante o ensaio mais longo (90 dias), foi significativamente maior entre os animais alimentados com manga, indicando uma possível melhora das condições fisiológicas dos animais;
- os níveis plasmáticos de insulina permaneceram inalterados, enquanto que nos animais controles foram reduzidos por 33%.
- através da determinação do glicogênio hepático dos animais, diabéticos, foi verificado que a polpa de manga causa um aumento do glicogênio hepático, favorecendo uma melhor utilização da glicose sanguínea;
- os resultados obtidos no presente estudo permitem indicar a farinha de manga como um adjunto terapêutico no tratamento do diabetes pois, além dessa fruta apresentar um sabor agradável, pode ser incorporada à alimentação de forma não purificada como um ingrediente benéfico à saúde sendo, portanto, de grande interesse econômico para os produtores e para a indústria alimentícia.

Referências Bibliográficas

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Nutritional recommendations and principles for individuals with diabetes care. **Diabetes Care**, n.10, p. 126-132, 1987.

ANDERSON, J. W. Fiber and health: an over view. **American Journal of Gastroenterology**, v.81, n.10, p. 892-897, 1986.

ANDERSON, J.W.; WARD, K. Hight-carbohydrate, hight-fiber diets for insulin – treated men with diabetes mellitus. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.32, n. 3, p. 2312-2321, 1979.

ANDERSON, J. W.; GUSTAFSON, M. S.; BRYANT, C. A. et al. Dietary fiber and diabetes: a comprehensive review and practical application. **Journal of the American Dietetic Association**, v.87, n.9, p. 1189 - 1195, 1987.

ANDERSON, J. W.; STORY, L.; SIELING, B. et al. Hypocholesterolemic effects of oat-bran and bean intake for hipercholesterolemic men. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 40, p. 1146 - 1155, 1984.

ANDERSON, L.; DIBBLE, M.; TURKKI, P.R. et al. **Nutrição**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.cap. 29, p. 443 – 457: Diabetes mellitus.

AREAS, M.A. Estudo dos efeitos da polpa de laranja sobre parâmetros fisiológicos, nutricionais, bioquímicos e morfológicos em ratos normais e diabéticos. Campinas, 1994, 158 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

ASP, N.G.; CLAES, G.J.; HALLMER, H. et al. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 476-482, 1983.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12 ed. Washington, 1975. 1018p.

BERNE, R.M.; LEVY, M.N. **Fisiologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1990, 830 p.

BLACKBURN, N.A; HOLGATE, A.M.; READ, N.W. Small intestine contact area-another mechanism by which gum reduces postprandial hyperglycaemia in man. **British Journal of Nutrition**, v.52, p.197-204, 1984.

- BLEINROTH, E.W. Manga: matéria prima. In: MEDINA, J.C.; BLEINROTH, E. W.; DE MARTIN, Z. J. et al. **Manga: da cultura ao processamento e comercialização**. São Paulo: ITAL, 1981. p.243-292.
- 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 rat. **British Journal of Nutrition**, v. 71, n.4, p. 563-571, 1994.
- CANADIAN DIABETES ASSOCIATION. Special Report Committee. Guidelines for the nutritional management of diabetes mellitus. **Journal Canadian Diabetes Association**, v.42, p.110-118, 1981.
- CANO, M. P.; ANCOS, B. de Carotenoid and carotenoid ester composition in mango fruit as influenced by processing method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.42, n. 12, p. 2737 – 2742, 1994.
- CUNHA, G. A. P. da; SAMPAIO, J. M. M. S.; NASCIMENTO, A. S. do et al. **Manga para exportação: procedimentos de colheita e pós colheita**. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1994. 44 p. (Série Publicações Técnicas, 4).
- CUNHA, M. M. da; COUTINHO, C. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. et al. **Manga para exportação: aspectos fitossanitários**. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1993. 104 p. (Série Publicações Técnicas, 3).

DESBUQUOIS, B.; AURBACH, G.D. Use of polyethylene-glicol to separate free and antibody-bound peptide hormones in radioimunoassays. **Journal of Clinical Endocrinological and Metabolism**, v.33, p.732-738, 1971.

DHAR,A.K.; DAS, H.; BISWAS, K.S. et al. Analytical parameters of ripe mango. **Industries Food Packing**, v.30, n.5, p.68-69, 1976.

DIABETES AND NUTRITION STUDY GROUP OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR THE STUDY OF DIABETES. Nutritional recomendations for individuals with diabetes. **Diabetes Nutrition Metabolism**, v.1, p.145-149, 1988.

DONADIO, L. C. **Cultura da mangueira**. Piracicaba: Livroceres, 1980. 67 p.

FAO PRODUCTION YEARBOOK – 1995, v. 49, 1996, 164 p.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **AGRIANUAL 2000**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2000. p 393: Manga - produção brasileira.

FRANCO, G. **Nutrição**: texto básico e tabela de composição química dos alimentos. São Paulo: Atheneu, 1982. 227 p.

- FREITAS, M. C. J.; DERIVI, S. C. N.; MENDEZ, M. H. M. et al. Produto rico em fibra solúvel (pectinas) e seu efeito sobre os níveis de glicose no soro sanguíneo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 14, n. 1, p. 46 – 54, 1994.
- FUHRMAN, J. Recovery from diabetes through optimal nutrition. **Health Science**, p. 8 – 13, 1994.
- GALLAHER, D. D.; OLSON, J. M.; LARNTZ, K. Dietary guar gum halts further renal enlargement in rats with established diabetes. **Journal Nutrition**, v. 122, p. 2391 – 2397, 1992.
- GAYET, J. P.; BLEINROTH, E. W.; MATALLO, M. **Manga para exportação: procedimentos de colheita e pós colheita**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. 44 p. (Série Publicações Técnicas, 4).
- GOURGUE, C. M. P.; CHAMP, M. M. J.; LOZANO, Y. et al. Dietary fiber from mango byproducts: characterization and hypoglycemic effects determined by in vitro methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n. 10, p. 1864 – 1868, 1992.
- GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. São Paulo: Intramericana, 1984. 926 p.

GUZMAN, R.R.; SUAREZ, A .J.R.; CASTRO, P.C. Determinacion del contenido de pectina en el mango y su aplicación en la elaboracion de una mermelada. **Frutas Tropicales**, v.1, p.25-38, 1977.

HABER,G.B.;HEATON, K.W.; MURPHY, D. et al. Depletion and disruption of dietary fibre. Effects on satiety, plasma-glucose, and serum-insulin. **The Lancet**, v.2, p.679 - 682, 1977.

HALPERN, A.; MANCINI, M. C. Diabetes mellitus: como diagnosticar e tratar. **Revista Brasileira Médica**, v. 49, n. 1/ 2, p. 8 – 13, 1992.

HARKNESS, J.E.; WAGNER, J.E. **Biologia e clínica de coelhos e roedores**, São Paulo: Roca, 1993, p.48 – 55: Biologia e manejo.

HEATON, K.W.; MARCUS, S.W.; EMMETT, P. M. et al. Particle size of wheat maize, oal test meals: effects on plasma glucose and insulin responses and rate of starch digestion in vitro. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 47, p.675 - 682, 1988.

HOLT, S.; CARTER, D. C.; TOTHILL, P. et al. Effect of gel fibre on gastric emptying and absorption of glucose and paracetamol. **The Lancet**, v. 24, n.3, p. 636 - 639, 1979.

JENKINS, D. J. A. Slow release carbohydrate and the treatment of diabetes the **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 40, p. 227-235, 1981.

JENKINS, D.J.A.; LEEDS, A.R.; NEWTON, C. et al. Effect of pectin, guar gum and wheat fibre on serum cholesterol. **The Lancet**, v.2, p.1116-1117, 1975.

JENKINS, D. J. A.; LEEDS, A. R.; GASSUL, M. A. et al. Decrease in postprandial insulin and glucose concentration by guar and pectin. **Annals of International Medicine**, v. 86, p. 20 – 23, 1977.

JENKINS, D. J. A ; LEEDS, A R., WOLEVER, T. M. S. et al. Unabsorbable carbohydrates and diabetes: decreased post-prandial hyperglycemia. **The Lancet**, v. 24, n.7, p. 172 - 174, 1976.

JOHNSON, T.O . Diabetes in the third world. **World Health** – The magazine of the O .M.S. p. 8 – 10, May/ June 1991.

KOSTERMANS, A. J. G. H.; BOMPARD, J. M. **The mangoes**: their botany, nomenclature, horticulture and utilization. London: Academic Press, 1993, 233 p.

KRATCHANOVA, M.; BÉNÉMOU, C.; KRATCHANOV, C. On the pectic substances of mango fruits. **Carbohydrate Polymers**, v.15, n.3, p.271-282, 1991.

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

LARRAURI, J. A.; GOÑI, I.; CARRÓN, N. M. et al. Measurement of health – promoting properties in fruit dietary fibres: antioxidant capacity, fermentability and glucose retardation index. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 71, n. 4, p. 515 – 519, 1996.

LAZAROW, A.; PALAY, S. L. The production and course of alloxan diabetes in rat. **The Journal of Laboratory Clinical of Medicine**, v. 31, p. 1004-1015, 1946.

LILJEBERG, H. G. M.; GRANFERDI, Y. E.; BJORCK, I. M. E. Products based on a high fiber barley genotype, but not on common barley or oats, lower postprandial glucose and insulin responses in healthy humans. **The Journal of Nutrition**, v. 126, n. 2, p. 458 – 466, 1996.

LOEILLET, D. The european mango market: a promising tropical fruit. **Fruits**, v. 49, n. 5/ 6, p. 332 – 334, 1994.

LYON, R. B.; VINCI, D. M. Nutrition management of insulin – dependent diabetes mellitus in adults: review by diabetes care and education diabetic pratice group. **Journal of the American Diabetic Association**, v. 93, p. 309 – 317, 1993.

MAHAN, L. K.; ARLIN, M. T. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 8 ed. São Paulo: Roca, 1995. 957 p.

MANICA, I. **Fruticultura tropical: manga**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 135 p.

MARANCA, G. **Fruticultura: manga e abacate**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1980.

98 p.

MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIN, Z. J. et al. **Manga: da cultura ao processamento e comercialização**. São Paulo: ITAL, 1981. 399 p. (Série Frutas Tropicais, 8).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia básico para diagnóstico e tratamento do diabetes mellitus**. Brasília, 1996. 1 v.

NAHAR, N.; RAHMAN, S.; MOSIHUZZAMAN, M. Analysis of carbohydrates in seven edible fruits of Bangladesh. **Journal Science of Food Agriculture**, v.51, n.8, p.185 – 192, 1990.

NISHIMUNE, T.; YAKUSHIJI, T.; SUMIMOTO, T. et al. Glicemic response and fiber content of some foods. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 2, p. 414 – 419, 1991.

OLIVEIRA, L. H. Diabetes. **Super**, p. 24 – 31, 1994.

PARROT, M.E.; THRALL, B.E. Funcional properties of various fibers: physical properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.43, p.759 - 764, 1978.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 10. ed. São Paulo: Nobel, 1982. 430p.

REEVES, P. G.; NIELSEN, F.H.; FAHEY, G. C. AIN – 93. Purified diets for laboratory Rodents: final report of the American Institute of nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN – 76 A Rodent Diet. **Journal Nutrition**, v. 123, n.11, p.1939 – 1951, 1993.

RENDINA, G. **Experimental methods in modern biochemistry**.s I.: Bowling Green State University, 1971. p.163 – 169.

RICCARDI, G.; RIVELLESE, A. A. Effects of dietary fiber and carbohydrate on glucose and lipoprotein metabolism in diabetic patients. **Diabetes Care**, v. 14, n. 12, p. 1115 – 1125, 1991.

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

SALES, A. M. Considerações sobre o valor nutritivo das frutas tropicais. In: MENEZES, H. C. de; DRAETTA, I. dos S.; SALES, A. M. et al. **Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos**. São Paulo: ITAL.1980. cap.2, p. 65 – 81, (Série Frutas Tropicais, 10).

SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; JOAQUIM; MORAIS, O.M. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1996. 361p.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**: Piracicaba, ESALQ/ Depto. de Química, 1974. 56 p.

SAUCO, V. G.; GALVAN, D. F. Differences between mango cultivars regarding their facility to be halved and spoon – eaten, and association with fiber. **Fruits**, v. 45, n. 4, p. 381 – 385, 1990.

SCHENEEMAN, B.; GALLAHER, D. Effects of dietary fiber on digestive enzymes. In: SPILLER, G.A . **Handbook of dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1986. p.305-312.

SCHWARTZ, S.E.; LEVINE, R.A.; SINGH, A. et al. Sustained pestin ingestion delays gastric emptying. **Gastroenterology**, v.83, n.4, p.812-817, 1982.

SHINNICK, F.L.; MATHEUS, R. INK S. Serum cholesterol reduction by and others fiber sources. **Cereal Oats Foods World**, v.36, p.815-821, 1991.

SILVA, M.E.R. Tratamento do Diabetes Mellitus Não Dependente de Insulina. Orientações Atuais. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.67, n.4, p. 1 - 14, 1996.

TOPPING, D.L.; GAKENFULL, D.; TRIMBLE, R.P. et al. A viscous fibre (methylcellulose) lowers blood glucose and plasma triacylglycerols and increases liver glycogen independently of volatile fatty acid production in the rat. **British Journal of Nutrition**, v. 59, p.1-30,1988.

TORSDOTTIR, I.; ALPSTEN, M.; HOLM, G. et al. A small dose of soluble alginate – fiber affects postprandial glycemia and gastric emptying in humans with diabetes. **The Journal of Nutrition**, v. 121, p. 795 – 799, 1991.

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

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