

# Avaliação dos efeitos da semente de linhaça quando utilizada como fonte de proteína nas fases de crescimento e manutenção em ratos

## *Evaluation of the effects of flaxseed when used as a protein source for the growth and maintenance phases of rats*

Lavínia Leal SOARES<sup>1</sup>  
Juliana Tomaz PACHECO<sup>1</sup>  
Carolina Meano de BRITO<sup>1</sup>  
Aline de Andrade TROINA<sup>1</sup>  
Gilson Teles BOAVENTURA<sup>1</sup>  
Maria Angélica GUZMÁN-SILVA<sup>2</sup>

### RESUMO

---

#### **Objetivo**

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade protéica da linhaça quando usada nas fases de crescimento e manutenção em ratos.

#### **Métodos**

Na primeira etapa utilizaram-se 18 *Rattus norvegicus*, Wistar, fêmeas, recém-desmamadas, recebendo água e ração à vontade. Estas foram distribuídas em 3 grupos (n=6): grupo linhaça - com dieta à base de linhaça, grupo controle - com dieta à base de caseína, grupo controle modificado - com dieta à base de caseína, com maior concentração de fibras e óleo. Na segunda etapa (após 28 dias de experimento) a dieta do grupo linhaça foi modificada, acrescentou-se 5,4% de caseína. Os demais grupos permaneceram com as mesmas dietas. Todas eram isoenergéticas e continham 10% de proteína. Os animais foram acompanhados até 180 dias de vida. Foram determinados o quociente de eficiência protéica e a albumina nas duas fases do experimento.

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Nutrição, Laboratório de Nutrição Experimental. R. Mário Santos Braga, 30, 5º andar, Valonguinho, Centro, 24020-140, Niterói, RJ, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: L.L. SOARES. E-mail: <lavinialeal@yahoo.com.br>.

<sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Medicina, Departamento de Patologia, Laboratório de Patologia Experimental. Niterói, RJ, Brasil.

## Resultados

Na primeira etapa, o grupo linhaça obteve quociente de eficiência protéica (0,8, DP=0,05) significativamente menor que o grupo controle (2,3, DP=0,1) e o controle modificado (2,3, DP=0,2). A concentração de albumina do grupo linhaça (3,0, DP=0,04g/dL) foi menor ( $p<0,01$ ) que a do grupo controle (3,9, DP=0,06g/dL) e a do controle modificado (3,9, DP=0,01g/dL). Já na segunda etapa, o grupo linhaça modificado (1,2, DP=0,1) obteve maior ( $p<0,01$ ) quociente de eficiência protéica que grupo controle (0,9, DP=0,02) e o controle modificado (0,9, DP=0,05). Não houve diferença significativa no teor de albumina entre os grupos, caracterizando a recuperação da desnutrição.

## Conclusão

Conclui-se que a linhaça não deve ser utilizada como fonte exclusiva de proteína, principalmente na fase de crescimento.

**Termos de indexação:** Crescimento. Linho. Ratos. Valor nutritivo.

---

## ABSTRACT

### Objective

*This experiment tested the protein quality of flaxseed when used for the growth and maintenance of rats.*

### Methods

*In the first phase, 18 just-weaned female Wistar rats (Rattus norvegicus), receiving water and chow ad libitum, were divided into three groups (n=6): the flaxseed group received a flaxseed-based diet; the control group received a casein-based diet; and the modified control group received a casein-based, high-fiber, high-oil diet. In the second phase (28 days later), 5.4% of casein was added to the flaxseed-based diet. The diets of the other groups remained unchanged. All animals received isocaloric diets with 10% protein content until they were 180 days old. Protein efficiency ratio and albumin concentration was determined in the 2 phases of the experiment.*

### Results

*In the first phase, the protein efficiency ratio of the flaxseed group (0.8, SD=0.05) was significantly lower than those of the control group (2.3, SD=0.1) and modified control group (2.3, SD=0.2). The albumin concentration of the flaxseed group (3.0, SD=0.04g/dL) was smaller ( $p<0.01$ ) than those of the control group (3.9, SD=0.06g/dL) and modified control group (3.9, SD=0.01g/dL). In the second phase, protein efficiency ratio of the modified flaxseed group (1.2, SD=0.1) was higher ( $p<0.01$ ) than those of the control group (0.9, SD=0.02) and modified control group (0.9, SD=0.05). Albumin concentration was similar in all groups, characterizing recovery from malnutrition.*

### Conclusion

*In conclusion, flaxseed should not be used as an exclusive source of protein, especially during growth.*

**Indexing terms:** Growth. Flaxseed. Rats. Nutritive value.

---

## INTRODUÇÃO

A desnutrição tem sido reconhecida há séculos como um problema mundial. Na década de 90, século XX, estimava-se que no mundo, mais de um terço das crianças menores de 5 anos sofriam de desnutrição grave ou moderada, sendo que 80% seriam asiáticas, 15% africanas e 5% latino-americanas. Um total de 43% das crianças em países em desenvolvimento sofre de desnutrição em algum momento de suas vidas<sup>1</sup>. É

reconhecido que o custo elevado das proteínas de origem animal leva a população de países de terceiro mundo a substituí-las por proteínas vegetais<sup>2</sup>. A proteína animal, no entanto, é considerada completa pois contém todos os aminoácidos necessários à manutenção do corpo humano. Dentre as proteínas de origem vegetal, a linhaça (*Linum usitatissimum*), uma semente oleaginosa muito usada como complemento alimentar por ser fonte de fibras, seria uma boa opção, pois é rica em proteína (apresentando 20% em sua

composição), além de 41% de gordura, 28% de fibras solúveis e insolúveis, 6% de carboidratos e 4% de resíduos<sup>3</sup>.

A planta da linhaça é aproveitada pela indústria em quase a sua totalidade. Seu caule é usado para a produção do linho, tecido utilizado para a confecção de roupas. Da sua semente se extrai o óleo, usado na fabricação de tintas, resinas e na indústria alimentícia. No Brasil o cultivo da linhaça é mantido por descendentes de imigrantes poloneses e alemães, e se restringe basicamente ao Rio Grande do Sul, mais especificamente ao noroeste gaúcho, já que é necessário clima frio, em torno de 0°C até -2°C, para que ocorra a floração. Seu plantio ocorre nos meses de maio e junho e a colheita em novembro, dezembro e janeiro. Não exige grandes tratamentos culturais, sendo seu cultivo realizado muitas vezes no processo de rotação de culturas, com a finalidade de recuperar terras cansadas e evitar o desgaste e a erosão do solo, aproveitando a adubação residual do milho e da soja<sup>4</sup>.

Atualmente, o consumo da linhaça vem aumentando muito devido ao conhecimento de suas propriedades benéficas<sup>5</sup>. É considerada um alimento funcional pois, além de suas funções nutricionais básicas, produz efeitos metabólicos e fisiológicos benéficos à saúde<sup>6</sup>. A linhaça é fonte dos ácidos graxos  $\alpha$ -linolênico e linoléico, precursores do  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6, respectivamente. Tais ácidos são importantes para o desenvolvimento do sistema nervoso central, auxiliam na prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes e determinados tipos de câncer, atuam ainda na redução de processos inflamatórios e doenças auto-imunes<sup>7</sup>.

A semente de linhaça também é rica em ácidos fenólicos, que agem como antioxidantes, e ligninas, substâncias com estrutura química muito semelhante ao estrogênio, exercendo atividade semelhante à deste hormônio. Devido a tal característica, é muito utilizada para minimizar os sintomas da menopausa, período em que os níveis de estrogênios são naturalmente diminuídos<sup>8,9</sup>.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade protéica da linhaça e seus efeitos sobre o quociente de eficiência protéica e a concentração sérica de albumina, quando utilizada como fonte de proteína nas fases de crescimento e manutenção em ratos.

## MÉTODOS

O ensaio biológico foi dividido em duas etapas:

Na 1ª etapa 18 animais, com peso inicial médio de 41g, foram divididos em 3 grupos (n=6), sendo: Grupo Linhaça (GL), recebendo dieta à base de linhaça como fonte de proteína, Grupo Controle (GC), recebendo dieta à base de caseína, Grupo Controle Modificado (GCM), recebendo dieta à base de caseína, acrescida de maior concentração de fibras e óleo (a fim de que as dietas apresentassem composições químicas equivalentes, visto que a linhaça apresenta teores de fibras e lipídios bem maiores que a caseína, realizando assim, uma melhor comparação com a proteína teste). Os animais se alimentaram exclusivamente com as dietas descritas, sendo todas isoprotéicas (10% de proteína) e isoenergéticas até o 28º dia do experimento, quando foram anestesiados com Thiopental (0,8mL/100g peso) para a coleta de uma pequena quantidade de sangue por punção da veia caudal.

Na 2ª etapa houve uma modificação na dieta do grupo linhaça: após o 28º dia do experimento esta foi acrescida de caseína (5,4%), de forma que a linhaça não fosse mais ofertada como exclusiva fonte protéica na fase de manutenção, passando a se chamar Grupo Linhaça Modificado (GLM). O grupo controle e o grupo controle modificado foram mantidos recebendo as mesmas dietas.

Os animais foram acompanhados até 180 dias, coletando-se, durante todo o período, dados de peso, consumo de ração e de proteína diariamente. Ao final do experimento, estes foram novamente anestesiados e o sangue foi coletado por

punção cardíaca. Após este procedimento foi realizado o sacrifício por deslocamento cervical. Durante todo o ensaio biológico os animais receberam água e as respectivas dietas *ad libitum* e foram mantidos individualmente em gaiolas de polipropileno, em ambiente com temperatura controlada de 22°C (com variação de 2°C) e ciclo claro/escuro de 12 horas.

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal Fluminense (protocolo nº 188/06), todos os procedimentos seguiram as normas do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA), e estiveram de acordo com os princípios éticos contidos na declaração de Helsinki<sup>10</sup>.

Foram utilizados 18 *Rattus norvegicus*, variedade *albinus*, *Rodentia mammalia* da raça *Wistar*, fêmeas, recém-desmamadas, com idade média de 21 dias, provenientes do Laboratório de Nutrição Experimental (LABNE) do Departamento de Nutrição e Dietética da Faculdade de Nutrição da Universidade Federal Fluminense, Niterói (RJ), Brasil.

Os ingredientes utilizados no preparo das dietas foram fornecidos por: amostras de linhaça pela Arma Zen Produtos Naturais Ltda (Rio de Janeiro, RJ, Brasil), amido de milho Maizena da Unilever *Bestfoods* Brasil Ltda (Mogi Guaçu, SP, Brasil), açúcar refinado União (Rio de Janeiro, RJ,

Brasil), óleo de soja Liza da Cargill Agricultura Ltda (Mairinque SP, Brasil), celulose Microcel da Blanver Ltda (Cotia, SP, Brasil), cistina, bitartarato de colina e mistura de vitaminas e minerais da Rhoster Comércio e Indústria Ltda (Vargem Grande Paulista, SP, Brasil).

As sementes de linhaça *in natura* foram moídas em moinho até obter a farinha. Esta foi pesada, ensacada, lacrada e armazenada em geladeira até o momento da confecção da dieta. Na dieta à base de linhaça não foi necessário adicionar óleo e fibras (celulose), pois sua semente já é rica nestes componentes<sup>3</sup>. Os ingredientes das dietas foram pesados em balança digital Toledo com precisão de 0,1 g (São Paulo, SP, Brasil) e homogenizados em batedeira industrial Hobart (São Paulo, SP, Brasil) com água fervente. A massa obtida foi transformada em *pellets* e seca em estufa ventilada Fabbe-Prima (São Paulo, SP, Brasil) a 60°C por 24h, e, após identificação, armazenada sob refrigeração até o uso. Todas as dietas foram preparadas no LABNE, de acordo com Guzmán-Silva *et al.*<sup>11</sup> com 10% de proteína (Tabelas 1 e 2), adicionadas de misturas de vitaminas e minerais, segundo as normas do *Comitee on Laboratory Animal Diets*, 1979, modificadas segundo as recomendações do *American Institute of Nutrition-93*<sup>12</sup>.

As análises químicas das dietas (Tabela 3) foram realizadas em triplicata, tendo sido registrada a média encontrada. As determinações de

**Tabela 1.** Composição das dietas administradas a ratos Wistar até o 28º dias de experimento. Laboratório de Nutrição Experimental, Universidade Federal Fluminense. Niterói (RJ), 1996.

Alimentos 100g	Linhaça	Caseína g	Caseína modificada
Caseína	0	11,8	11,8
Linhaça	33,3	0	0
Amido	57,7	61,2	55,5
Açúcar refinado	10,0	10,0	10,0
Mistura de minerais	3,5	3,5	3,5
Mistura de vitaminas	1,0	1,0	1,0
Óleo de soja	0	7,0	11,0
Celulose	0	5,0	6,7
Bitartarato de colina	0,2	0,2	0,2
Cistina	0,3	0,3	0,3
<b>Total</b>	100,0	100,0	100,0

umidade, lipídio total, cinzas e proteína foram realizadas de acordo com a *Association of Official Analytical Chemists*<sup>13</sup>. A umidade foi obtida por gravimetria em estufa a 105°C até a obtenção de peso constante. Para a extração de lipídio total foi utilizado extrator de Soxhlet e como solventes éter etílico e éter de petróleo. As cinzas foram obtidas por gravimetria utilizando mufla a 550°C; a proteína pelo método de Micro-Kjeldahl para nitrogênio total, utilizando o fator 6,25 para conversão em proteína a partir do percentual de nitrogênio encontrado. A fração de fibra total foi realizada de acordo com Carvalho *et al.*<sup>14</sup>, a partir de uma mistura homogênea triturada com diluição de 1:30, utilizando água destilada como solvente; a fração Nifext (*nitrogen-free extract*) foi obtida pela diferença entre 100 e o somatório das determinações de umidade, gordura, proteínas e cinzas, obtendo-se assim o percentual médio de carboidrato<sup>15</sup>.

Como método de avaliação biológica da qualidade protéica das dietas foi utilizado o Quociente de Eficiência Protéica (*Protein Efficiency Ratio* - PER), que consiste em: variação de peso/ consumo de proteína. Assumindo-se que ocorrem variações do total da proteína corporal em função de diferenças na qualidade protéica das dietas, é comum medir variações do peso corporal como um reflexo da proteína ingerida<sup>16</sup>. Este método foi utilizado nas duas etapas do experimento, aos 28 e 180 dias, respectivamente.

Para a realização das análises bioquímicas do soro, o sangue coletado foi centrifugado em centrífuga Sigma a 3 500rpm durante 15min, para a obtenção do soro, que foi armazenado a -20°C. A partir deste foi determinada a concentração sérica de albumina pela análise colorimétrica utilizando *kit* comercial Bioclin (Belo Horizonte, MG, Brasil).

Nos resultados foi aplicada a análise de variância *One Way* para análise múltipla das variáveis considerando  $p \leq 0,05$ . Quando detectada a significância estatística foi aplicado o teste de Sheffé, com o Coeficiente de Bonferroni para as comparações múltiplas. Tais análises foram realizadas pelo *Software Statgraphics Plus 6.0*.

## RESULTADOS

No início do experimento não havia diferença ( $p=0,58$ ) quanto ao peso corporal dos animais. Ao final de 28 dias a média de variação de peso do grupo linhaça foi significativamente menor que a dos demais grupos, sendo que o grupo controle e o grupo controle modificado apresentaram resultados semelhantes. O grupo linhaça teve o menor consumo protéico ( $p < 0,01$ ), porém não houve diferença significativa entre o grupo controle e o grupo controle modificado. O grupo linhaça apresentou menor PER ( $p < 0,01$ ), enquanto que os demais grupos apresentaram

**Tabela 2.** Composição das dietas administradas a ratos Wistar do 28º dia até o final do experimento. Laboratório de Nutrição Experimental, Universidade Federal Fluminense. Niterói (RJ), 1996.

Alimentos 100g	Linhaça modificada	Caseína g	Caseína modificada
Caseína	5,4	11,8	11,8
Linhaça	25,0	-	-
Amido	54,5	61,2	55,5
Açúcar refinado	10,0	10,0	10,0
Mistura de minerais	3,5	3,5	3,5
Mistura de vitaminas	1,0	1,0	1,0
Óleo de soja	0	7,0	11,0
Celulose	0	5,0	6,7
Bitartrato de colina	0,2	0,2	0,2
Cistina	0,3	0,3	0,3
<b>Total</b>	100,0	100,0	100,0

valores de PER semelhantes. Em relação à concentração de albumina, o grupo linhaça demonstrou resultados significativamente menores que os de grupo controle e grupo controle modificado, sendo que não houve diferença entre estes grupos (Tabela 4).

Aos 180 dias de experimento, o grupo linhaça modificado continuou a apresentar menor variação de peso corporal ( $p < 0,01$ ), já o grupo

controle e o grupo controle modificado tiveram valores semelhantes. O consumo de proteína ainda foi significativamente menor no grupo linhaça modificado ( $p < 0,01$ ), com os demais grupos apresentando resultados semelhantes entre si. O grupo linhaça modificado, porém, apresentou o maior PER, enquanto não houve diferença entre o grupo controle e o grupo controle modificado. Todos tiveram teores de albumina semelhantes (Tabela 5).

**Tabela 3.** Composição química centesimal das dietas experimentais administradas a ratos Wistar. Laboratório de Nutrição Experimental, Universidade Federal Fluminense. Niterói (RJ), 1996.

Composição (%)	GL		GLM		GC		GCM	
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
Umidade	1,91	0,42	1,95	0,08	2,23	0,04	2,35	0,03
Lipídios	12,07	0,33	11,70	0,12	7,79	0,30	11,79	0,12
Cinzas	4,73	0,11	4,42	0,07	4,27	0,02	4,47	0,07
Proteínas*	9,55	0,52	10,18	1,06	9,77	0,45	9,75	0,45
Fibras	6,60	0,73	4,98	0,47	5,00	0,34	6,70	0,52
Carboidratos*	65,12		66,74		70,91		64,92	

GL: grupo linhaça; GLM: grupo linhaça modificado; GC: grupo controle; GCM: grupo controle modificado.

Os valores estão apresentados na forma de média (M) e desvio-padrão (DP) referentes a 3 determinações; \*calculado pela diferença; \*fator de conversão de 6,25.

**Tabela 4.** Peso inicial (PO), variação de peso (VP 28), consumo de proteína (CPtn 28), *protein efficiency ratio* (PER 28) e albumina sérica (Alb 28) dos animais (ratos Wistar) aos 28 dias de experimento. Laboratório de Nutrição Experimental, Universidade Federal Fluminense. Niterói (RJ), 1996.

Grupos	PO (g)		VP 28 (g)		CPtn 28 (g)		PER 28		Alb 28 (g/dL)	
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
GL	42	2,01 <sup>a</sup>	26	2,4 <sup>a</sup>	32	1,4 <sup>a</sup>	0,8	0,05 <sup>a</sup>	3,0	0,04 <sup>a</sup>
GC	40	1,85 <sup>a</sup>	104	2,3 <sup>b</sup>	44	0,9 <sup>b</sup>	2,3	0,1 <sup>b</sup>	3,9	0,01 <sup>b</sup>
GCM	42	1,86 <sup>a</sup>	99	4,1 <sup>b</sup>	43	1,4 <sup>b</sup>	2,3	0,2 <sup>b</sup>	3,9	0,06 <sup>b</sup>

GL: grupo linhaça; GC: grupo controle; GCM: grupo controle modificado; M: média; DP: desvio-padrão.

Letras sobrescritas diferentes em uma mesma coluna denotam significância estatística ( $p \leq 0,05$  ANOVA seguida de testes de Shefé e Bonferroni).

**Tabela 5.** Variação de peso (VP 180), consumo de proteína (CPtn 180), *protein efficiency ratio* (PER 180) e albumina sérica (Alb 180) dos animais (ratos Wistar) ao final do experimento. Laboratório de Nutrição Experimental, Universidade Federal Fluminense. Niterói (RJ), 1996.

Grupos	VP 180 (g)		CPtn 180 (g)		PER 180		Alb 180 (g/dL)	
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
GLM	194	19,9 <sup>a</sup>	151	4,4 <sup>a</sup>	1,2	0,1 <sup>a</sup>	4,4	0,1 <sup>a</sup>
GC	206	4,5 <sup>b</sup>	220	3,6 <sup>b</sup>	0,9	0,02 <sup>b</sup>	4,2	0,1 <sup>a</sup>
GCM	214	12,3 <sup>b</sup>	216	1,5 <sup>b</sup>	0,9	0,05 <sup>b</sup>	4,6	0,1 <sup>a</sup>

GLM: grupo linhaça modificado; GC: grupo controle; GCM: grupo controle modificado; M: média; DP: desvio-padrão.

Letras sobrescritas diferentes em uma mesma coluna denotam significância estatística ( $p \leq 0,05$  ANOVA seguida de testes de Shefé e Bonferroni).

## DISCUSSÃO

Aos 28 dias do experimento verificou-se que o grupo linhaça apresentou crescimento menor que os demais grupos alimentados com a proteína animal caseína. O GL teve menor consumo protéico, o que, provavelmente, ocorreu em função do sabor desagradável da linhaça, e por ser um alimento rico em fibras e lipídios, componentes que causam sensação de saciedade<sup>17,18</sup>.

O GL, aos 28 dias, teve Quociente de Eficiência Protéica extremamente baixo, quando comparado aos demais grupos. Friedman<sup>19</sup> relaciona valores de PER acima de 2 com proteína de boa qualidade, e valores abaixo de 1,5 com proteína de pobre qualidade. Portanto, a linhaça pode ser considerada um alimento de baixa qualidade protéica, já que apresentou PER inferior a 1.

Bresani<sup>20</sup> encontrou valores de PER entre 2,44 e 2,23 para isolado de soja e farinha de soja, cujos grãos foram tratados termicamente. Foi verificado que ratas, ao se alimentarem com dietas tendo a soja orgânica e transgênica como fonte protéica, apresentaram PER de 2,7 (DP=0,03) e 2,2 (DP=0,02), respectivamente<sup>21</sup>. Pesquisas relatam que a soja é um alimento com alta qualidade protéica, que pode ser utilizado em substituição à proteína animal em ratos adultos<sup>21</sup>. O presente estudo demonstrou que a linhaça, apesar de possuir a composição aminoacídica semelhante à proteína da soja<sup>22</sup>, tem uma qualidade protéica muito inferior à desta leguminosa, pois o GL obteve PER muito baixo, comparado aos valores descritos na literatura para alimentos à base de soja.

A baixa qualidade protéica da linhaça pode ser confirmada pelos teores de albumina encontrados. A albumina é um indicador sensível para casos de desnutrição<sup>23,24</sup>. Segundo Morgans & Peters<sup>25</sup>, ratos desnutridos e posteriormente realimentados com dieta contendo quantidade adequada de proteína apresentam síntese de albumina alcançando concentrações iguais ou superiores às de animais alimentados normalmente. Portanto, esta proteína responde rapidamente a variações no estado nutricional em ratos.

O GL apresentou valores de albumina significativamente inferiores aos demais grupos, encontrando-se abaixo da faixa de normalidade, que é de 3,8 a 4,8g/dL, de acordo com Harkness & Wagner<sup>26</sup>. Este fato demonstra que a linhaça, quando utilizada como fonte exclusiva de proteína durante o crescimento, promove desnutrição, podendo causar graves conseqüências no desenvolvimento dos animais.

A linhaça, além de possuir proteína de baixa qualidade, possui um elevado percentual de fibras solúveis e insolúveis<sup>3</sup>, as quais poderiam interagir com a proteína, dificultando sua absorção, devido à diminuição da atividade enzimática. Outra interferência na absorção se deve à capacidade da linhaça em formar gel coloidal, fazendo com que a proteína tenha menor contato com a mucosa intestinal. A linhaça ainda é rica em fatores antinutricionais, componentes que, se não forem inativados corretamente, atuam como inibidores enzimáticos no trato gastrintestinal, dificultando a digestão e a absorção das suas proteínas<sup>27,28</sup>. Apesar de o grupo controle modificado ter sido suplementado com uma grande quantidade de fibra, foi observado que este e o grupo controle apresentaram PER semelhantes, portanto a alta quantidade de fibras presentes nesta dieta não interferiu no aproveitamento da proteína. Isto pode ter ocorrido em função da qualidade da caseína, que é uma proteína de alto valor biológico.

A baixa qualidade protéica da linhaça pode justificar o menor consumo. Naves *et al.*<sup>29</sup> relatam que ratos alimentados com dietas contendo proteína de pobre qualidade apresentam menor consumo, em comparação a grupos alimentados com alimentos com boa qualidade protéica, como, por exemplo, a mistura de arroz com feijão.

Após os 28 dias, a dieta do grupo linhaça foi modificada, tal alteração ocorreu porque os animais estavam com peso corporal extremamente baixo e alguns não sobreviveram, devido à desnutrição decorrente da baixa qualidade

protéica da linhaça. Foi acrescentada, então, 5,4% de caseína a esta dieta.

Após 180 dias observou-se que o grupo linhaça modificado, apesar de continuar a apresentar menor peso corporal e consumo de proteína, obteve o maior PER; isto ocorreu devido à modificação da proteína, fazendo com que houvesse um ganho de peso bem maior que o dos demais grupos, visto que os animais do GL apresentavam peso corporal muito baixo. Em função do alto PER, pode-se dizer que os animais do GLM se recuperaram da desnutrição, o que pode ser confirmado pelas concentrações de albumina, pois nesta etapa o GLM apresentou resultados semelhantes aos do GC e do GCM. Todos os grupos tiveram teor sérico de albumina dentro da faixa de normalidade, de acordo com Harkness & Wagner<sup>26</sup>.

A linhaça, apesar de não possuir uma proteína de boa qualidade, é uma boa fonte de fibras, auxiliando o trânsito intestinal e reduzindo o colesterol, que é reconhecido como fator de risco para uma série de doenças. Além disso, é considerada um alimento funcional, por ser fonte de ácidos graxos  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 e ligninas, sendo indicada, apesar de algumas controvérsias<sup>30</sup>, como complemento alimentar devido às suas propriedades benéficas<sup>31</sup>.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a linhaça não deve ser utilizada como única fonte de proteína, principalmente na fase de crescimento. Ressalta-se a necessidade de mais estudos, a fim de avaliar seus efeitos como complemento alimentar.

#### A G R A D E C I M E N T O

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, processo nº E-26/171472/2004.

#### C O L A B O R A D O R E S

L.L. SOARES contribuiu com as análises bioquímicas, a análise estatística e foi responsável pela

redação do manuscrito. J.T. PACHECO e A.A. TROINA contribuíram com o cuidado dos animais, a coleta de dados, a tabulação dos resultados e a análise estatística. C.M. BRITO contribuiu com o cuidado dos animais. G.T. BOAVENTURA e M.A. GUZMÁN-SILVA contribuíram com a coordenação do projeto e a redação do manuscrito.

#### REFERÊNCIAS

1. Van de Poel E, Hosseinpoor AR, Speybroeck N, van Ourt t, Vega J. Socioeconomic inequality in malnutrition in developing countries. *Bul World Health Organ.* 2008; 86(4):282-91.
2. Souza G, Vale JLE, Moreno I. Efeitos dos componentes da soja e seus derivados na alimentação humana. *Bol Soc Bras Ciênc Tecnol Alim.* 2000; 34(2):61-9.
3. Canada Western flaxseed an of yellow flaxseed samples. Winnipeg (MB): Canadian Grains Commission; 2001.
4. Trucom C. A importância da linhaça na saúde. São Paulo: Alaúde; 2006.
5. Collins TFX, Sprando RL, Black TN, Olejnik N, Wiesenfeld PW, Babu US, *et al.* Effects of flaxseed and defatted flaxseed meal on reproduction and development in rats. *Food Chem Toxicol.* 2003; 41(6):819-34.
6. Pelletier G, El-Alfy M. Immunocytochemical localization of estrogen receptors alpha and beta in the human reproductive organs. *J Clin Endocrinol Metab.* 2000; 85(12):4835-40.
7. Harbig LS, Pinto E, Xiang M, Leach M, Sharief MK. PUFA in the pathogenesis and treatment of patients with multiple sclerosis. *Proc Nutr Soc.* 2008; 67(OCE):E21.
8. Begum AN, Nicolle C, Mila I, Lapierre C, Nagano K, Fukushima K, *et al.* Dietary lignins precursors of mammalian lignans in rats. *J Nut.* 2004; 134(1): 120-7.
9. Hutchins AM, Slavin JL. Effects of flaxseed on sex hormone metabolism. In: Thompson LU, Cunnane SC, editors. *Flaxseed in human nutrition.* 2nd ed. Champaign: AOCS; 2003.
10. Salako SE. The declaration of Helsinki 2000: ethical principles and the dignity of difference. *Med Law.* 2006; 25(2):341-54.
11. Guzmán-Silva MA, Wanderley AR, Macedo VM, Boaventura GT. Recuperação da desnutrição em ratos mediante rações adicionadas ou não de suplemento alimentar e de vitaminas e minerais



- durante o período de crescimento. *Rev Nutr.* 2004; 17(1):59-69.
12. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey Jr GCF. AIN-93 purified diet of laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr.* 1993; 123(11):1939-51.
  13. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. Arlington: AOAC; 1995.
  14. Carvalho CRL, Mantovani DMB, Carvalho PRN, Moraes RM. Análises químicas de alimentos: manual técnico. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos; 1990.
  15. Oliveira ECM. Composição centesimal do cogumelo do sol (*Agaricus blazei*). *Rev Univ Alfenas.* 1999; 5:169-72.
  16. Angelis RC. Valor nutricional das proteínas: métodos de avaliação. *Cad Nutr.* 1995; 10(1):8-29.
  17. Pasma WJ, Saris WHM, Wauters MAJ, Westerper-Plantenga MS. Effect of one week of fiber supplementation on hunger and satiety ratings and energy intake. *Appetite.* 1997; 29(1):77-87.
  18. Blundell JE, Cotton JR, Delargy H, Green S, Greenough A, King NA, *et al.* The fat paradox: fat-induced satiety signals versus high fat over consumption. *Int J Obes.* 1995; 19:832-5.
  19. Friedman M. Nutritional value of proteins from different food sources: a review. *J Agr Food Chem.* 1996; 44(1):6-29.
  20. Bressani R. Nutritional contribution of soy protein to food systems. *J Am Oil Chem Soc* 1975; 52(4): 254a-62a.
  21. Soares LL, Lucas AMM, Boaventura GT. Can organic and transgenic soy be used as a substitute for animal protein by rats? *Braz J Med Biol Res.* 2005; 38(4):583-6.
  22. Oomah BD, Mazza G. Flaxseed proteins: a review. *Food Chem.* 1993; 48:109-14.
  23. Ibrahim S, El Salamony O. Depression, quality of life and malnutrition: inflammation scores in hemodialysis patients. *Am J Nephrol.* 2008; 28(5): 784-91.
  24. Santos NSJ, Draibe SA, Kamimura MA, Cuppari L. Albumina sérica como marcador nutricional de pacientes em hemodiálise. *Rev Nutr.* 2004; 17(3): 339-49.
  25. Morgan HE, Peters Jr T. The Biosynthesis of rat serum albumin. Effect of protein depletion and refeeding on albumin and transferrin synthesis. *J Biol Chem.* 1971; 246(11):3500-7.
  26. Harkness JE, Wagner JE. *Biologia e clínica de coelhos e roedores.* São Paulo: Roca; 1993.
  27. Ortiz LT, Rebolé A, Alzueta C, Rodríguez ML, Treviño J. Metabolizable energy value and digestibility of fat and fatty acids in linseed determined with growing broiler chickens. *Br Poult Sci.* 2001; 42(1): 57-63.
  28. Mahmood S, Khan MA, Saeway M, Nisa M. Chemical treatments to reduce antinutritional factors in salseed (*Shorea robusta*) meal: effect on nutrient digestibility in coostomized hens and intact broilers. *Poult Sci.* 2006; 85(12):2207-15.
  29. Naves MMV, Silva MS, Cerqueira FM, Paes MCD. Avaliação química e biológica da proteína do grão em cultivares de milho de alta qualidade protéica. *Pesq Agrop Trop.* 2004; 34(1):1-8.
  30. Waylan AT, Dunn JD, Johnson BJ, Kayser JP, Sissom EK. Effect of flax supplementation and growth promotants on lipoprotein lipase and glycogenin messenger RNA concentrations in finishing cattle. *J Anim Sci.* 2004; 82(6):1868-75.
  31. Bloedon LT, Balikai S, Chittams J, Cunnane SC, Berlin JÁ, Rader DJ, *et al.* Flaxseed and cardiovascular risk factors: results from a double blind, randomized, controlled clinical trial. *J Am Coll Nutr.* 2008; 27(1):65-74.

Recebido em: 17/8/2007

Versão final reapresentada em: 22/7/2008

Aprovado em: 17/9/2008