

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE PROTEÍNA DE SOJA TEXTURIZADA POR EXTRUSÃO*

Henriqueta Merçon Vieira Rolim
Lúcia Maria Maffia
Dilson Teixeira Coelho
Manoel Vieira**

1. INTRODUÇÃO

A má nutrição aflige grande parte das populações, constituindo isso condição comum, principalmente em certas áreas do globo. Segundo MAYER (15), de uma forma ou de outra ela atinge a população de todo o mundo. A maior parte dos povos da Índia, da África e da América Latina consome dietas inadequadas, tanto em qualidade como em quantidade. Numerosos trabalhos têm mostrado a possibilidade de uso de produtos ricos em proteínas na preparação de misturas processadas, que poderiam ser usadas como suplemento efetivo dessas dietas (18, 19, 21). As leguminosas, sobretudo a soja, oferecem uma solução parcial para o problema, principalmente no que se refere ao aumento de proteínas de dietas pobres. A proteína da soja, com elevado teor de lisina, constitui excelente meio para correção da deficiência desse aminoácido, observada entre as proteínas vegetais (14).

Têm sido encontradas barreiras à utilização de produtos de que a soja é um dos ingredientes, em razão não só de seu sabor e odor característicos, mas também em consequência da sua forma de apresentação nos locais em que seu consumo não é tradicional (14). Nova classe de proteínas de soja, as chamadas proteínas texturizadas, vêm encontrando aplicações crescentes na indústria alimentícia de

* Parte da tese apresentada ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pelo primeiro autor, como parte das exigências para obtenção do grau de «Magister Scientiae». Projeto n.º 4.1466 do Conselho de Pesquisa da U.F.V.

Recebido para publicação em 11-04-1978.

** Respectivamente, Professora da Escola de Agronomia e Veterinária da Universidade Federal de Goiás, Professora Titular, Prof. Adjunto e Prof. Assistente da Universidade Federal de Viçosa.

países desenvolvidos, quer como substitutos de produtos de origem animal, quer como meio de aumentar a disponibilidade de proteínas, quando associadas a eles (23).

O processo de extrusão tem sido usado por apresentar vantagens em relação a outras técnicas de texturização, principalmente no que diz respeito ao custo do processamento (24).

Na extrusão, a farinha de soja desengordurada recebe água até atingir 35% de umidade. A extrusão é um processo contínuo que consiste na passagem do material num tubo de aço com aquecimento em camisa de vapor. Dentro do tubo há uma rosca que, ao girar, conduz o material, sob pressão de 40 atmosferas, através de 4 estágios, o 1.º a 100°C, 2.º a 150°C e os dois últimos a 170°C. Ao deixar o aparelho, o produto apresenta uma expansão de volume. A extrusão, além de permitir a gelatinização dos componentes amiláceos, causa desnaturação de proteínas, inativação de inibidores de crescimento e reestruturação do produto.

O valor nutricional da soja tem sido estudado intensivamente, incluindo experimentos com animais. Sabe-se que sua qualidade é determinada por outros fatores, além da composição em aminoácidos, tais como presença de substâncias antinutricionais, digestibilidade e composição global da dieta (25). A limitação em aminoácidos sulfurados constitui uma das principais deficiências nutricionais da soja. Porém, estudos de OSBORNE e MENDEL, mencionados por AYKROYD (1) e MUELENAERE (16), mostram que a soja submetida a adequado tratamento térmico pode ser nutricionalmente superior à não aquecida. Quando crua, essa leguminosa apresenta substâncias que atuam de maneira inter-relacionada, podendo causar respostas biológicas e fisiológicas variáveis. Entre essas substâncias encontram-se inibidores de tripsina, hemaglutininas, saponinas, causadores de bócio, de flatulência, e outros (14, 22).

Segundo KIES *et alii* (13), as técnicas de processamento utilizadas na obtenção de proteína texturizada por extrusão influem mais no valor vitamínico que no protéico.

Do exposto, visando a obter informações adicionais em produtos extrusados em aparelho de fabricação nacional, foi planejado este trabalho, com os seguintes objetivos gerais:

- Estudar o valor biológico da proteína de soja texturizada, quando comparada ao produto não processado.
- Avaliar possíveis danos de processamento sobre os aminoácidos lisina e metionina.
- Estudar o efeito da suplementação da proteína de soja texturizada com metionina, lisina e com ambos simultaneamente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado nos laboratórios dos Departamentos de Tecnologia de Alimentos e Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

Tendo em vista as perspectivas que se abrem para os produtos texturizados, principalmente nos países subdesenvolvidos, é de interesse para a nutrição humana saber como o processamento pode influenciar esses alimentos.

A farinha de soja desengordurada foi processada em extrusor ITALMECÂNICA — Modelo Laboratório — 100, instalado no DETAL — ESA — U.F.V.

Visando a analisar a proteína de soja extrusada, conduziu-se um ensaio biológico, em que ratos albinos recém-desmamados foram utilizados como material experimental.

2.1. Dietas Experimentais

As dietas experimentais foram preparadas de tal modo que oferecessem aos animais quantidades adequadas de vitamina e minerais, segundo a recomendação da «Association of Official Analytical Chemists» — AOAC (2). Como fonte de proteína, quatro delas continham farinha de soja desengordurada, que é encontrada no comércio; quatro outras, o mesmo produto, processado em extrusor nacional.

Conforme comunicação pessoal de PELLETT (1976), usou-se uma dieta sem fonte protéica como controle negativo para a determinação da Relação de Proteína Líquida — «Net Protein Ratio» (NPR). A lactalbumina foi utilizada como padrão, ao nível de 8%, para a obtenção da Relação de Proteína Líquida Relativa — «Relative Net Protein Ratio» (RNPR). Com a finalidade de evitar diferenças na granulagem das rações, a soja extrusada foi triturada em moinho elétrico.

Foram avaliados os produtos de soja, ora sem suplementação com aminoácidos, ora suplementados com metionina, ora suplementados com lisina, ora com ambos simultaneamente, conforme foi especificado no Quadro 1.

QUADRO 1 - Fonte de proteína das dietas experimentais

Dieta	Fonte de Proteína
A	Soja texturizada
B	Soja texturizada + metionina
C	Soja texturizada + lisina
D	Soja texturizada + metionina + lisina
E	Farinha de soja desengordurada
F	Farinha de soja desengordurada + metionina
G	Farinha de soja desengordurada + lisina
H	Farinha de soja desengordurada + metionina + lisina
I	Lactalbumina
J	Sem fonte de proteína

A composição das dietas experimentais encontra-se no Quadro 2.

Para a formulação das dietas, baseou-se nos teores de nitrogênio dos produtos sob teste, que se vêem no Quadro 3.

Com o objetivo de avaliar a disponibilidade de lisina em produtos extrusados, foi adicionado às dietas C, D, G e H 0,2% desse aminoácido, com base em estudos realizados por HEGSTED (12) sobre o efeito do enriquecimento de pão com lisina.

Os ingredientes foram homogeneizados em misturador elétrico «Hobart», durante mais ou menos 10 minutos. As dietas foram mantidas em temperatura de refrigeração até o início do experimento.

2.2. Critérios para Avaliação da Qualidade de Proteína

Considerando que o emprego de um único método poderia levar a falsas inter-

QUADRO 2 - Composição das dietas experimentais (g/100 g dieta)

Componentes	Dietas									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Soja texturizada	22,11	22,11	22,11	22,11						
Farinha de soja										
desengordurada					22,37	22,37	22,37	22,37		
Lactalbumina 1/									10,00	
Celulose 2/									2,00	2,00
Óleo de milho	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Mistura de										
vitamina 3/	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Colina 4/	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Vitamina A 5/	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Misturas de										
minerais 6/	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Amido de milho	67,685	67,685	67,485	67,285	67,425	67,225	67,225	67,025	77,795	87,795
Metionina 7/		0,20		0,20		0,20		0,20		
Lisina 8/			0,20	0,20			0,20	0,20		
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1) Lactalbumina purificada - Nutritional Biochemicals Corporation - 2) Celulose fornecida pela Escola Superior de Florestas da UFV - 3) AOAC (2) - 4) Cloreto de Colina (C5 H14 Cl NO) - 5) Vitamina A - Acetato - MERCK 6) Mistura de Minerais - USP XIV - 7) DL Metionina - MERCK - 8) L Lisina HCl - PARK.

QUADRO 3 - Conteúdo de nitrogênio da farinha de soja desengordurada, soja texturizada e lactalbumina

Material	% de Nitrogênio *	% de Proteína
Farinha de soja		
desengordurada**	7,8	44,61
Soja texturizada**	8,1	46,25
Lactalbumina ***	12,30	79,83
* Determinado pelo método semimicro Kjeldahl (2).		
** Fator de conversão, 5,71		(10).
*** Fator de conversão, 6,49		(10).

pretações, foram selecionados, neste estudo, os seguintes critérios de avaliação de qualidade de proteínas:

a. Relação de Eficiência Protéica — Protein Efficiency Ratio (PER). É método tradicional, usado para estabelecer as diferenças na qualidade de proteínas. Apesar de certas restrições quanto a seu uso (17), o método é largamente empregado em razão de sua simplicidade e das correlações observadas entre PER, Valor Biológico e Utilização Líquida de Proteínas. O PER relaciona o ganho de peso do animal com a quantidade de proteína ingerida, e é expresso da seguinte forma:

$$PER = \frac{\text{Ganho de Peso}}{\text{Consumo de Proteína}}$$

b. Retenção de Nitrogênio na Carcaça (RNC). BENDER e MILLER (5) estabeleceram que o conteúdo de nitrogênio do corpo animal pode ser calculado com base no seu teor d'água. No final do experimento, os animais, depois de pesados, foram mortos e secados em estufa a 105°C. Determinou-se seu conteúdo de água, sendo o nitrogênio calculado segundo a fórmula

$$\text{Log } (4,8 - Y) = 0,437 - 0,0123 X \text{ em que}$$

$$Y = 100 \times \frac{\text{Nitrogênio (g)}}{\text{Água (g)}}$$

e X = idade do animal, em dias.

c. Relação de Proteína Líquida — «Net Protein Ratio» (NPR). Empregou-se, além do grupo-teste, um controle, constituído por seis animais sem fonte protéica na dieta, durante 14 dias.

$$NPR = \frac{\text{Ganho de Peso do Grupo-Teste} + \text{Perda de Peso do Grupo s/Proteína}}{\text{Proteína Consumida pelo Grupo-Teste}}$$

d. Relação de Proteína Líquida Relativa — «Relative Net Protein Ratio» (RNPR). Esse método relaciona o NPR ao grupo-teste com o NPR da proteína-padrão (lactalbumina). É método indicado por PELLETT (1976) para avaliação de possíveis danos do processamento sobre a qualidade da proteína.

2.3. Delineamento Experimental

O experimento foi realizado em blocos ao acaso, no esquema fatorial, em que os fatores foram dois processamentos e quatro tipos de suplementação com aminoácidos, em seis repetições. Para a comparação entre médias, usou-se o teste de Duncan, a 5% de probabilidade (11).

Ratos albinos, recém-desmamados, foram alimentados, durante o período de 21 dias, com as dietas em estudo. Foram alojados, individualmente, em gaiolas metálicas, suspensas, e receberam água e alimento «ad libitum». O consumo de alimento foi registrado diariamente e o peso dos animais duas vezes por semana.

Um grupo de seis ratos foi sacrificado no primeiro dia do experimento, para que fossem colhidas informações sobre o conteúdo inicial de nitrogênio da carcaça.

Os produtos, bem como as dietas, foram analisados em quatro repetições, quanto ao teor de proteína, pelo método semimicro Kjeldahl (2). Empregou-se, nas análises, mistura digestora de Na_2SO_4 , CuSO_4 e selênio (100 + 10 + 1).

O nitrogênio das carcaças foi determinado pelo conteúdo corporal em água, utilizando-se métodos e fórmula de BENDER e MILLER (5), já descritos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância encontram-se no Quadro 4, enquanto os valores médios e erros-padrão referentes aos critérios de avaliação encontram-se no Quadro 5.

3.1. Eficiência Alimentar (EA)

A análise de variância (Quadro 4) revelou diferença altamente significativa ($P < 0,01$) entre os processamentos utilizados.

No 15.^o dia do experimento, verificou-se a perda de um animal, que morreu sem causa conhecida, entre os que recebiam dieta à base de farinha de soja desengordurada. Na análise de variância estimou-se a parcela perdida (11).

No Quadro 5 encontram-se as médias e erros-padrão de EA para as dietas em estudo.

O efeito da suplementação com aminoácidos (Quadro 4) também foi significativo ($P < 0,05$). Os maiores valores para EA couberam aos tratamentos em que houve suplementação com metionina + lisina e com metionina, os quais não apresentaram diferença significativa entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade, como se vê no Quadro 7.

Produtos texturizados apresentaram melhor desempenho em termos de EA, quando comparados aos não submetidos à extrusão, como se vê no Quadro 7.

Observou-se que as dietas sem suplementação e as suplementadas com lisina tiveram o mesmo comportamento, diferindo das dietas suplementadas com metionina + lisina. Efeitos de processamento e suplementação foram significativos, não havendo efeito de interação entre esses fatores (Quadro 4). Essa observação é válida para todos os critérios de avaliação.

3.2. Relação de Proteína Líquida — «Protein Efficiency Ratio» — PER

Os valores médios do PER, calculados em função do ganho de peso e da pro-

QUADRO 4 - Resumo da análise de variância para os critérios de avaliação da qualidade de proteína: EA, PER, RNC, NPR, RNPR

Critérios de Avaliação	F.V.	G.L.	Q.M.
Eficiência Alimentar (EA)	Blocos	5	2.12
	Processamento	1	50.92**
	Suplementação com aminoácidos	3	6.26*
	Processamento x suplementação	3	0.25
	Resíduo	34	1.47
Relação de Eficiência Proteica (PER)	Blocos	5	0.38
	Processamento	1	9.04**
	Suplementação com aminoácidos	3	0.81*
	Processamento x suplementação	3	0.06
	Resíduo	34	0.27
Retenção de Nitrogênio na Carcaça (RNC)	Blocos	5	3.04
	Processamento	1	5.59**
	Suplementação com aminoácidos	3	0.56
	Processamento x suplementação	3	0.08
	Resíduo	34	0.25
Relação de Proteína Líquida (NPR)	Blocos	5	1.51
	Processamento	1	8.32**
	Suplementação com aminoácidos	3	0.98*
	Processamento x suplementação	3	0.11
	Resíduo	35	0.31
Relação de Proteína Líquida Relativa (RNPR)	Blocos	5	0.08
	Processamento	1	0.44**
	Suplementação com aminoácidos	3	0.05*
	Processamento x suplementação	3	0.01
	Resíduo	35	0.02

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 5 - Valores médios e erros-padrão para os critérios de avaliação da qualidade de proteína na (EA, PER, RNC, NPR, RNPR) obtidos com as dietas em estudo

Dieta Fonte de Proteína	Eficiência Alimentar (EA)	Relação da Eficiência Protéica (PER)	Retenção de Nitrogênio na Carcassa (RNC)	Relação de Proteína Líquida (NPR)	Relação de Proteína Líquida Relativa (RNPR)
A - Soja texturizada	3,93 ± 0,50	1,81 ± 0,21	1,32 ± 0,20	3,12 ± 0,23	0,73 ± 0,05
B - Soja texturizada + 0,2% de metionina	5,13 ± 0,50	2,18 ± 0,21	1,62 ± 0,20	3,43 ± 0,23	0,80 ± 0,05
C - Soja texturizada + 0,2% de lisina	4,10 ± 0,50	1,82 ± 0,21	1,38 ± 0,20	3,14 ± 0,23	0,73 ± 0,05
D - Soja texturizada + 0,2% de metionina + 0,2% de lisina	5,45 ± 0,50	2,17 ± 0,21	1,88 ± 0,20	3,48 ± 0,22	0,81 ± 0,05
E - Farinha de soja desengordurada	2,19 ± 0,55	0,96 ± 0,24	0,84 ± 0,23	2,12 ± 0,23	0,50 ± 0,05
F - Farinha de soja desengordurada + 0,2% de metionina	3,17 ± 0,50	1,36 ± 0,21	1,00 ± 0,20	2,71 ± 0,23	0,65 ± 0,05
G - Farinha de soja desengordurada + 0,2% de lisina	1,71 ± 0,50	0,73 ± 0,21	0,57 ± 0,20	2,14 ± 0,22	0,50 ± 0,05
H - Farinha de soja desengordurada + 0,2% de metionina + 0,2% de lisina	3,19 ± 0,50	1,40 ± 0,21	1,03 ± 0,20	2,86 ± 0,22	0,66 ± 0,05

teína ingerida, podem ser vistos no Quadro 5.

A análise de variância (Quadro 4) mostrou haver diferença significativa entre as formas do processamento ($P < 0,01$) e a suplementação com aminoácidos ($P < 0,05$) ensaiadas.

Os produtos texturizados apresentaram valores de PER mais elevados, como se vê no Quadro 7.

Animais que receberam proteína de soja suplementada, quer com metionina, quer com metionina + lisina, apresentaram maior PER. Não obstante, não foi constatada, por esse critério, diferença significativa em relação aos animais que receberam o produto sem suplementação (Quadro 6). A adição apenas de lisina não logrou benefícios para a proteína de soja. Essa dieta apresentou um PER inferior ao do produto não suplementado.

Observa-se, no Quadro 8, que o consumo de alimentos foi bem uniforme dentro dos dois grupos de dietas com proteínas de soja (PST e FSD).

Os maiores ganhos de peso refletiram-se nos valores de PER, evidenciando, assim, o efeito suplementar da metionina sobre a proteína de soja, como também foi observado por BARNES *et alii* (3).

3.3. Retenção de Nitrogênio na Carcaça (RNC)

Com esse critério, estima-se a quantidade de nitrogênio retido no organismo animal durante o experimento. Os resultados médios encontram-se no Quadro 5.

O Quadro 4 indica diferenças significativas ($P < 0,01$) apenas entre as formas de processamento empregadas. A texturização levou a uma maior retenção de nitrogênio na carcaça (Quadro 7). O teste de Duncan apresentou diferenças entre as dietas, pois a ração com proteína suplementada com metionina + lisina permitiu maior retenção de nitrogênio nos animais experimentais (Quadro 6).

3.4. Relação de Proteína Líquida — «Net Protein Ratio» — NPR

Esse método compara o ganho de peso com a quantidade de proteína ingerida. Inclui ainda um grupo de controle negativo, e em razão disso é apontado para superar variações no PER relacionadas com a ingestão de alimentos (8). Foi estabelecida estreita correlação (0,98) entre NPR e RNPR, visto que os dois critérios determinam, em essência, a mesma relação (7).

Dados médios obtidos para NPR encontram-se no Quadro 5. Diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) entre processamentos foram constatadas na análise de variância, mostrando-se também significativas ($P < 0,05$) as diferenças entre suplementações com aminoácidos (Quadro 4). Aplicado o teste de médias (Quadro 6), observou-se que a dieta suplementada com metionina + lisina apresentou melhor resultado, contudo, não diferiu significativamente da dieta suplementada com metionina apenas.

Em concordância com os demais critérios utilizados neste estudo, os valores de NPR apresentaram-se mais elevados entre os produtos texturizados (Quadro 7), especialmente nas dietas em que a proteína de soja foi suplementada com metionina + lisina (Quadro 5).

3.5. Relação da Proteína Líquida Relativa — «Relative Net Protein Ratio» — RNPR

Esse índice foi determinado por comparação entre o NPR do grupo que recebeu a dieta-teste e o NPR do grupo alimentado com a dieta que continha lactalbumina (Quadro 9). Observou-se elevada correlação (0,99) entre RNPR e Valor Pro-

QUADRO 6 - Valores médios e erros-padrão de eficiência alimentar (EA); relação de eficiência protéica (PER); retenção de nitrogênio na carcaça (RNC); relação de proteína líquida (NPR); relação de proteína relativa (RNPR), para as diferentes suplementações da proteína de soja com aminoácidos

Dieta	EA*	PER*	RNC*	NPR*	RNPR*
Sem suplementação	3.06 ± 0.37 b	1.38 ± 0.16ab	1.08 ± 0.15ab	2.62 ± 0.16 b	0.61 ± 0.04 b
+ 0,2% DL metionina	4.15 ± 0.35a	1.77 ± 0.15a	1.31 ± 0.14ab	3.07 ± 0.16ab	0.72 ± 0.04ab
+ 0,2% L lisina	2.91 ± 0.35 b	1.27 ± 0.15 b	0.98 ± 0.14 b	2.64 ± 0.16 b	0.62 ± 0.04 b
+ 0,2% DL metionina	4.32 ± 0.35a	1.78 ± 0.15a	1.46 ± 0.14a	3.17 ± 0.16a	0.74 ± 0.04a
0,2% L lisina					

* Valores seguidos por letras iguais, para cada critério de avaliação, não apresentam diferenças entre si, pelo teste de Duncan, a 5%.

QUADRO 7 - Efeito do processamento sobre a qualidade da proteína de soja: eficiência alimentar (EA); relação de eficiência protéica (PER); retenção de nitrogênio na carcaça (RNC); relação de proteína líquida (NPR); relação de proteína líquida relativa (RNPR)

Processamento	EA*	PER*	RNC*	NPR*	RNPR*
Soja texturizada	4.65 ± 0.50 a	2.00 ± 0.21 a	1.55 ± 0.20 a	3.29 ± 0.23 a	0.77 ± 0.05 a
Soja não texturizada	2.56 ± 0.51 b	1.11 ± 0.22 b	0.86 ± 0.21 b	2.46 ± 0.22 b	0.58 ± 0.05 b

* Valores seguidos por letras iguais, para cada critério de avaliação, não apresentam diferenças entre si, pelo teste de Duncan, a 5%.

QUADRO 8 - Efeito do processamento e da suplementação com aminoácidos sobre o ganho de peso e o consumo médio de alimentos pelos animais experimentais

Dieta Fonte de Proteína		Ganho médio peso (g)	Consumo médio alimento (g)
A	Soja texturizada	45,8	248,2
B	Soja texturizada + 0,2% DL metionina	61,8	245,5
C	Soja texturizada + 0,2% L lisina	48,9	251,2
D	Soja texturizada + 0,2% DL metionina + 0,2% L lisina	66,6	249,2
E	Farinha de soja	23,0	200,0
F	Farinha de soja + 0,2% - DL metionina	35,6	223,4
G	Farinha de soja + 0,2% L lisina	17,9	207,5
H	Farinha de soja + 0,2% DL metionina + 0,2% L lisina	31,0	206,0

técnico Relativo — VPR. Esse critério é recomendado por alguns pesquisadores (20) porque proporciona um índice quantitativo exato da proteína utilizável pelo organismo animal. O VPR baseia-se na variação de peso de animais experimentais que recebem os diferentes níveis de proteína em estudo, comparada com o desempenho de animais alimentados com uma proteína referência (Lactalbumina).

Os resultados médios obtidos para as dietas em estudo encontram-se no Quadro 5. Pela análise de variância (Quadro 4) e pelo teste de Duncan (Quadro 6), chegou-se a resultados semelhantes, encontrados para NPR. Tomando-se o valor 1,00 para a RNPR de lactalbumina, o maior RNPR (0,81) foi apresentado por ratos alimentados com proteína de soja texturizada suplementada com metionina. A adição de 0,2% de metionina à farinha de soja desengordurada elevou o RNPR de 0,50 para 0,65 (Quadro 5).

3.6. Considerações Gerais

O efeito benéfico do tratamento térmico sobre o valor nutricional da soja tem sido extensivamente demonstrado (14).

No Quadro 5 encontram-se informações relativas à qualidade das dietas estudadas, utilizando-se diferentes critérios de avaliação, observando-se concordância geral quanto aos resultados.

O aumento de peso (Quadro 8) dos animais que receberam dietas com proteína de soja texturizada foi praticamente duplicado em relação aos que receberam soja desengordurada não texturizada. Provavelmente, o tratamento térmico comumente usado durante a extração de óleo (9) não foi suficiente para destruir ou inativar os fatores termolábeis responsáveis pela inibição de crescimento. Segun-

QUADRO 9 - Variações de peso dos animais experimentais submetidos às dietas-controle (sem proteína e com lactalbumina)

Rato	Dieta sem	Dieta com		
	Proteína	Lactalbumina		
Nº	Perda de Peso (g)	Ganho de peso (g)	Proteína Ingerida (g)	NPR*
1	31,0	24,0	16,86	2,75
2	28,5	33,0	13,44	4,12
3	23,0	22,0	10,43	4,26
4	-	28,5	10,92	4,66
5	17,5	38,0	11,51	5,25
6	12,0	24,0	10,7	4,61
Média	22,4	28,3	12,3	4,28

* Para determinação do NPR da lactalbumina utilizou-se o valor médio (13) de perda de peso do grupo sem proteína.

do SMITH (24), o processo de extrusão, além de inativar os sistemas enzimáticos e antienzimáticos da soja, promove melhor digestibilidade da proteína. Tratamento térmico adequado permite ainda maior disponibilidade dos aminoácidos sulfurados da proteína de soja (4), o que pode ser comprovado pelo melhor desempenho conseguido pela dieta com proteína texturizada sem suplementação, mesmo quando comparada à farinha de soja enriquecida com metionina.

A adição de lisina à proteína texturizada de soja não acusou efeito sobre a qualidade do produto. A suplementação com metionina causou aumentos significativos, não só no peso (Quadro 8) como também nos demais critérios de avaliação (Quadro 5), confirmando ser esse aminoácido fator limitante da proteína texturizada de soja. Quando adicionados juntos, metionina e lisina lograram maior peso; para os demais critérios de avaliação, porém, não foram verificados aumentos significativos. Conclui-se que se o tratamento térmico usado no processamento por extrusão altera a disponibilidade de lisina, esse efeito não chega a ser tão evidente a ponto de torná-lo limitante. Os resultados obtidos concordam, em parte, com os estabelecidos por BRESSANI *et alii* (6).

Conforme esperado, a suplementação de farinha de soja com metionina melhorou sensivelmente o valor nutricional daquela.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho foi conduzido nos laboratórios do Departamento de Tecnologia de Alimentos e do Departamento de Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa, com o objetivo principal de avaliar a qualidade da proteína de soja texturizada, obtida pelo método de extrusão, comparada à do produto não texturizado.

Foi ainda analisada a disponibilidade dos aminoácidos essenciais, lisina e metionina, para o organismo animal.

Foram utilizados ratos albinos, recém-desmamados, procedentes do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Empregou-se um esquema fatorial 2×4 (2 processamentos \times 4 suplementações com aminoácidos), sendo os animais casualizados em 6 blocos.

Eficiência Alimentar (EA), Relação de Eficiência Protéica — «Protein Efficiency Ratio» (PER), Retenção de Nitrogênio na Carcaça (RNC), Relação da Proteína Líquida — «Net Protein Ratio» (NPR) e Relação da Proteína Líquida Relativa — «Relative Net Protein Ratio» (RNPR) foram os critérios de avaliação selecionados. Em termos de resultados, observou-se concordância geral entre os critérios de avaliação empregados. O processo de extrusão melhorou significativamente ($P < 0,01$) a qualidade da proteína de soja. A simples observação dos resultados revela maiores ganhos de peso entre animais que receberam o produto texturizado.

A suplementação com aminoácidos foi significativa ($P < 0,05$) em todos os critérios analisados, à exceção de retenção de nitrogênio na carcaça. A um nível de 10% de proteína, a suplementação de dietas com metionina melhorou a qualidade protéica do produto texturizado e do não texturizado, evidenciando a deficiência desse aminoácido em ambos. Ratos alimentados com proteína de soja enriquecida com metionina e lisina, simultaneamente, responderam de forma semelhante aos que receberam suplementação apenas com metionina.

Dentre as conclusões gerais extraídas deste estudo, as mais importantes foram:

- 1 — O processo de extrusão melhora significativamente o valor nutritivo de soja.
- 2 — A suplementação da proteína de soja texturizada e da farinha de soja desengordurada com metionina eleva o valor nutricional da ração.
- 3 — O tratamento térmico do processo de extrusão não influencia a disponibilidade de lisina para o organismo animal; se o faz, esse aminoácido não chega a se tornar fator limitante.

5. SUMMARY

This research was conducted in the Food Technology and Nutrition Departments of the Federal University of Viçosa, Minas Gerais, Brazil. The objective was to evaluate the nutritional quality of texturized protein from soybean, processed by extrusion, as compared to non-fat (commercial) soybean meal. The effects of added methionine and lysine were also tested. Weanling white rats were used as the experimental animals.

The criteria selected for diet evaluation were: Nutritional Efficiency (NE), Protein Efficiency Ratio (PER), Carcass Nitrogen Retention (CNR), Net Protein Ratio (NPR) and Relative Net Protein Ratio (RNPR). A general agreement was obtained among the criteria utilized in the evaluation.

The extrusion process significantly ($P < 0.01$) improved the quality of soybean proteins. Except for carcass nitrogen retention (CNR), the effect of supplementation of the diets with both methionine and lysine was statistically significant ($P < 0.05$) for all criteria analysed. At the 10% level of protein, the supplementation with methionine alone improved the protein quality of both texturized and non-texturized products. Although the addition of lysine to the texturized protein had no measured effect, the addition of this amino acid to the commercial product resulted in a reduction of quality.

Similar results were observed with soybean diets enriched with both methionine and lysine, or with methionine alone. If any damage had occurred to lysine by the extrusion method, this damage certainly was not sufficient to make this amino acid a limiting factor. The extrusion process remarkably improved the nutritional value of the soybean meal as compared with the same product without processing. Consequently soybean meal should be texturized as well as supplemented for nutrition purposes.

6. LITERATURA CITADA

1. AYKROYD, W.R. & DOUGHTY, J. *Legumes in human nutrition*. Roma, FAO, 1964. 138 p. (Nutritional Studies n.º 19).
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, Washington. *Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists*. 11th ed. Washington, 1970.
3. BARNES, R.H., FIALA, G., KWONG, E. Methionine supplementation of processed soybean in the rat. *J. Nutr.* 77(3):278-284. 1962.
4. BENDER, A.E. Processing damage to protein foods. *PAG* 2(1):10-19. 1972.
5. BENDER, A. E. & MILLER, D.S. Constancy of the N/H₂O ratio of the rat and its use in the determination of net protein value. *Bioch. Journal* 53(1):7-8. 1953.
6. BRESSANI, R., VITERI, F., ELIAS, L.G., ZAGUI, S., ALVARADO, J. & ODELL, A. D. Protein quality of a soybean protein textured food in experimental animal and children. *J. Nutr.* 93(3):349-360. 1967.
7. CAMPBELL, J.A *Methodology of protein evaluation. A critical appraisal of methods for evaluation of protein in foods*. Beirut, American University of Beirut, 1963. 87 p. (Publication n.º 21).
8. CHAVEZ, J.F. & PELLET, P.L. Protein quality of some representative Latin American diets by rat bioassay. *J. Nutr.* 106 (6):792-801. 1976.
9. CIRCLE, S. J. & SMITH, A. K. Processing soy flours, protein concentrates and protein isolates. In: Smith, A. K. and Circle, S. J. ed. *Soybeans chemistry and technology*. Westport, AVI Publishing, 1972. p. 294-338.
10. FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION. *Amino acid content of foods*. Roma, FAO, 1970. 190 p. (Nutritional Studies n.º 24).
11. GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 6.^a ed. Piracicaba, Livraria Nobel, 1976. 430 p.
12. HEGSTED, D. M. Nutritional research on the value of amino acid fortification experimental studies in animals. In: Scrimshaw, N. S. & Altschul, A.M., ed. *Amino acid fortification of protein foods*. Cambridge, MIT Press, 1971. p. 157-178.
13. KIES, C. Nutritional evaluation of fabricated foods. In: Inglett, G.E , ed. *Fabri-*

cated foods, Westport, AVI Publishing, 1975. p. 187-195.

14. LIENER, I.E. Nutritional value of food protein products. In: Smith, A.K. & Circle, S.J., ed. *Soybeans: chemistry and technology*, Westport, AVI Publishing, 1972. p. 203-277.
15. MAYER, J. The dimensions of human hunger. *Scientific American*, 235(3):40-50. 1976.
16. MUELENAERE, H.J.H. Studies on the digestion of soybeans. *J. Nutr.* 82(2): 197-205. 1964.
17. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES — NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Evaluation of protein quality*. Washington, NAS — NRC, 1963. 1963. 74 p. (Publication n.º 1100).
18. PROTEIN ADVISORY GROUP. Textured vegetable proteins. *PAG* 2(1):22-26. 1972.
19. PROTEIN ADVISORY GROUP. Upgrading human nutrition trough the improvement of food legumes. *PAG* 3(2):1-23. 1973.
20. PROTEIN ADVISORY GROUP. Métodos para que los «criadores» de cereales determinen las proteínas en relación con las necesidades nutricionales del ser humano. *PAG* 4(2):24-50. 1975.
21. PANEMANGALORE, M., GUTTIKAR, M.N., RAO, M.N., RAJALAKSHMI, D. & SWAMINATHAM, M. Studies on processed protein foods based on blends of groundnut, Bengal gram, soybean and sesame flours and fortified with minerals and vitamins. III Supplementary value to a poor Indian kaffir corn diet. *J. Nutr. Dietet* 2:28-33. 1965.
22. RACKIS, J.J. Biologically active components. In: Smith, A. K. & Circle, S.J., ed. *Soybeans: chemistry and technology*. Westport, AVI Publishing, 1972. p. 158-202.
23. RUITER, R.D. Use of soy flour in composite flours. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 51 (1): 187-188. 1974.
24. SMITH, O.B. Textures by extrusion processing. In: Inglett, O.E., ed. *Fabricated foods*. Westport, AVI Publishing, 1975. p. 89-108:
25. WOLF, W.J. & COWAN, J.C. *Soybeans as a food source*. Cleveland, CRC Press, 1975. 101 p.