

DEGRADABILIDADE RUMINAL DA PROTEÍNA DE SOJA PELO PROCESSO DOS SACOS DE NÁILON "IN SITU"⁽¹⁾

LAÉRCIO MELOTTI⁽²⁾, EDISON VALVASORI⁽³⁾, CARLOS DE SOUSA LUCCI⁽²⁾ e JOSÉ CARLOS MACHADO NOGUEIRA FILHO⁽²⁾

RESUMO: Seis bovinos cruzados (5/8 europeu x 3/8 zebu) dotados de fistulas de rúmen, foram usados em experimento em "change-over" 3x3, com o propósito de estudar *in situ* a degradabilidade da proteína da soja, utilizando os seguintes tratamentos: A) soja crua, B) soja torrada e C) farelo de soja comercial. Após 21 dias de adaptação em cada subperíodo, foram feitas incubações ruminais por períodos de 0, 1, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas. Concomitantemente, amostras do material foram analisadas quanto à solubilidade da proteína. A proteína da soja torrada teve a solubilidade diminuída em relação ao alimento cru (54,78% e 66,09%, respectivamente); a torrefação da soja diminuiu a taxa de degradabilidade protéica ruminal (de 0,085 da soja crua para 0,041 da soja torrada) e com 3 horas de incubação apenas 22,53% da proteína do farelo de soja comercial havia sido degradada, em comparação a 49,74% da soja crua.

Termos para indexação: bovinos, proteína da soja, degradação ruminal, solubilidade.

Soybean protein degradation in the rumen through nylon bags "in situ"

SUMMARY: Six crossbred (5/8 European x 3/8 Zebu) steers with ruminal cannula were used in a 3x3 change-over design to compare soybean protein degradation *in situ*, with the treatments: A) raw ground soybean meal, B) ground-toasted soybean, and C) commercial soybean oil meal. After 21 days of adaptation for each subperiod, protein degradability was measured by the nylon bag technique with incubation times of 0, 1, 3, 6, 12, 24, 48 and 72h, simultaneously the protein solubility was measured. Protein degradability rate and protein solubility were depressed in the toasted soybean (0.041 and 54.78% for toasted soybean against 0.085 and 66.09% for raw soybean, respectively). After 3 hours of incubation only 22.53% of toasted soybean (B) was degraded in comparison with 49.74% of the raw soybean (A).

Index terms: cattle, soybean protein, rumen degradability, solubility.

(1) Projeto IZ 14-035/89, financiado pela FUNDEPAG. Recebido para publicação em outubro de 1992.
(2) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/USP, Campus de Pirassununga.
(3) Seção de Criação e Manejo do Gado Leiteiro, Divisão de Zootecnia de Bovinos Leiteiros.

INTRODUÇÃO

Os amino-ácidos são necessários para a manutenção, crescimento, reprodução e lactação de bovinos leiteiros. Eles provêm, quer da digestão intestinal da proteína da dieta que escapa à fermentação do rúmen, quer da proteína microbiana, oriunda da fermentação ruminal (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989).

O interesse em conhecer a velocidade da degradação da proteína a nível do rúmen tem valor, principalmente, para vacas de alta produção e bezerras submetidos a regimes de crescimento rápido, em razão dos amino-ácidos de origem na proteína microbiana serem insuficientes para atenderem às exigências dessas categorias animais (CHALUPA, 1975; TAMMINGA, 1979; ORSKOV, 1982).

Os grãos de soja são ricos em proteína que apresenta bom equilíbrio em constituição de amino-ácidos, tornando-os um suplemento protéico vegetal de boa qualidade (ANDRIGUETTO et al., 1983). Aliás, a soja integral contém aproximadamente 38% de proteína bruta e 18% de extrato etéreo, sendo que este pode contribuir como fonte de energia para os ruminantes. Já o farelo de soja comercial, sub-produto da extração do óleo, atinge teor de 44 a 50% de proteína bruta (CAMARA et al., 1982). Quando a soja é processada termicamente, aumenta seu valor alimentício para ruminantes, devido ao decréscimo da solubilidade e da degradação da proteína a nível de rúmen (CHALUPA, 1975), preservando maior parte da mesma para digestão intestinal.

Segundo vários autores como THOMAS et al., 1979; YU, 1978; KOELN & PATERSON, 1986; PLEGGÉ et al., 1985; STERN et al., 1985, quando a soja é tostada adequadamente, a proteína nela contida apresenta menor degradação ruminal, sem que seja prejudicada a sua utilização a nível de intestinos. Existem no entanto, opiniões contrárias como as de MIR et al., 1984.

Usando a concentração do nitrogênio amoniacal do rúmen para estimar a proteólise, chegou-se à conclusão que a fração endógena do lipídio da soja moída, não protege a proteína da fermentação ruminal (DAVENPORT et al., 1987).

A proteína da dieta dos ruminantes é degradada pelos microorganismos que habitam o rúmen-retículo, sendo a degradação relacionada de forma direta à solubilidade da proteína (TAMMINGA, 1979). O tratamento com calor seco (149°C, por 4 horas) reduz a solubilidade da proteína do farelo de soja (GLIMP et al., 1967; THOMAS et al., 1979 e SCHINGOETHE et al., 1988).

Ensaio in vitro mostraram que a torrefação do farelo de soja no processo industrial é um método eficiente para a proteção da proteína contra a degradação ruminal (VIEIRA et al., 1981).

MATERIAL E MÉTODOS

Em estábulo experimental, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, "Campus de Pirassununga", 6 novilhos mestiços (5/8 europeu x 3/8 zebu), castrados, com média de 300kg de peso vivo e com fistula permanente de rúmen, foram utilizados para determinar a degradabilidade in situ da proteína dos seguintes alimentos: A) soja crua, em grãos moídos; B) soja torrada, em grãos moídos; C) farelo de soja comercial.

O delineamento foi o "change-over" (GOMES, 1978) com dois grupos de três animais em três subperíodos experimentais de 28 dias de duração cada. Nas três primeiras semanas os animais permaneceram em fase de adaptação ao alimento, sendo as dietas formuladas para conter 13% de proteína bruta (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1978), (quadro 1), fornecidas *ad libitum* duas vezes ao dia (8 e 16 horas).

Quadro 1. Porcentagens de ingredientes nas rações dos diferentes tratamentos (matéria original)

Ingredientes	Tratamentos		
	A	B	C
		%	
Farelo de soja	-	-	16
Soja moída torrada	-	20	-
Soja moída crua	20	-	-
Milho ⁽¹⁾	18	18	18
Feno ⁽²⁾	60	60	64
Mistura mineral	2	2	2
Proteína bruta	13	13	13

(1) Milho com palha e sabugo

(2) Feno de *Brachiaria decumbens*

A torrefação da soja (120°C por 30 minutos, em calor úmido), assim como a mistura dos ingredientes, seguiram as normas descritas por VALVASORI (1989) e VELLOSO et al. (1965/66).

Na quarta semana de cada subperíodo, aproximadamente 10 gramas de cada tipo de soja foram colocados em sacos de náilon medindo 7,5cm x 15,0cm, com malha de 50 a 70µ e área de 44,4mg de amostra/cm². Foram colocadas esferas de vidro no interior dos sacos, com a finalidade de manter o material submerso no fluido ruminal. Oito sacos, assim preparados, foram inseridos via fistula em cada bovino, estando presos a

uma argola metálica de aço inoxidável, fixa a uma linha de náilon de 25cm de comprimento e amarrada à tampa da fístula. Os tempos de incubação observados foram de 0, 1, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas. Após a remoção dos sacos de náilon, estes foram imediatamente lavados em água corrente até o líquido fluir incolor e levados à estufa com ventilação forçada (55°C), sendo aí secos pelo período de 48 horas. Com exceção da solubilidade protéica, determinada somente na forma inicial, todas as amostras incubadas foram analisadas em termos de matéria seca e nitrogênio; este último pelo processo de kjeldahl (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984).

A avaliação estatística da degradabilidade da proteína foi feita para cada um dos tempos de incubação. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) (ZONTA et al., 1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química inicial da soja é encontrada no quadro 2.

Quadro 2. Teores de matéria seca, proteína bruta e valores de solubilidade da soja (matéria original)

	M.S.	P.B.	Solubilidade
	%		
Farelo de soja comercial	87,91	47,06	77,60
Soja grão crua moída	94,00	39,81	66,09
Soja grão torrada moída	90,93	37,93	54,78

Observa-se que os teores de proteína bruta do farelo de soja comercial, assim como da soja integral, estão de acordo com os resultados da literatura (ANDRIGUETTO et al., 1983 e CAMARA et al., 1982). A solubilidade da soja torrada moída, apresentou-se menor em relação aos demais alimentos, confirmando os dados de GLIMP et al. (1967), THOMAS et al. (1979) e SCHINGOETHE et al. (1988). A maior solubilidade do farelo de soja comercial em relação à soja grão é um dado inesperado, uma vez que o aquecimento durante o processo industrial diminui a solubilidade em vez de aumentá-la. É possível que algum fato anormal ou erro tenha ocorrido com a partida do farelo empregado neste experimento, merecendo, este aspecto, ser melhor estudado.

As taxas de degradabilidade protéica, em porcentagens, encontram-se no quadro 3.

Quadro 3. Degradabilidade da proteína nos diversos tratamentos, em porcentagens do valor inicial

Tempo de degradação	Soja Crua	Soja Torrada	Farelo de Soja Comercial
hora	%		
0	18,39 ± 0,73a*	14,98 ± 0,66b	18,44 ± 0,70a
1	40,28 ± 1,07a	18,33 ± 0,79b	32,73 ± 0,92a
3	49,74 ± 1,35a	22,53 ± 0,76b	46,66 ± 1,26a
6	49,19 ± 1,19a	29,76 ± 0,95b	52,19 ± 1,06a
12	71,88 ± 1,07a	48,51 ± 0,83b	70,38 ± 1,32a
24	97,26 ± 1,01a	74,88 ± 1,22c	91,41 ± 1,14b
48	99,93 ± 0,42a	95,06 ± 0,63b	99,31 ± 0,32a
72	99,96 ± 0,30a	99,62 ± 0,39a	99,33 ± 0,28a

* Letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Observa-se que, nas primeiras 12 horas de incubação, a proteína da soja crua foi rapidamente degradada em relação à soja torrada. Os dados de degradação ruminal do farelo de soja comercial, próximos aos da soja crua, contrariam os obtidos na literatura de VIEIRA et al. (1981), pois o processo industrial, devido à aplicação de calor, é tido como um método eficiente para diminuir a degradação ruminal da proteína, que neste caso não aconteceu. É provável que a partida de farelo de soja utilizada neste experimento, por algum motivo, não tenha sido suficientemente aquecida na sua industrialização. Embora conhecido que a aplicação de calor provoca decréscimo na solubilidade da proteína e na degradação ruminal (CHALUPA, 1975); MIR et al. (1984) não obtiveram resultado quando aplicaram tratamento térmico à soja, provavelmente pelo tempo de exposição ao calor seco ter sido inferior ao de 4 horas, como preconizam YU (1978) e THOMAS et al. (1979). No presente experimento, utilizou-se calor úmido por 30 minutos, aplicado à soja, com resultados satisfatórios.

A figura 1 mostra a degradabilidade das proteínas, no rúmen, com o passar do tempo e o fato de ter sido atingida a assíntota em determinado momento. Ainda, os dados do quadro 3 e a complementação da figura 1, indicam que até 3 horas de incubação, mais do dobro da proteína da soja crua foi degradada em relação à torrada (49% contra 22% da fração inicial). MIR et al. (1984) comentam que, aproximadamente 31% do farelo de soja não tratado pelo calor desapareceu quase que imediatamente do rúmen.

Os dados do presente experimento confirmam os da literatura de que o tratamento da soja pelo calor reduz sensivelmente a degradabilidade de sua proteína (YU, 1978; THOMAS et al., 1979; PLEGGE et al., 1985; STERN et al., 1985; KOELN & PATERSON, 1986).

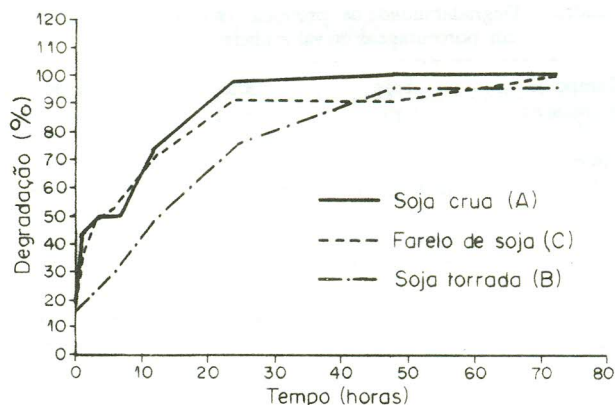


Figura 1. Degradabilidade de proteína no rúmen, nos diversos tempos de incubação.

A menor degradabilidade protéica no caso da soja adequadamente torrada, implica em seu maior aproveitamento a nível de abomaso e intestinos, fator importante para o arraçoamento de animais com níveis elevados de exigências, como por exemplo jovens em crescimento acelerado e vacas leiteiras de alta produção (TAMMINGA, 1979 e ORSKOV, 1982).

O quadro 4 mostra resultados da aplicação da equação de regressão (ORSKOV & McDONALD, 1979) sobre os dados de degradabilidade p , sendo $p = a + b(1 - e^{-ct})$, onde a , b e c são constantes, sendo a - para a proteína rapidamente solúvel, b - para a proteína sujeita à degradação e c - para a taxa de desaparecimento de b , por unidade de tempo t .

Quadro 4. Degradabilidade da proteína dos diferentes tratamentos

Tratamentos	Constantes de degradabilidade		
	a*	b	c
Soja crua	26,082	75,573	0,085
Soja torrada	12,849	93,189	0,041
Farelo de soja	23,484	76,460	0,087

a* - proteína rapidamente solúvel; b - proteína sujeita à degradação; c - taxa de desaparecimento de b, por unidade de tempo

A velocidade de degradação da soja crua (0,085) é diminuída pela metade através da torrefação (0,041).

Pela solubilidade da proteína, encontrada no quadro 2 e, pela taxa de degradação mostrada no quadro 3, observa-se que os lipídios contidos no grão não protegeram a soja integral moída crua, confirmando os dados de DAVENPORT et al. (1987).

CONCLUSÕES

1. A proteína da soja torrada tem sua solubilidade e degradabilidade ruminal diminuídas em relação ao alimento cru.

2. A torrefação do grão de soja é recomendada quando se deseja um aproveitamento maior da proteína da dieta, ao nível de intestinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEI, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A. & BONA FILHO, A. Nutrição animal. 2 ed. São Paulo, Nobel, 1983. v.1.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 14 ed. Washington, 1984. 1141p.
- CAMARA, J. M. D. S.; GODOY, O. P.; MARCOS FILHO, J. & D'ARCE, M. A. B. R. Soja: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 99p. (Extensão Agroindustrial, 7).
- CHALUPA, W. Rumen bypass and protection of protein and amino acids. J. Dairy Sci., Champaign, IL, 58(8):1198-217, 1975.
- DAVENPORT, G. M.; BOLING, J. A.; GAY, N. & BUNTING, L. D. Effect of soybean lipid on ground whole soybeans. J. Anim. Sci., Albany, NY, 65(6):1680-9, 1987.
- GLIMP, H. A.; KARR, M. R.; LITTLE, C. O.; WOOLFOLK, P. G.; MITCHELL JR., G. E. & HUDSON, L. W. Effect of reducing soybean protein solubility by dry heat on the protein utilization of young lambs. J. Anim. Sci., Albany, NY, 26(4):858-61, 1967.
- GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 8 ed. Piracicaba, SP., Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1978. 430p.
- KOELN, L. L. & PATERSON, J. A. Nitrogen balance and amino acid disappearance from the small intestine in calves fed soybean meal, toasted soybean meal or corn gluten meal supplemented diets. J. Anim. Sci., Albany, NY, 63(4):1258-66, 1986.
- MIR, Z.; McLEOD, G. K.; BUCHANAN-SMITH, J. G.; GRIEVE, D. G. & GROVUM, W. L. Methods for protecting soybean and canola proteins from degradation in the rumen. Can. J. Anim. Sci., Ottawa, Ont, 64(4):853-65, 1984.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirement of dairy cattle. 5 ed. rev. Washington, National Academy Press, 1978. 76p.
- _____. Nutrient requirement of dairy cattle. 6 ed. rev. Washington, National Academy Press, 1989.
- ORSKOV, E. R. Protein nutrition in ruminants. Washington, Academic Press, London, 1982. 136p.
- _____ & McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci., New York, NY, 92:499-503, 1979.

- PLEGGE, S. D.; BERGER, L. L. & FAHEY JÚNIOR, G. C. Effect of roasting temperature on the proportion of soybean meal nitrogen escaping degradation in the rumen. *J. Anim. Sci.*, Albany, NY, 61(5):1211-8, 1985.
- SCHINGOETHE, D. J.; CASPER, D. P.; YANG, C.; ILLG, D. J.; SOMMERFELDT, J. L. & MUELLER, C. R. Lactational response to soybean meal, and extruded soybeans with ruminally protected methionine. *J. Dairy Sci.*, Champaign, IL, 71(1):173-80, 1988.
- STERN, M. D.; SANTOS, K. A. & SATTER, L. D. Protein degradation in rumen and amino acid absorption in small intestine of lactating dairy cattle fed heat-treated whole soybeans. *J. Dairy Sci.*, Champaign, IL, 68(1):45-56, 1985.
- TAMMINGA, S. Protein degradation in the forestomachs of ruminants. *J. Anim. Sci.*, Albany, NY, 49(6):1615-30, 1979.
- THOMAS, E.; TRENKLE, A. & BURROUGHS, W. Evaluation of protective agents applied to soybean meal and fed to cattle. I laboratory measurements. *J. Anim. Sci.*, Albany, NY, 49(5):1346-56, 1979.
- VALVASORI, E. Digestibilidade aparente de grãos de soja crus ou torrados e farelo de soja para bezerros ruminantes. Dissertação - Mestrado. Pirassununga, SP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 1989. 57f.
- VELLOSO, L.; KALIL, E. B.; BECKER, M. & MELOTTI, L. Uso do farelo integral de soja tostada em rações de aves de corte. *B. Indústria. anim.*, São Paulo, 23(ún.):153-60, 1965/66.
- VIEIRA, P. F.; SILVA, J. F. C.; DIONELLO, N. J. L. & SALVADOR, M. Efeito do formaldeído sobre a liberação de amônia in vitro por grãos de soja moídos e rações com farelo de soja. *R. Soc. Bras. Zoot.*, Viçosa, MG, 10(3):514-30, 1981.
- YU, Y. Effect of treating full-fat whole soybeans with dry heat or formaldehyde on digestibilities of nitrogen and polyenoic acids. *J. Dairy Sci.*, Champaign, IL, 61(1):128-31, 1978.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. M. & SILVEIRA JÚNIOR, P. Sistema de análise estatística para microcomputadores. Pelotas, RS, 1986. 92p.