

分離大豆たん白質への メチオニン補足量に関する研究

●徳島大学 医学部…………井上五郎・岸 恭一・八木 郁子

大豆たん白質は比較的動物性たん白質に近いアミノ酸組成をもち、その栄養価は他の植物性たん白質に比し高い。しかし含硫アミノ酸が第一制限アミノ酸となっており、そのアミノ酸スコアは約70である。

近年分離大豆たん白質は種々の食品工業の分野で広く用いられるようになったが、その製造過程である種のたん白質が除かれ、また化学的処理や加熱等により栄養価が変化する可能性がある。しかしアミノ酸組成についてみれば、もとの大豆の組成と基本的には同じであり、含硫アミノ酸が第一制限アミノ酸であることに変わりはない。

そこで分離大豆たん白質へのメチオニン添加による栄養価の改善効果を観察すると同時に、体組成、血中および肝の総脂質、糞中および尿中のエネルギー損失などについても調べた。またメチオニンをシスチンに置き換えた場合の添加効果についても検討した。

実験方法

初体重約100gのウィスター系雄シロネズミ（1群6～7匹）を用いた。たん白質源として分離大豆たん白質（フジプロR）を用い、実測N値を6.25倍した値をたん白質量とし、その10%たん白質を基礎飼料として与えた。

フジプロRの粗たん白質含量は、83.5%（無水分換算90.80, $N \times 6.25$ ）であった。含硫アミノ酸添加群は、10%たん白質食100g中にL-メチオニンあるいはL-シスチンをそれぞれ0.05（メチオニンのみ）、0.1、0.2および0.3g含むように添加した。

なお、0.2および0.3%シスチン添加により、摂食量、体重が有意に低下したので、その原因が含硫アミノ酸のみによるのか否かを検討するためアミノ酸混合食を用いた追加実験を行った。すなわち、含硫アミノ酸欠10%全

卵パターンアミノ酸混合食に、L-メチオニンおよびL-シスチンをそれぞれ分離大豆たん白質中のそれらと同じになるように（0.13%メチオニン+0.15%シスチン）加えたものを対照とし、さらにそれとシスチンを0.2%（食事中に合計0.35%）加えたものを実験食とした。大豆たん白質群の対照として10%ラクトアルブミン食群を設け、また、たん白正味利用効率算定のために無たん白食群をつくった。

食事と水は自由に与えて3週間飼育し、摂食量と体重は毎日測定した。実験期末3日間ラットを代謝ケージに入れて窒素排泄を観察し、また、糞中および尿中エネルギー損失量をボンブカロリーメーターで測定した。3週間後に動物を殺して体組成を分析した。90℃、48時間乾燥における重量減少分を水分量とした。脂質の測定には、乾燥

Table 1. Food intake and body weight gain

	Food intake	BW gain
	g/day	g/day
Protein-free (7) ¹	5.8±0.8 ²	-1.4±0.2
10% soy protein (7)	15.6±1.5	4.1±0.6
+ 0.05% Met (7)	15.8±2.0	4.8±0.9
+ 0.1% Met (7)	17.3±1.2	6.1±0.5
+ 0.2% Met (7)	18.1±1.3	6.7±0.6
+ 0.3% Met (6)	18.6±1.3	7.0±0.6
+ 0.1% Cys (6)	13.8±1.5	3.5±0.8
+ 0.2% Cys (7)	10.7±2.4	2.8±1.0
+ 0.3% Cys (7)	11.2±1.3	2.7±0.7
10% S-free AA mix.		
+0.13% Met+0.15% Cys (6)	11.2±0.9	2.2±0.4
+0.13% Met+0.35% Cys (7)	8.2±1.4	1.4±0.7
10% lactalbumin (6)	16.6±1.2	6.5±0.6

1. Numbers of animals are shown in parentheses.
2. Mean±SD.

屠体の一部を Goldfish の装置を用いて熱エチルエーテルで4時間抽出し、抽出物の乾燥重量をもって脂質量とした。N の分析は Kjeldahl 法によった。血漿と肝の総脂質量はリン酸パニン試薬を用いて測定した。

結 果 と 考 察

含硫アミノ酸非添加大豆たん白群の摂食量は15.6g/日であり、ラクトアルブミン群の16.6g/日と有意の差はなかった (Table 1)。

0.05%メチオニン添加では摂食量は変化しなかったが、0.1~0.3%添加により摂食量は約18g/日となり有意な増加を示した。これに対し、0.2~0.3%シスチン添加では逆に摂食量は有意に低下した。体重増加量は、大豆たん白質群で4.1g/日とラクトアルブミン群の6.5g/日に比べ有意に劣っていたが、0.1~0.3%メチオニン添加によりラクトアルブミンと同様の良好な成長がみられた。シスチン添加では逆に体重増加は抑えられ、0.2および0.3%添加では、非添加群に比し有意に低い体重増加を示した。

今回の結果では大豆たん白質へのシスチン添加により逆効果がみられたが、Hayward ら¹⁾は18%生大豆たん白質食に0.3% L-シスチンを添加することにより体重増加が2倍になったと報告している。しかし12%, 10%および8%カゼイン食にそれぞれ1.45%²⁾, 1.2%³⁾, 1.5%⁴⁾ L-シスチンを添加しても成長速度に著明な影響がみられなかったという報告もあり、われわれのシスチン添加レベルが過剰であったとは考えにくい。

シスチン添加の悪影響が分離大豆たん白質中の含硫アミノ酸組成によるのか否かを確かめるために含硫アミノ酸のみ大豆たん白質と同量にした全卵パターンのアミノ酸混合食を用いて成長試験を行った。

アミノ酸混合食群の摂食量および体重増加量は大豆たん白質群より低値を示したが、これに0.2% L-シスチンを添加すると摂食量および体重はさらに低下した。

それゆえ、シスチン添加による摂食量の抑制は含硫アミノ酸の量のみの影響であって、大豆たん白質中のアミノ酸以外の成分やその他のアミノ酸組成とは関係がないと思われた。大豆たん白質にシスチンを0.2%添加すると総含硫アミノ酸中に占めるシスチンは約73%となるが、Rose⁵⁾や Said と Hegsted⁶⁾らは総含硫アミノ酸必要量の75~89%をシスチンでまかなえるという結果を得ている。

そこで本実験においてシスチン添加により改善効果どころか悪影響がもたらされた理由は明らかではない。メチオニンをシスチンで置換できる割合は、食事の中のメチオニンレベルによって異なり、メチオニン量が低すぎる場合にはシスチンで置換できないのかも知れない。この点についてはさらに検討する必要がある。

窒素出納値は体重の成績とほぼ同様であり、0.05~0.3%メチオニン添加により窒素出納値はラクトアルブミンと同様あるいはそれ以上の改善がみられた (Table 2)。

また0.3%シスチン添加により逆に窒素出納値は有意に低下した。分離大豆たん白質の消化吸収率は92%であり、メチオニンあるいはシスチン添加群で91~93%、ラクトアルブミン群90%と各群差がみられなかった。

たん白質利用効率についてみると、大豆たん白質のたん白効率 (PER)、正味たん白効率 (NPR) およびたん白正味利用効率 (NPU) はそれぞれ 2.63, 3.56 および50であり、ラクトアルブミンのそれら (3.94, 4.80 および76) と比べると約70%の値である (Table 3)。メチオニンの添加量に応じて利用率の改善がみられたが、0.3%

Table 2. Nitrogen balance and digestibility

	No. of rats	Intake N	Urinary N	Fecal N	N balance	Digestibility
		mg/day	mg/day	mg/day	mg/day	%
Protein-free	(7)	0	19±12	5±1	-24±11	—
10% soy protein	(7)	350±32	152±28	34±5	164±37	92±1
+0.05% Met	(7)	355±57	108±41	37±6	211±39	91±1
+0.1 % Met	(7)	383±34	109±13	39±5	234±28	91±1
+0.2 % Met	(7)	383±38	95±10	38±8	250±33	92±1
+0.3 % Met	(6)	360±52	88±15	35±9	237±33	92±2
+0.1 % Cys	(6)	258±54	96±8	29±4	134±52	91±2
+0.3 % Cys	(7)	207±52	80±20	20±4	107±35	93±2
10% lactalbumin	(6)	307±59	73±18	36±8	198±39	90±1

Table 3. Protein utilization

	No.	PER	NPR	NPU
10% soy protein	(7)	2.63±0.21	3.56±0.21	50±3
+0.05% Met	(7)	3.01±0.24	3.93±0.18	56±6
+0.1 % Met	(7)	3.53±0.13	4.37±0.15	64±5
+0.2 % Met	(7)	3.70±0.17	4.50±0.16	67±2
+0.3 % Met	(6)	3.74±0.17	4.52±0.16	69±5
+0.1 % Cys	(6)	2.53±0.36	3.58±0.29	55±3
+0.3 % Cys	(7)	2.36±0.39	3.65±0.35	56±5
10% lactalbumin	(6)	3.94±0.16	4.80±0.16	76±5

添加においてもラクトアルブミンの利用率よりはわずかに劣っていた。シスチン添加は利用率に明らかな影響をおよぼさなかった。

糞中へのエネルギー損失量は、いずれの群も摂取エネルギーの5～6%であり、たん白質源による差はなかった。また、糞および尿中に排泄されることなく体内で利用されたエネルギー量は各群とも摂取エネルギーの92～93%であった。

体組成は各食事群で大差はないが、体脂肪%はメチオニン非添加および添加大豆たん白質食群でラクトアルブミン食群よりも高く、体水分%はその分だけ低値を示した。シスチン添加群の体脂肪%は非添加群よりも低かった。体たん白%は各群とも約18%で差はみられなかった。

ヘマトクリットおよびヘモグロビンは、大豆たん白質群とラクトアルブミン群で差はなく、含硫アミノ酸添加によっても変化しなかった。血漿総脂質濃度はメチオニン非添加群でラクトアルブミン食群よりも高く、メチオニン添加により低下し、ラクトアルブミン食群との差がなくなった。

シスチン添加群の血漿総脂質濃度はラクトアルブミン食群よりも低値であった。肝総脂質濃度も同様にシスチン添加群で低下したが、メチオニン添加の影響は明らかではなかった。

以上のように、メチオニン添加により成長およびたん白質利用効率は改善されたが、シスチン添加では利用率に明らかな効果はなく、摂食量および体重には悪影響がみられた。

大豆たん白質の PER および NPU はそれぞれ 2.63 および 50であり、ラクトアルブミンのそれらの約70%であった。0.05%のメチオニン添加では成長に対して効果はないが、0.1%添加でラクトアルブミンのレベルに達し0.3%まで増してもそれ以上の改善も悪影響もみられなかった。

Bressani ら⁷⁾ は10%分離大豆たん白質食に0.3%の

DL-メチオニンを単独に添加しても効果はないが、同時に0.25%リジン塩酸塩を加えることにより成長の促進をみた。

また坂本と福沢⁸⁾ は8%大豆たん白食に0.142%のメチオニンを加えることにより NPR は著明に上昇したが、さらにリジンを加えても効果がなかったと報告している。

Scrimshaw と Young⁹⁾ は人で大豆たん白質の栄養価をスロープ法で調べ、全卵たん白質の80～87であると報告している。以前に我々も人で大豆たん白質の栄養価は魚たん白質に対して約75%であるという結果を得ている。

Scrimshaw と Young は、また、0.51g/kg/日のたん白レベルでメチオニンを大豆たん白質に対して0.6, 1.1 および1.6%添加する実験を行い、1.1%添加で全卵と等しい窒素出納値が得られたが、1.6%添加では非添加時よりも窒素出納値は逆に低下したという。さらにたん白レベル0.8g/kg では1.1%および1.6%メチオニン添加はいずれも効果がなかったと報告している。

結論として、分離大豆たん白質の栄養価は摂取たん白質レベルが低い場合にはラクトアルブミンの約70%であるが、大豆たん白質に対して約1%のL-メチオニン添加でラクトアルブミンに近い栄養価をもつようになる。しかし、大豆たん白質の含硫アミノ酸不足をシスチンで補足してもその効果はなかった。

文 献

- 1) Hayward, J.W., Steenbock, H. and Bohstedt, G. (1936): The effect of cystine and casein supplements upon the nutritive value of the protein of raw and heated soy beans. *J. Nutr.*, 12, 275-283.
- 2) Curtis, A.C., Newburgh, L.H. and Thomas, F.H. (1927): The toxic action of cystine

- on the kidney. *Arch. Internal Med.*, **39**, 817-827.
- 3) Cohen, H.P., Choitz, H.C. and Berg, C.P. (1958): Response of rats to diets high in methionine and related compounds. *J. Nutr.*, **64**, 555-569.
 - 4) Sarma, P.S., Snell, E.E. and Elvehjem, C. A. (1947): The bioassay of vitamin B₆ in natural materials. *J. Nutr.*, **33**, 121-128.
 - 5) Rose, W.C. (1957): The amino acid requirements of adult man. *Nutr. Abstr. Rev.*, **27**, 631.
 - 6) Said, A.K. and Hegsted, D.M. (1970): Response of adult rats to low dietary levels of essential amino acids. *J. Nutr.*, **100**, 1363-1375.
 - 7) Bressani, R., Viteri, F., Elias, L.G., Zaghi, S., Alvarado, J. and Odell, A.D. (1967): Protein quality of a soybean protein textured food in experimental animals and children. *J. Nutr.*, **93**, 349-360.
 - 8) 坂本清, 福沢初代(1973): 人工肉の栄養価におよぼすアミノ酸補足の影響(第1報). リジン, メチオニン添加の影響について. *栄養と食糧*, **26**, 177-183.
 - 9) Scrimshaw, N.S. and Young, V.R. (1979): Soy protein in adult human nutrition: a review with new data. in *Soy Protein and Human Nutrition* ed. by Wilcke, H.L., Hopkins, D.T. and Waggle, D.H., Academic Press, New York, pp. 121-148.

QUALITY OF SOY PROTEIN ISOLATE AND THE EFFECT OF SULFUR AMINO ACID SUPPLEMENTATION ON THE PROTEIN UTILIZATION IN GROWING RATS

Goro INOUE, Kyoichi KISHI and Ikuko YAGI

Department of Nutrition, School of Medicine, The University of Tokushima

ABSTRACT

Soybean protein isolate has been known to be limiting in sulfur amino acids. Thus, the effect of supplementing isolated soy protein with L-methionine or L-cystine on body weight gain and protein utilization was investigated in growing rats.

Male rats of Wistar strain weighing about 100g were freely given 10% isolated soy protein diet(Fujipro R) with or without 0.05(methionine only), 0.1, 0.2 and 0.3% L-methionine or L-cystine supplementation for three weeks. Control rats were received 10% lactalbumin diet.

PER, NPR and NPU (from carcass N) of soy protein and lactalbumin were 2.63, 3.56, 50 and 3.94, 4.80, 76, respectively. Supplementation of 0.05% methionine to the soy protein had no effect on food intake and weight gain. The addition of 0.1-0.3% methionine resulted in an increase in body weight gain similar to that obtained in lactalbumin. However, cystine supplementation to soy protein had adverse effects on food intake and body weight gain. The quality of soy protein was significantly improved by methionine supplementation in a dose-response manner approaching that of lactalbumin but even at the highest level of methionine addition it was still lower than that of lactalbumin.

It was concluded that nutritive value of soy protein isolate was about 70% relative to that of lactalbumin and that the addition of 0.1% methionine was effective to bring body weight gain to that of lactalbumin.