

分離大豆たん白質の制限アミノ酸と その補足効果（その3）

LIMITING AMINO ACIDS OF SOY PROTEIN ISOLATE
AND THEIR SUPPLEMENTARY EFFECTS (Part 3)

山口迪夫・岩谷昌子・宮崎基嘉（国立栄養研究所）

Michio YAMAGUCHI, Masako IWAYA and Motoyoshi MIYAZAKI

National Institute of Nutrition

ABSTRACT

The first experiment was undertaken to examine whether or not the supplementary effect of methionine and threonine to soy protein isolate (SPI), which was previously observed in growing rats, is also observed in adult rats. Results were as follows. Although biological value for SPI itself was as low as 41, it was improved up to 60 for that supplemented with methionine, 81 for that additionally supplemented with threonine, and 87 for that similarly supplemented with all the other essential amino acids, thus nearly close to the value, i.e. 88, for whole egg protein. There were no statistically significant differences among the last three values. The methionine and threonine supplement to SPI elevated serum albumin and A/G ratio and lowered urea nitrogen at a significant level as compared to the SPI group. Although this supplement did not change the total cholesterol level remarkably, it elevated the HDL cholesterol level, suggesting an improvement of cholesterol metabolism. Further supplement of all the other essential amino acids, however, did not give any appreciable changes to the above serum components. From these results, the first limiting amino acid of SPI for adult rats was proved to be the sulfur-containing amino acid and the second one threonine.

The second experiment was conducted to examine the supplementary effects of lactalbumin, fish protein concentrate, egg white and whole egg protein on the improvement of nutritive value of SPI for more practical purpose, where a ^{15}N tracer method was applied at the same time. Biological value of SPI was improved most by the supplement of whole egg protein. This was attributed to the high contents of methionine and threonine.

前々報¹⁾において、分離大豆たん白質 (SPI) は成長期ラットに対して第1制限アミノ酸が含硫アミノ酸、第2制限アミノ酸が Thr であることを明らかにした。さらに、前報²⁾における予備の実験では成熟ラットに対しても両アミノ酸を同時に添加すると体重変化、窒素出納、血清ロイシンアミノペプチダーゼ、コレステロールで改善効果があることを認めた。そこで今回は、

成熟ラットにおいてさらに詳しいアミノ酸添加試験を行うとともに、より実用的な観点から他のたん白質との混合試験を行った。

実験方法

〔実験1〕

実験動物は Wistar 系成熟ラット (11 ヶ月齢, 平均体

Table 1. Composition of experimental diets
(g/100g diet, on dry basis)

Group	Soy protein isolate (S)*	Whole egg protein
Protein source**	5.58	5.06
α -Corn starch	77.22	77.74
Soybean oil	8.00	
Cellulose powder	4.00	
Salt mix.***	5.00	
Vitamin mix.***	0.20	
Total	100.00	

* : The amino acid added groups of soy protein isolate with the symbols in parentheses are as follows: +Met(SM), +Met and Thr(ST), and + all essential amino acids(SE).

** : Protein level, 5% (N, 0.8%)

*** : Identical with A.E. Harper's composition (1959).

重 570 g)を用い, 各試験区 5 匹とし, Table 1 に示す実験飼料を自由に摂取させた。飼料中のたん白質レベルは成熟ラットのたん白質栄養価測定の標準的条件である 5% (Nとして 0.8%) とした。SPI へのアミノ酸添加区は, Met 単独添加, Met と Thr の同時添加, および全必須アミノ酸混合物添加の 3 区とした。Met と Thr は添加後に NCR(1972)必要量パターン³⁾の 20% 増となるようにし, その他の必須アミノ酸は必要量パターンの 20% を添加した。なお, 対照として全卵たん白質 (以下全卵) 区を設けた。

飼育期間は 14 日間とし, 最初の 4 日間にたん白質の栄養価を測定し, 最終日に血液成分 12 項目について分析した。分析方法は前報²⁾と同様に行った。

〔実験 2〕

同じく Wistar 系雄成熟ラット (9 ヶ月齢, 平均体重 550 g) を用い, 各試験区を 5 匹とし, 実験 1 の飼料中の SPI に次のように各たん白質を混合した。すなわち, SPI にラクトアルブミン, 魚肉たん白質濃縮物 (通称マリンビーフと呼ばれるもの), 卵白, 全卵をそれぞれたん白質として SPI 3 に対して 1 の割合で混合した。実験期間は 7 日間として, 最初の 4 日間に常法によりたん白質の栄養価を測定し, 次の 3 日間に ¹⁵N-スピリリナを投与し, ¹⁵N-トレーサー法によりたん白質の栄養価を測定した。用いた ¹⁵N-スピリリナの ¹⁵N 濃度は 2.63% excess, 投与量は各区たん白質の 20 分の 1 量 (たん白質として飼料中 0.25%) を SPI と置換して混合した。

結果および考察

〔実験 1〕

各区の体重変化量およびたん白質の栄養価の結果を Table 2 に示した。1 日当たりの体重変化量は各区においてほとんど差異はみられなかった。真の消化率は SPI の各区でいずれも 98% 前後で, 全卵の 94 を上回る良好な結果を得た。生物価は SPI 区は 47 と低いが, Met の添加で 60, Thr の附加的添加で 81, 同じく全必須アミノ酸混合物添加で 87 となり, アミノ酸を順次添加することにより全卵区の 88 に匹敵する値を得た。たん白質正味利用率 (net protein utilization, NPU) は生物価とほとんど同じ傾向を示した。

血液成分および肝臓重量を Table 3 に示した。ヘマトクリット, 血清総たん白質, アルブミン, A/G 比の各値は Met の添加によりかなり上昇し, ほぼ全卵区のレベルにまで達した。尿素-N は Met と Thr の添加で下限と考えられるまで減少を示し, 全卵区のレベルより低下した点が注目される。クレアチニン, ロイシン

Table 2. Body weight change of rats and nutritive value of dietary proteins

	Soy protein isolate (S)*				Whole egg protein
	S	SM	ST	SE	
Body weight change (g/day)	-1.2±0.5**	0.2±0.4	-1.4±0.5	0.6±0.3	-1.3±0.9
True digestibility (%)	100±1	96±1 ^{b)}	99±1	98±1	94±1 ^{a)}
Biological value	47±3	60±12	81±2	87±5	88±11
Net protein utilization	47±3	57±12	80±2 ^{b)}	85±5	83±11

* : Group symbols : see Table 1, ** : Mean±SEM

a) and b) indicate significant differences (t test) at $p < 0.05$ and $p < 0.1$, respectively, between the groups : SM from S, ST from SM, SE from ST and whole egg protein from ST. Significant differences between the other groups were not determined.

Table 3. Blood components and liver weight of rats

Group		Soy protein isolate (S)				Whole egg protein	Non protein
		S	SM*	ST*	SE*		
Ht	(%)	42±3**	46±4	46±2	42±2	46±1	43±2
TP	(g/dl***)	6.1±0.2	6.3±0.1	6.4±0.1	6.6±0.1	6.5±0.1	5.5±0.2
ALB	(g/dl)	3.0±0.1	3.4±0.1 ^{a)}	3.5±0.1	3.4±0.0	3.4±0.1	2.9±0.1
A/G		1.00±0.07	1.18±0.07	1.22±0.06	1.06±0.03 ^{a)}	1.10±0.06	1.13±0.05
CRE	(mg/dl)	0.7±0.0	0.7±0.0	0.6±0.0	0.7±0.0	0.6±0.0	0.6±0.0
UN	(mg/dl)	8.1±0.4	6.3±0.3 ^{a)}	5.1±0.6 ^{b)}	5.5±0.2	5.9±0.4	5.9±0.5
LAP	(U/l)	114±7	122±20	135±13	116±14	113±9	134±11
TG	(mg/dl)	107±21	131±26	90±16	141±25	93±9	75±7
PL	(mg/dl)	153±7	151±6	165±5	168±15	137±14	120±14
β -LP	(mg/dl)	20±2	50±15	21±4	31±6	25±4	18±6
T-Cho	(mg/dl)	89±10	75±3	97±4 ^{a)}	85±9	70±9 ^{a)}	63±13
HDL-Cho	(mg/dl)	36±3	35±4	46±1 ^{a)}	40±5	37±6	21±3
HDL-Cho/T-Cho(%)		42±6	47±5	47±2	47±2	52±5	35±3
LW	(g/100g B.W.)	2.8±0.2	2.7±0.1	2.7±0.1	2.7±0.1	2.6±0.1	2.5±0.2

Symbols of the measured items : Ht, Hematocrit; TP, Total protein; ALB, Albumin; A/G, Albumin/Globulin; CRE, Creatinine; UN, Urea nitrogen; ALP, Leucine aminopeptidase; TG, Triglyceride; β -LP, β -Lipoprotein; T-Cho, Total cholesterol; HDL-Cho, High density lipoprotein cholesterol and LW, Liver weight.

* : See Table 1., ** : Mean±SEM, *** : Serum, a), b) : See Table 2.

アミノペプチダーゼは各区で著しい差異はみられなかった。

脂質代謝関連成分ではトリグリセライドは Met 区および全必須アミノ酸区において高い値を示した。リン脂質は SPI の各区で高い値を示したが、区間において差異はみられなかった。 β -リポたん白質は Met の添加で著しく上昇し、Thr の添加および全必須アミノ酸の添加で再び低下するという変化がみられた。総コレス

テロールおよび HDL コレステロール／総コレステロールの割合でみると、各アミノ酸の添加区はいずれも等しい値で、SPI 区よりも高い値を示した。なお、肝臓重量 (g / 100 g 体重) に差異はみられなかった。

〔実験 2〕

体重変化量およびたん白質の栄養価を Table 4 に示した。体重変化は各区間において大きな差異はみられ

Table 4. Body weight change and nutritive value of proteins by the conventional method

Group	Body weight change (g/day)	True digestibility (%)	Biological value	Net protein utilization
S	-1.1±0.8*	97±1	64±4	62±4
SL	0.3±1.0	99±0	69±4	67±9
SF	-0.3±0.5	97±1	71±3	69±3
SW	-0.1±0.5	97±1	70±6	67±6
SE	1.2±0.9	99±1	81±5	80±5
E	0.5±0.7	97±1	85±4	82±4

* Mean±SEM

Group symbols : S, Soy protein isolate (SPI) ; SL, SPI+Lactalbumin; SF, SPI+Fish protein concentrate; SW, SPI+Egg white; SE, SPI+Whole egg protein and E, Whole egg protein.

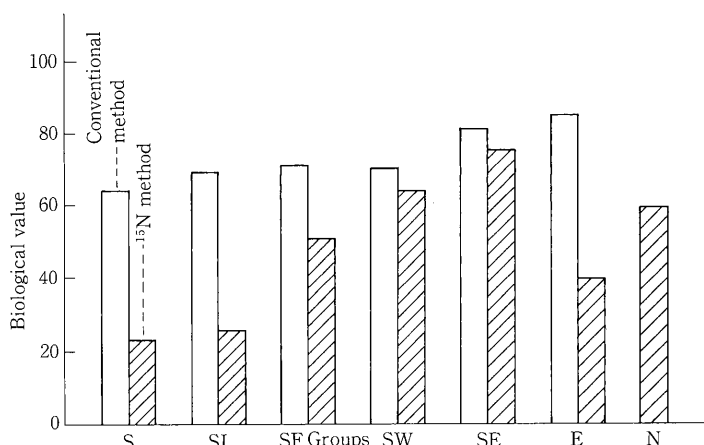


Fig.1 Biological value of proteins
Group symbols : N, Non-protein. Others, see Table 4.

なかった。真の消化率はいずれの区においても 97 % 以上で良好な値であった。生物価は SPI 区 64, ラクトアルブミン混合区 69, 魚肉たん白質濃縮物混合区 71, 卵白混合区 70, 全卵混合区 81 で, 全卵を混合した場合が対照の全卵区 (85) に最も近似した値が得られた。NPU も生物価と同様な結果が示された。

一方, ¹⁵N トレーサー法によって測定した生物価を常法による値 (Table 4 に同じ) と対比して Fig. 1 に示した。SPI 区 23, ラクトアルブミン混合区 26, 魚肉たん白質濃縮物混合区 51, 卵白混合区 64, 全卵混合区 75, 全卵区 40, 無たん白質区は 59 であった。図から明らかなように, 常法による値と近似するものもあるが, 多くはかなり相違した。しかし, 常法で最高値が得られた全卵混合区は ¹⁵N トレーサー法でも最高値を示した。全卵区の ¹⁵N による値は常法による値の約半分であることは, 全卵に多く含まれる含硫アミノ酸によってたん白質の異化が抑制されたものと思われる。

本実験は, 成長期ラットにおける SPI に対する Met と Thr の補足効果が成熟ラットにおいても認められるかを明らかにする目的で行った。成熟ラットの NRC (1972) アミノ酸必要量パターンをもとに SPI のアミノ酸組成から制限アミノ酸を推定すると, 含硫アミノ酸が必要量の 36 % で第 1 制限アミノ酸, Ile が同じく 44 % で第 2 制限アミノ酸, Thr と Val がそれぞれ 65 % で第 3 制限アミノ酸になる。しかし, 従来成熟ラットの

アミノ酸必要量に関する報告は非常に少なく, 上記 NRC パターンは全面的に Benditt らの実験データを採用している。したがって, このパターンの細部についてはなお検討の余地があるものと思われる。今回の実験結果から明らかなように, 生物価, 血清 A/G 比, 尿素-N などの値から含硫アミノ酸が第 1 制限アミノ酸, Thr が第 2 制限アミノ酸であることが示され, その他の必須アミノ酸の添加効果はとくに認められなかった。また, Met と Thr の同時添加により, HDL コレステロールが有意に上昇したことは注目される。

以上の結果より, SPI に対する必須アミノ酸添加効果において, 成熟ラットは成長期ラットとほぼ同様な結果を示した。

文 献

- 1) 山口迪夫, 岩谷昌子, 宮崎基嘉 (1980): 分離大豆たん白質の制限アミノ酸とその補足効果 (その 1). 大豆たん白質栄養研究会会誌, **1**, 10-15.
- 2) 山口迪夫, 岩谷昌子, 宮崎基嘉 (1981): 分離大豆たん白質の制限アミノ酸とその補足効果 (その 2). 大豆たん白質栄養研究会会誌, **2**, 77-81.
- 3) National Academy of Sciences—National Research Council (1972): Nutrient Requirements of Domestic Animals, No. 10, "Nutrient Requirements of Laboratory Animals", p. 64.