

成人における分離大豆たん白質への アミノ酸補足効果に関する研究

SUPPLEMENTARY EFFECT OF LIMITING AMINO ACID ON
THE UTILIZATION OF SOY PROTEIN ISOLATE IN HUMAN ADULTS

金子佳代子・小池五郎（女子栄養大学栄養学部）

Kayoko KANEKO and Goro KOIKE

Kagawa Nutrition College, Sakado 350-02

ABSTRACT

Supplementary effect of L-methionine on the utilization of SPI was evaluated in young women by the nitrogen balance method. Seven female students were given SPI in the first experimental period and SPI supplemented with 1% methionine in the second period immediately after a menstruation as the sole source of protein. After one day on protein-free diet, each subject received a low protein, conventional diet for five days, then the following five days a low protein, semisynthetic diet containing 0.5 g/kg/day of SPI or SPI supplemented with methionine in each experimental period, respectively. Energy intake was approximately maintenance level of 37.3 ± 2.8 kcal/kg/day. Nitrogen balance was calculated from the intake, fecal N excretion and the mean of urinary N excretion of the last four experimental days when urinary N excretion achieved a constant level. Mean values of N balance in SPI period and methionine supplemented period were both negative, and there was no significant difference between two values. Blood analyses were carried out before and after SPI period and after methionine supplemented period. Urinary urea and ammonia excretions were measured throughout the experimental days. Blood and urine analyses were not affected by the methionine supplementation.

成人女子を被験者として、SPI¹⁾ならびに SPI・米混合たん白質²⁾の栄養効率と必要量を slope ratio 法により測定し、SPI の栄養価は卵たん白質の90%程度であること、SPI：米混合たん白質（6：4）の栄養価は卵たん白質に匹敵することを明らかにしてきた。これらの結果から、成人の場合にも SPI の栄養価が卵たん白質に比較してやや劣るのは、含硫アミノ酸が制限アミノ酸となっており、比較的メチオニン含量の高い米たん白質によってそれが補足され、栄養価が高まったと推測された。

そこで成人における SPI の栄養価についてさらに詳しく知るため、SPI に対するメチオニンの補足効果を窒

素出納法により検討した。

実験方法

7名の健康な女子大学生を被験者とした。被験者の年齢、身長、体重、基礎代謝量、LBM、体脂肪%を Table 1 に示した。

Fig.1に示した実験結果のごとく、おのおのの被験者について SPI 食およびメチオニン補足食の実験を行った。両実験期ともに、1日無たん白食の後、低たん白調整食（米、卵、豆腐、野菜を含む）を5日間、さらに低たん白実験食を5日間続けた。調整食、実験食のたん白質摂取量はいずれも0.5g/kg とし、メチオニン

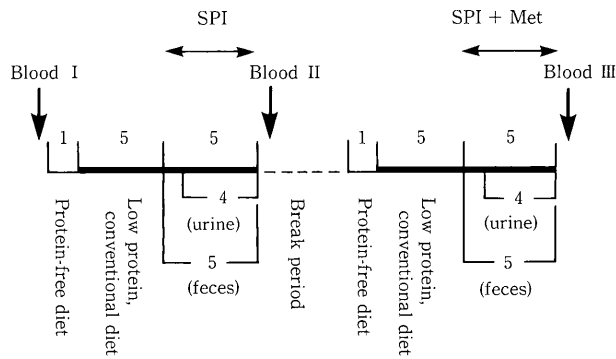


Fig. 1 Experimental design

Table 1. Characteristics of the women studied

Subj. code	Age	Height	Weight ^a	BM ^b	LBM ^c	Fat ^d	Energy intake
	yr	cm	kg	kcal/kg	kg	%	kcal/kg
1	18	161	60.1	15.8	—	—	31.8
2	18	162	49.0	21.9	37.6	21.9	37.9
3	20	154	49.1	21.6	36.4	24.5	37.9
4	20	152	48.8	16.2	35.1	28.5	36.0
5	20	153	48.3	18.3	35.7	25.3	39.4
6	20	160	49.0	24.4	—	—	39.4
7	22	151	50.1	18.7	35.6	21.8	40.5
Mean	20	156	50.1	19.6	36.1 ^e	24.4 ^e	37.3
SD	1.4	4.7	0.5	3.2	1.0	2.8	2.8

- Mean weight in 22 days of two experimental periods.
- Measured during the experimental period.
- Difference between body weight and body fat weight.
- Calculated from the body density measured during the experimental period using the equation suggested by Brožek (1963).
- Mean and SD of five subjects.

補足食におけるメチオニンの添加量はたん白質量の1%とした。無たん白食および実験食の例をTable 2に示した。11日間のSPI実験期終了後、被験者はいったん日常の生活、食事にもどり、その後再びメチオニン補足実験期を設定したが、この際生理周期がSPI実験期と同じ時期にあたるよう配慮した。これは成人女子の場合、生理周期によりたん白質代謝に変動がみられるとの報告³⁾があり、これによる実験誤差をなくすためである。

エネルギー摂取量は各被験者について体重維持レベルの摂取量とした。7名の平均エネルギー摂取量は 37.3 ± 2.8 kcal/kg/日であった。SPI期およびメチオニン補足期のエネルギー摂取量は同一とした。

実験期間中、被験者は女子栄養大学内のメタボリックユニットに宿泊し、日常の生活活動を行った。実験

期間中は毎日早朝排尿後に体重を測定し、24時間尿を採集した。SPI食およびメチオニン補足食開始日と終了翌日の朝食時にマーカーとしてカルミン0.5gを服用し、マーカーからマーカーまでの糞をすべて採集した。糞は熱風乾燥後、粉碎して窒素量を測定した。糞、尿の窒素量をケルダール法、尿中クレアチンをFolinの方法⁴⁾、尿中尿素およびアンモニアをウレアーゼ・インドフェノール法⁵⁾で測定した。SPI実験期の前後およびメチオニン補足実験期終了後の3回にわたり、早朝空腹時に採血して、ヘモグロビン、ヘマトクリット、血漿たん白質(ビウレット法)⁶⁾、血漿アルブミン(BCG法)⁷⁾、GOTおよびGPT(Reitman-Frankel法)⁸⁾を測定した。

基礎代謝量の測定は、実験期間中の早朝にダグラスバッグ法にて行った。また水中体重を測定してBrožek

Table 2. Composition of the experimental diets^a

Ingredient	Intake (g/day)		
	Protein-free diet	SPI diet	SPI+Met diet
SPI	—	13	13
SPI kamaboko ^b	—	87	87
L-methionine	—	—	0.243 ^c
Corn starch	207	160	160
Sucrose	123	109	109
Shortening	48	48	48
Agar	5	5	5
Vitamin mixture ^d	2 tablets	2 tablets	2 tablets
Mineral mixture ^e	12	12	12

- a. An example for a 48 kg subject receiving 0.5 g/kg of protein with 33 kcal/kg of energy. Besides this diet, the subjects consumed black tea, green tea and lemon juice.
- b. Nitrogen content is 20.8 mg/g of SPI kamaboko.
- c. 1.0% as a percentage of total protein.
- d. For details, see Reference (1).
- e. 12 g of mineral mixture contained (in g): CaHPO₄·2H₂O, 2; CaCO₃, 0.9; KH₂PO₄, 2; KHCO₃, 3.5; MgO, 0.6; MnSO₄·4H₂O, 0.003; CuSO₄·5H₂O, 0.008; KI, 0.0002; ZnCl₂, 0.005; Na₂MoO₄·2H₂O, 0.0002; Cr₂(SO₄)₃·15H₂O, 0.001; AlK(SO₄)₂·12H₂O, 0.03; Na₂SeO₃, 0.000008; CoCl₂·6H₂O, 0.00002; FeSO₄·7H₂O, 0.06; NaCl, 3.

Table 3. Nitrogen balance, urinary urea and ammonia N and creatinine excretion of individual subject

Subj. code	SPI							SPI+Met						
	Nitrogen intake	Urinary ^a N	Fecal N	Nitrogen balance	Urea N ^b	Ammonia ^b N	Creatinine ^c	Nitrogen intake	Urinary ^a N	Fecal N	Nitrogen balance	Urea N ^b	Ammonia ^b N	Creatinine ^c
		mg/kg/day			%	%	mg/day		mg/kg/day			%	%	mg/day
1	74.3	61.9	13.9	-1.5	79	4.2	964±269	74.7	63.3	12.7	-1.3	67	13.8	1002±122
2	74.0	52.7	9.9	11.4	71	4.6	906±119	74.4	62.8	11.4	0.3	73	4.8	947±88
3	75.0	71.0	14.3	-10.3	83	2.9	950±77	75.5	81.4	13.4	-19.3	76	2.9	926±46
4	75.0	54.8	14.1	6.1	62	9.1	846±66	75.4	61.4	12.1	2.0	76	3.8	874±46
5	75.4	80.1	19.2	-23.9	81	3.8	1004±49	75.8	80.8	13.7	-18.6	78	4.5	936±31
6	75.1	77.3	15.5	-17.7	80	3.7	940±57	75.6	71.6	15.8	-11.8	69	15.4	901±53
7	75.5	64.8	18.0	-7.2	77	3.6	1044±46	76.0	77.8	17.7	-19.5	74	7.2	988±38
Mean	74.9	66.1	15.0	-6.2	76	4.6	951	75.3	71.3	13.8	-9.8	73	7.5	939
SD	0.55	10.6	3.0	12.6	7.3	2.1	64	0.58	8.8	2.0	9.8	4.0	5.1	45

- a. Average for the last 4 days on the experimental diet.
- b. As a percentage of urinary total nitrogen.
- c. Mean±SD in 11 days of the experimental period.

の式⁹⁾にしたがい、体脂肪量を求めて、lean body mass を算出した。

結果と考察

実験期間中の体重はいずれの被験者においてもおおむね一定であった。

尿中総窒素排泄量は、実験開始後1週間で一定レベ

ルに安定した。そこで各実験期の最後4日間すなわちSPI食あるいはメチオニン補足食の2日目から最終日まで4日間の平均値を尿中総窒素排泄量とし、摂取窒素量と尿および糞中窒素排泄量から窒素出納を算出した。各被験者の窒素出納、尿中尿素およびアンモニア排泄量の総窒素排泄量に対する割合、クレアチニン排泄量をTable 3にまとめた。尿中総窒素排泄量、糞中窒素

Table 4. Effect of methionine supplementaion to SPI^a

	Nitrogen ^b balance	NPU ^c	Digestibility
	mg/kg/day		%
SPI	-6.2±12.6	51.4±15.2	93.5±4.0
SPI+Met	-9.8±9.8	45.4±13.0	95.1±2.9

a. Mean±SD of seven subjects.

b. Average for the last 4 days on the experimental period.

c,d. Calculated using values of 10.1 mg/kg for obligatory fecal N loss and 32.3 mg/kg for obligatory urinary N loss.

Table 5. Blood analysis^a

	Ht	Hb	Serum total protein	Serum albumin	GOT	GPT
	%	g/100 ml	g/100 ml	g/100 ml	Karmen	unit/100 ml
I	40.7±3.1	13.0±1.3	7.5±0.2	4.7±0.1	12±2.2	6±1.0
II	39.0±2.5	13.0±0.7	7.8±0.3	4.6±0.2	12±3.2	4±1.7
III	40.9±2.8	14.2±0.9 ^{b,c}	7.8±0.5	4.8±0.3	8±3.8 ^{b,c}	2±1.6 ^{b,c}

a. Mean±SD of seven subjects.

b. Significant difference from value prior to the experimental period (I), $p<0.05$.

c. Significant difference from value at the end of the period given SPI diet (II), $p<0.05$.

排泄量、窒素出納のいずれについても SPI 期とメチオニン補足期との間に有意差は認められなかった。また尿素窒素、アンモニア窒素、クレアチニン排泄量についても両期の間に有意差はみられなかった。

SPI および SPI にメチオニンを補足した場合の消化吸収率と NPU を、日本人成人女子における不可避尿および糞窒素排泄量の数値(10)を用いて算出した (Table 4)。NPU、消化吸収率のいずれにおいても、両期の間に有意差はみられなかった。

Table 5 に血液検査の結果をまとめた。メチオニン補足期終了時に、ヘモグロビンがやや増加し、GOT、GPT 値が低下していたが、異常な変化はまったく認められなかった。

以上の結果をまとめると、SPI (0.5g/kg) に L-メチオニンを 1% 添加した場合に、窒素出納に改善はみられず、また尿および血液生成にもなら異常な変動は認められなかった。

SPI に対するメチオニン補足効果については、これまで、本実験と同程度あるいはさらに低たん白摂取時に窒素出納が改善されたとの報告がある^{11,12)}。また SPI の 0.51g/kg 摂取時にメチオニンを 0.6% および 1.1% 添加した場合は窒素出納が改善されるが、1.6% にするとむしろ阻害されたとの報告もみられる¹³⁾。さらに、摂取窒

素レベルが高い場合 (128mg N/kg) にはメチオニンを添加しても、効果は認められなかったことが報告されている¹⁴⁾。これらの報告および本研究の結果から、成人においては、SPI はそのみで高い栄養価を示し、制限アミノ酸であるメチオニンを添加しても、必ずしも補足効果がみられないということが考えられる。今後さらに低たん白レベルでの補足効果などについて研究する必要がある。

文 献

- 金子佳代子, 小池五郎 (1982) : 成人女子における分離大豆たん白質の栄養効率と必要量について。大豆たん白質栄養研究会会誌, **3**, 60-64.
- 金子佳代子, 小池五郎 (1983) : 分離大豆たん白質を用いた米・大豆混合たん白質の成人女子における利用効率。大豆たん白質栄養研究会会誌, **4**, 99-104.
- Calloway, D. H. and Kurzer, M. S. (1982) : Menstrual cycle and protein requirements of women. *J. Nutr.*, **112**, 356-366.
- Koishi, H. (1962) : A critical examination on the Folin's method for determination of creatinine concentration in the urine. *Osaka City Med. J.*,

- 8, 1-15.
- 5) 齊藤正行, 北村元仕, 丹羽正治編(1968): 臨床化学分析II - 含窒素成分 - pp. 18-20, 東京化学同人.
 - 6) Gornall, A. G., Bordawill, C. J. and Maxima, M. D. (1949): Determination of serum proteins by means of the Biuret reaction, *J. Biol. Chem.*, **177**, 751.
 - 7) Doumas, B. T., Watson, W. A. and Biggs, H. G. (1971): Albumin standards and the measurement of serum albumin with bromocresol green. *Clin. Chim. Acta*, **31**, 87.
 - 8) Reitman, S. and Frankel, S. (1957): A colorimetric method for the determination of serum glutamic - oxalacetic and glutamic - pyruvic transaminase. *Am. J. Clin. Path.*, **28**, 56.
 - 9) Brožek, J., Grand, F., Anderson, J. T. and Kies, A. (1963): Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **110**, 113-140.
 - 10) Kaneko, K. and Koike, G. (1983): obligatory N loss and utilization of egg and rice mixed protein in young Japanese women. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **29**, 455-466.
 - 11) Kies, C. and Fox, H. M. (1971): Comparison of the protein nutritional value of TVP, methionine riched TVP and beef at two levels of intake for human adults. *J. Food Sci.*, **36**, 841-845.
 - 12) Zezulka, A. Y. and Colloway, D. H. (1976): Nitrogen retention in men fed varying levels of amino acids from soy protein with or without added L-methionine. *J. Nutr.*, **106**, 212-221.
 - 13) Young, V. R., Scrimshaw, N. S., Torun, B. and Viteri, F. (1979): Soybean protein in human nutrition: An overview. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 110-120.
 - 14) Young, V. R., Puig, M., Queiroz, E., Scrimshaw, N. S. and Rand, W. M. (1984): Evaluation of the protein quality of an isolated soy protein in young men: relative nitrogen requirements and effect of methionine supplementation. *Am. J. Clin. Nutr.*, **39**, 16-24.

本誌英語略号:

Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn,

引用時:

Daizu Tanpakushitsu Eiyō Kenkyūkai Kaishi
(Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn.)