

分離大豆たん白質に対する 含硫アミノ酸補足と脂質代謝の変動

EFFECT OF SULFUR AMINO ACID SUPPLEMENT TO THE
SOY PROTEIN ISOLATE ON LIPID METABOLISM IN RATS

吉田 昭・横越英彦（名古屋大学農学部）

Akira YOSHIDA and Hidehiko YOKOGOSHI

School of Agriculture, Nagoya University, Nagoya 464

ABSTRACT

Supplementation with sulfur-amino acid to a 8% casein diet produces fatty liver in rats. However, methionine supplement to a 8.8% soyprotein diet (containing the same amount of sulfur amino acids with the 8% casein diet) did not produce liver fat accumulation. Dietary level of protein is a delicate factor affecting the liver lipid. The effect of supplemental methionine on liver lipid accumulation was reexamined using female rats of Wistar strain. Test diets contained 8% casein or 8% soyprotein isolate (SPI) with or without supplemental methionine. Animals were fed the test diets for 2 weeks and liver lipids were determined. Supplement of methionine to either a casein or a SPI diet, significantly increased the body weight gain accompanying the elevation of liver lipid concentration. Thus in low dietary level, SPI diet also produced fatty liver in rats. In the other experiments, effects of methionine supplement to a 10% SPI diet in the presence of a xenobiotic (PCB) on lipid metabolism were studied. Methionine supplement to the SPI diet in the presence of 300 ppm of PCB, significantly increased the serum cholesterol although the effect was little when the diet was devoided of PCB. The effects of methionine supplement to the SPI on lipid metabolism may be exaggerated in the presence of xenobiotics in diets.

大豆たん白質は含硫アミノ酸含量が少ないため、Metの補足によってその栄養価を大きく改善できる。しかし、低カゼイン食に少量のMetを添加した飼料でラットを飼育すると肝臓に脂肪が異常に蓄積することが知られており、アミノ酸補足は十分な注意が必要である。このような理由から分離大豆たん白質にMetあるいはCysを添加した際の肝脂質の代謝変動をカゼインの場合と比較して昨年度報告した²⁾。その結果8%カゼイン食と同一の含硫アミノ酸含量の分離大豆たん白食（分離大豆たん白質含量：8.8%）では0.3%のMet添加で肝脂質はほとんど増加せず、Cysの添加でも全く増加しなかった。しかし、食餌たん白質含量

に若干の相異があり、そのことが原因なのか、大豆たん白質の特性によるのかを明らかにするため、たん白レベルを同一にして再検討を行った。たん白質以外の要因として、生体異物が脂質代謝に影響することが知られているので³⁾、生体異物存在下での含硫アミノ酸添加による脂質代謝の変動についても併せて検討した。

実験方法

1. 8%たん白レベルでの分離大豆たん白質、カゼインに対する含硫アミノ酸添加と脂質代謝

Wistar系雄ラット、初体重80～90gのものを実験動物とし、25%カゼイン標準食で数日間飼育後試験食に

Table 1. Effect of Met to 8% soy protein isolate or casein diet on tissue lipids

Group	Diet	Changes in BW for 2 weeks	Liver wt.	Serum TG	Liver lipids
		g	g/100 gBW	mg/100ml	mg/g
1.	8% soy prot. isolate Met 0.083% 0.178% Cys 0.095%	5.3±1.2 ¹	4.95±0.10	54.3± 4.0	71.7± 1.8
2.	Diet 1+0.32% Met 0.498%	25.2±1.3	5.25±0.18	120.7±10.9	117.2±10.3
3.	8% casein Met 0.178% 0.198% Cys 0.020%	14.2±1.0	4.67±0.10	98.6± 6.6	80.4± 2.4
4.	Diet 3+0.3%Met 0.498%	29.0±0.6	4.95±0.22	142.4±17.7	113.5± 3.9

Table 2. Effect of dietary level of sulfur-containing amino acid on liver lipids in rats with or without receiving PCB

	SAA level	Liver total lipids	
	%	mg/g liver	mg/100 g BW
Normal	0.3	62.5 ¹	194
	0.5	61.3	219
	0.8	58.7	214
	1.5	60.5	228
	0.3	75.7± 4.2 ^{2a}	389±26 ^a
PCB (300 ppm)	0.5	70.5± 5.8 ^a	431±32 ^a
	0.8	85.1± 7.6 ^a	486±18 ^b
	1.5	82.9±12.9 ^a	434±10 ^a

1: Pooled samples were used (normal group).

2: Mean±SE. Means within a column not followed by the same letter are significantly different (p<0.05).

変え2～3週間飼育後、屠殺し、組織成分を測定した。試験に用いた基礎食はカゼイン、または分離大豆たん白質8%、ビタミン、ミネラル等は適当量含み、炭水化物で100%とした。炭水化物源としてショ糖を用いた。

Met添加飼料はこれら基礎飼料にMetを添加し、飼料中の含硫アミノ酸の総量を0.5%になるようにした。すなわち、8%カゼイン飼料には0.3%のMet、8%大豆たん白飼料には0.32%のMetを添加した。

大豆基礎食群の2週間の体重増加量はTable 1に示すようにわずかに5.3gであったが、Metの添加によって25.2gと著しく改善された。

カゼインの場合にもMet無添加の14.2gに対し、Met添加群では29.0gと大豆たん白の場合と同様に

大きく改善された。このようなMet添加による体重増加の改善にともなってカゼインの場合にも、大豆たん白の場合にも肝脂質量は明らかに増加し、無添加群では70～80mg/gであるのに対し、Met添加によって113～117mg/gに増加した。大豆群とカゼイン群の間には差が認められなかった。

この結果から、低たん白条件ではカゼインの場合と同様に大豆たん白質もMetの添加によって脂肪肝の生成が起こることが分かる。従って、含硫アミノ酸補足については十分な注意が必要である。脂肪肝の成因については明らかではないが、Metの添加によって、血清トリグリセリド(TG)は明らかに増加するので(Table 1)、単純に肝脂質の血中への移行が低下しているためと考えることは困難である。今後の検討が必

Table 3. Effect of dietary level of sulfur-containing amino acid on serum lipids in rats with or without receiving PCB

	SAA level	Triglyceride	Total cholesterol	HDL cholesterol	HDL chol. Total chol.
	%	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	
Normal	0.3	113 ± 14 ^{1a}	109 ± 4 ^a	60 ± 2 ^a	0.55
	0.5	170 ± 11 ^{ab}	111 ± 4 ^a	67 ± 1 ^a	0.60
	0.8	306 ± 46 ^{abc}	120 ± 7 ^a	75 ± 7 ^{ab}	0.63
	1.5	182 ± 20 ^{ab}	124 ± 11 ^a	84 ± 9 ^{ab}	0.68
PCB (300 ppm)	0.3	148 ± 70 ^{ab}	163 ± 8 ^b	114 ± 15 ^b	0.70
	0.5	351 ± 111 ^{bc}	197 ± 12 ^c	161 ± 12 ^c	0.82
	0.8	496 ± 129 ^c	249 ± 8 ^d	194 ± 16 ^c	0.78
	1.5	363 ± 42 ^{bc}	230 ± 16 ^d	174 ± 17 ^c	0.76

1. Mean ± SE. Means within a column not followed by the same letter are significantly different (p<0.05).

Table 4. Effect of dietary quality of protein on gains in body weight and liver and plasma lipids in rats fed PCB-supplemented and unsupplemented diets

Groups	PCB addition (300 ppm)	Gains in body wt ¹	Liver wt	Liver total lipids	Liver cholesterol	Plasma cholesterol
		g/22 days	% body wt	mg/g tissue	mg/g tissue	mg/100 ml
Experiment I						
Egg	—	96.1 ± 2.8 ^{2,a}	4.54 ± 0.09 ^a	48.6 ± 1.3 ^{acd}	2.34 ± 0.09 ^{abc}	102 ± 4 ^a
Casein	—	86.8 ± 3.3 ^b	4.29 ± 0.05 ^{bc}	53.9 ± 1.2 ^{abcd}	2.28 ± 0.05 ^{abc}	99 ± 4 ^{ab}
Fish	—	76.7 ± 1.7 ^c	4.49 ± 0.09 ^{ab}	55.3 ± 1.4 ^{abc}	2.26 ± 0.11 ^{bc}	107 ± 3 ^a
Soy	—	61.0 ± 2.3 ^d	4.17 ± 0.05 ^{cd}	46.9 ± 2.0 ^d	2.12 ± 0.04 ^{cd}	96 ± 5 ^{ab}
Soy + Met	—	100.4 ± 5.6 ^a	4.70 ± 0.11 ^a	47.4 ± 4.7 ^{cd}	2.01 ± 0.05 ^d	104 ± 3 ^a
Wheat gluten	—	17.6 ± 3.1 ^e	4.05 ± 0.16 ^{cd}	60.5 ± 3.1 ^b	2.39 ± 0.06 ^{ab}	97 ± 6 ^{ab}
Corn gluten	—	12.7 ± 1.7 ^e	4.26 ± 0.12 ^{bc}	56.7 ± 2.7 ^{ab}	2.49 ± 0.07 ^a	93 ± 4 ^{ab}
Gelatin	—	-26.5 ± 1.4 ^f	3.99 ± 0.10 ^d	46.3 ³	3.05 ³	86 ± 6 ^b
Experiment II						
Egg	+	83.3 ± 4.6 ^a	6.98 ± 0.19 ^{ab}	91.8 ± 3.8 ^a	4.75 ± 0.25 ^a	199 ± 6 ^{ab}
Casein	+	76.3 ± 3.1 ^{ab}	6.54 ± 0.10 ^{bc}	66.1 ± 1.8 ^b	2.95 ± 0.13 ^b	189 ± 7 ^{ad}
Fish	+	73.3 ± 3.0 ^b	7.25 ± 0.17 ^{ad}	85.5 ± 5.4 ^a	4.39 ± 0.35 ^{ac}	211 ± 5 ^{bc}
Soy	+	59.8 ± 2.9 ^c	6.28 ± 0.10 ^c	63.2 ± 1.8 ^b	2.55 ± 0.06 ^b	175 ± 4 ^d
Soy + Met	+	96.8 ± 2.3 ^d	6.99 ± 0.16 ^{ab}	75.2 ± 1.7 ^c	3.92 ± 0.27 ^{cd}	222 ± 7 ^c
Wheat gluten	+	15.3 ± 1.5 ^e	6.38 ± 0.21 ^c	61.9 ± 0.8 ^b	3.21 ± 0.24 ^{bd}	178 ± 6 ^d
Corn gluten	+	5.8 ± 1.2 ^f	6.92 ± 0.13 ^{ab}	69.0 ± 2.1 ^{bc}	3.97 ± 0.32 ^c	180 ± 5 ^{ad}
Gelatin	+	-28.8 ± 0.6 ^g	7.63 ± 0.21 ^d	58.3 ³	2.70 ³	162 ± 11 ^e

要である。

2. 生体異物存在下での分離大豆たん白質に対する
メチオニンの補足と脂質代謝
初体重80～90gのWistar系雄ラットを実験動物と

し、分離大豆たん白質10%を含む基礎飼料にMetを添加し、Metレベルを0.3, 0.5, 0.8, 1.5%になるようにした。生体異物の1例としてPCB（アロクロール1248, 四塩化物相当, 三菱モンサント化成製）添加群

は PCB を 300ppm になるように飼料に添加した。飼育期間は 20 日間とした。

Table 2 に示すように PCB 無添加群では昨年の結果と同様、10%たん白レベルでは Met の添加によっても肝脂質量はほとんど増加しなかった。また、体重 100 g 当たりの総肝脂質量にも変化は認められなかった。しかし、PCB 含有飼料の場合には、Met 含量の増加によって肝の単位重量当たりの脂質量もわずかに増加し、体重 100 g 当たりでは、飼料の Met 含量が 0.3% から 0.8% まで Met の増加にともなう肝脂質量も増加し、Met 含量が 1.5% ではわずかに低下した。このように、生体異物存在下では肝重量の増加にともなう肝脂質量も Met の添加によって増加することが明らかとなった。

血清 TG は PCB 無添加群でも飼料への Met の添加で増加し、血中へのリポたん白放出の増加が示唆された (Table 3)。PCB 添加群では、Met の添加で肝脂質量も増加し、血漿 TG 濃度も増加した。

血清の総コレステロール濃度は PCB 添加群では Met の添加によって 0.8% の Met 含量まで明らかに増加し、Met 量が 1.5% の場合にはわずかに低下した。このように生体異物存在下では大豆たん白質への Met の添加は血清コレステロールを増加させることが分かる。

生体異物が存在しない場合には有意な変化はないが、飼料 Met の増加によって血清コレステロールの増加傾向が認められる。このように飼料たん白源が大豆たん白の場合、Met は血清コレステロール濃度に影響する要因の一つと考えることができる。

次に、たん白源を種々に変えて、PCB 添加あるいは無添加食でラットを飼育し、血清コレステロール濃度を測定した。用いたたん白質は全卵、カゼイン、魚肉、脱脂大豆、小麦グルテン、トウモロコシグルテン、ゼ

ラチンで、たん白レベルは 10% とした。飼育期間は約 3 週間 (22~23 日) とした。

PCB 無添加群では肝脂質含量はたん白質の種類によってほとんど差はなく、小麦グルテンの場合のみ若干高い値がえられた。これは Thr の不足によるものと考えられる。PCB 添加によっていずれのたん白群でも肝脂質量は増加し、殊に全卵たん白群で高かった。大豆群では PCB の添加による肝脂質の増加は 0.34% の Met の添加によってさらに増加した。血漿コレステロールは PCB 無添加の場合、大豆たん白群は全卵たん白や魚肉たん白群より低かったが、Met を添加すると全卵たん白群と同じくらいになった。

このような傾向は PCB の存在下では一層顕著であった。PCB の添加で血漿コレステロールは全体に増加したが、全卵や魚肉群で高く大豆たん白群で低かった。しかし、大豆たん白に Met を添加すると全卵たん白群よりさらに高い値を示した。

このように生体異物存在条件では、大豆たん白食群の血漿コレステロール濃度は Met の添加で容易に増加するので Met 補足の際にもこのような点に留意する必要があると考えられる。

文 献

- 1) Harper, A.E. (1958): Nutritional fatty livers in rats. *Am. J. Clin. Nutr.*, **6**, 242-253.
- 2) 吉田昭, 横越英彦 (1982): 分離大豆たん白質への含硫アミノ酸補足とアミノ酸インバランス. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **3**, 50~53.
- 3) Kato, N., Tani, T. and Yoshida, A. (1980): Effect of dietary level of protein on liver microsomal drug-metabolizing enzymes, urinary ascorbic acid and lipid metabolism in rats fed PCB containing diets. *J. Nutr.*, **110**, 1686-1694.