

大豆たん白質、 分離大豆たん白質の栄養特性

——生体異物代謝系との関連——

●名古屋大学 農学部……………吉田 昭・加藤範久・谷 武司

現代の食生活においては環境化学物質、ある種の食品添加物などいわゆる生体異物 (Xenobiotics) を食品と共に摂取する機会が多くなっている。生体異物は主として肝ミクロゾームの Mixed Function Oxidase System (MFO) によって代謝されるが、この代謝系の活性は食餌たんぱく質の量的、質的变化によって影響される。さきにわれわれは、種々の生体異物の摂取によって一般的に血漿コレステロールの上昇、ラットの尿中アスコルビン酸排泄の著しい増加のみられることを報告した¹⁻³⁾。近年、大豆たん白質の栄養特性の一つとして、血漿コレステロールの上昇抑制が注目されているが、多くの研究は高コレステロール飼料に対する効果である。生体異物によるラットの高コレステロール血症はコレステロールの合成促進によるものであり³⁾、このような際に大豆たん白質がどのような栄養特性を示すかを検討しようとした。

実 験 方 法

〔実験 1〕

実験動物として Wistar 系の雄ラット、初体重60~70 g のものを用いた。試験飼料は10%のたん白質を含み、たん白源として全卵たん白質、分離大豆たん白質、小麦グルテンを用いた。生体異物の1例として PCB (アロクロール1248, 4塩化物相当) を用い、添加群には300 ppm になるようトウモロコシ油と共に飼料に添加した。飼育期間は30~32日として飼料を自由に摂取させ、途中5, 15, 25日目に採尿を行いアスコルビン酸、N量を測定した。

〔実験 2〕

実験方法は実験1とほぼ同様であるが、たん白源として全卵たん白質、カゼイン、魚肉たん白質、分離大豆たん白質、小麦グルテン、トウモロコシグルテン、ゼラチンの7種を用いた。

〔実験 3〕

分離大豆たん白質の代りに脱脂大豆を用い、実験2と

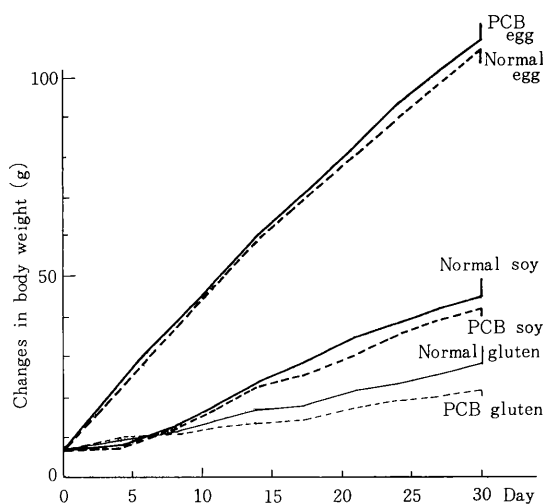


Fig.1

Changes in body weight of rats fed normal or PCB diets containing 10% protein of different quality.

同様の実験を行った。

結 果 お よ び 考 察

〔実験1〕において、ラットの体重増加は Fig.1 にみられるように全卵たん白質群に比し、グルテン群では低く、分離大豆たん白質群はグルテン群よりは優れていた。300ppm PCB の添加によって体重増加は何れの群においても殆んど影響されなかった。

生物価は全卵たん白質群を100とすると分離大豆たん白群は51~54、グルテン群では47~48であった。N-出納は分離大豆たん白群が45~53mg/day であるのに対しグルテン群は17~21mg/day で明らかに分離大豆たん白群が優れていた。

ラットの尿中アスコルビン酸排泄量は PCB を添加していない群では飼料たん白源の種類によって大きな差異はなく、何れも体重100g 当り1日0.1~0.3mg であっ

Table 1. Effect of dietary addition of PCB and dietary protein quality on urinary ascorbic acid excretion

Group	Urinary ASA (mg/100g B.W./day)		
	on day 5	on day 15	on day 25
Normal			
Whole egg protein	0.27±0.03 ^{1a}	0.28±0.02 ^a	0.34±0.04 ^a
Soy protein	0.22±0.04 ^a	0.11±0.04 ^a	0.11±0.02 ^a
Wheat gluten	0.21±0.04 ^a	0.19±0.04 ^a	0.12±0.02 ^a
PCB			
Whole egg protein	4.73±0.20 ^b	13.8±0.4 ^b	12.1±0.6 ^b
Soy protein	0.29±0.06 ^a	0.95±0.18 ^c	1.49±0.19 ^c
Wheat gluten	1.07±0.11 ^c	5.36±0.19 ^d	6.45±0.53 ^d

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

たが、PCB の添加食では 5 日後にすでに著しく増加し、15 日目において全卵たん白群では無添加群の 40 倍以上に増加した。グルテン群でも 20 倍以上に増加していた。しかし、分離大豆たん白群では約 9 倍程度にまでしか増加しなかった (Table 1)。

これまでの研究から一般には PCB による尿中アスコルビン酸の増加は低たん白食より高たん白食で、また、栄養価の高いたん白質食で高いと考えていたが、分離大豆たん白質食は例外的に、そのたん白質としての栄養価に比し、著しく低いアスコルビン酸の排泄量であった。肝中のアスコルビン酸濃度の PCB による増加も全卵たん白群で最も大きく、分離大豆たん白群ではグルテン群よりも低かった。

血漿コレステロール濃度は Table 2 に示すように何れのかたん白質群でも PCB の添加で明らかな上昇がみられた。PCB 無添加群では全卵たん白群 97mg/dl, 分離大豆たん白群 89mg, グルテン群 74mg でグルテン群が他

の 2 群に較べて有意に低かったが、PCB 添加群では全卵たん白群で 153mg, 分離大豆たん白群 107mg, グルテン群 125mg で、分離大豆たん白群が一番低かった。このように、PCB によるコレステロール合成増加による高コレステロール血症に対しても、分離大豆たん白質が上昇抑制効果のあることが示された。このことは、尿中アスコルビン酸排泄が分離大豆たん白群で低いことや、後に述べる肝ミクロゾームの MFO 活性も低いことと関連しているものと考えられる。

肝コレステロール濃度も PCB 添加群の中で分離大豆たん白群が最も低値を示した。肝アミノピリン-N-デメチラーゼ活性、P 450 濃度は何れも PCB 添加によって上昇したが、分離大豆たん白群では、全卵たん白群に比しては勿論のこと、グルテン群に較べても低い値を示し、たん白質としての一般的な栄養価とは異なった特性が示された (Table 3)。

〔実験 2〕では、さらに多くのたん白源を用いて同様な

Table 2. Effect of dietary addition of PCB and dietary protein quality on plasma and liver lipids

Group	Plasma cholesterol	Liver total lipids	Liver cholesterol
	mg/100ml plasma		mg/g liver
Normal			
Whole egg protein	97±3 ^{1a,b}	53.1±1.3 ^a	3.65±0.17 ^{a,b}
Soy protein	89±3 ^a	50.7±1.2 ^a	2.97±0.29 ^c
Wheat gluten	74±3 ^c	67.3±7.7 ^b	3.17±0.18 ^{b,c,d}
PCB			
Whole egg protein	153±6 ^d	76.6±2.5 ^b	3.89±0.19 ^a
Soy protein	107±3 ^b	66.2±4.1 ^b	2.83±0.08 ^{c,d}
Wheat gluten	125±6 ^a	69.2±3.4 ^b	3.26±0.28 ^{b,d}

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

実験を行ったが、ほぼ同じような傾向が認められた。

これらの実験に用いた分離大豆たん白質は、大豆をそのままで用いる時よりもラットの成長が低いため、分離たん白質ではなく脱脂大豆粉を用いて上記と同様に実験した。PCB は全群に添加した。23日間のラットの体重増加量は全卵たん白群で 83.3g、カゼイン、魚肉たん白群でそれぞれ 76.3g、73.3g で、脱脂大豆群でも 59.8g であり、小麦グルテン群の 15.3g に対し、はるかに大きかった。ゼラチン群は 28.6g の体重減少がみられた。脱脂大豆群は、分離大豆たん白群よりかなり体重増加量が大きかった。

試験食15日目の尿中排泄アスコルビン酸量は全卵たん

白群で体重100g 当り 1日17.2mg で最も大きく、カゼイン群、魚肉たん白群でそれぞれ 8.6mg、7.4mg であった。脱脂大豆群では 5.0mg で小麦グルテン群の 6.2mg よりかえって低く、分離大豆たん白質の場合ほど著しくはなかったが、その栄養価に対して相対的に低い値を示した (Table 4)。

しかし、メチオニンを0.34%飼料に添加することにより 14.7mg に増加し、全卵たん白群に近い値がえられ、分離大豆たん白質群で PCB による尿中アスコルビン酸排泄の少ないのは主としてメチオニン含量の低いことに起因しているものと考えられた。

前述の如く、血漿コレステロールは著しく増加し、全卵たん白群では 199mg/dl、カゼイン、魚肉たん白群ではそれぞれ 189mg、211mg であった。脱脂大豆たん白群では 175mg で小麦グルテン群の 178mg、トウモロコシグルテン群の 180mg とほぼ同じで栄養価の割に低い値を示した。

脱脂大豆に0.34%のメチオニンを添加すると 222mg と、無添加群の 175mg に比し著しい増加がみられ、尿中アスコルビン酸の場合と同様、メチオニンが制限アミノ酸であることが、コレステロール値が比較的低いことと関連していることが推定された。

肝ミクロゾームのアミノピリンー

Table 4. Effect of dietary protein quality on urinary ascorbic acid excretion of rats fed 300ppm PCB diet

Group	Urinary ASA mg/100g B.W./day	
	on day 7	on day 15
Whole egg protein	7.35±0.91 ^{1a}	17.19±0.69 ^a
Casein	2.46±0.23 ^b	8.55±0.49 ^{b,c}
Fish protein	2.15±0.23 ^{b,c}	7.41±0.79 ^{c,d}
Soy protein	1.08±0.11 ^{c,d}	5.01±0.42 ^e
Soy protein+0.34% Met	6.91±0.58 ^a	14.70±0.77 ^f
Wheat gluten	2.76±0.45 ^b	6.22±0.58 ^{d,e}
Corn gluten	5.18±0.16 ^e	9.31±0.69 ^b
Gelatin	0.32±0.04 ^d	1.63±0.12 ^g

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

Table 3. Effect of dietary addition of PCB and dietary protein quality on the activities of liver microsomal drug metabolizing enzymes

Group	Aminopyrine N-demethylase ¹		Aniline hydroxylase ²	
	μmoles/g liver	μmoles/liver/100g B.W.	nmol/g liver	μmoles/liver/100g B.W.
Normal				
Whole egg protein	1.20±0.08 ^{3a}	4.65±0.28 ^a	89±5 ^a	0.34±0.02 ^a
Soy protein	0.40±0.05 ^{b,d}	1.60±0.18 ^b	61±5 ^{a,b}	0.25±0.02 ^{a,b}
Wheat gluten	0.29±0.03 ^b	1.14±0.22 ^b	43±3 ^b	0.17±0.01 ^b
PCB				
Whole egg protein	3.15±0.21 ^c	17.50±1.28 ^c	392±13 ^c	2.18±0.17 ^c
Soy protein	0.66±0.11 ^d	4.01±0.53 ^a	215±11 ^d	1.34±0.06 ^d
Wheat gluten	1.23±0.15 ^a	7.15±0.97 ^d	205±19 ^d	1.19±0.12 ^d

1. HCHO formed per 12 minutes.

2. p-aminophenol formed per 12 minutes.

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

N-デメチラーゼ活性も脱脂大豆群ではカゼイン群、魚肉たん白群に比し低かったが、メチオニンの添加でカゼインと同レベルにまで増加した。アニリンヒドロキシラーゼ、NADPH-チトクロムCレダクターゼなどは、このような現象は認められなかった (Table 6)。

これまでの実験で、分離大豆たん白質と脱脂大豆でPCBによる尿中アスコルビン酸排泄増加ならびに血漿コレステロール上昇に対する栄養特性は基本的に同じであることが示されたが、これらの特性は分離大豆たん白質で著しかったので、これらの差異の理由を調べる目的

で分離大豆たん白質と脱脂大豆を直接比較するとともに、分離大豆たん白に0.34%のメチオニン添加したものについて実験した。

分離大豆たん白質は脱脂大豆群に比し体重増加量はかなり低かったが、分離大豆にメチオニンを添加することによって脱脂大豆群を上まわる成長がえられた。PCB添加による尿中アスコルビン酸排泄の増加や血漿コレステロール上昇も分離大豆たん白質にメチオニンを添加することによって脱脂大豆群よりも高い値がえられた。このように両者の相異の主な原因は含硫アミノ酸の含量ま

Table 5. Effect of dietary protein quality on plasma and liver lipids of rats fed 300ppm PCB diet

Group	Plasma cholesterol	Liver total lipids	Liver cholesterol
	mg/100ml plasma	mg/g liver	
Whole egg protein	199±6 ^{1a} ^b	91.8±3.8 ^a	4.75±0.25 ^a
Casein	189±7 ^b ^c	66.1±1.8 ^b ^c	2.95±0.13 ^b ^c
Fish protein	211±5 ^a ^d	85.5±5.4 ^a	4.39±0.35 ^a ^d
Soy protein	175±4 ^c	63.2±1.8 ^b ^c	2.55±0.06 ^c
Soy protein+0.34% Met	222±7 ^d	75.2±1.7 ^d	3.92±0.27 ^d ^e ^f
Wheat gluten	178±6 ^c	61.9±0.8 ^b ^c	3.21±0.24 ^b ^c ^f
Corn gluten	180±5 ^c	69.0±2.1 ^b ^d	3.97±0.32 ^d ^e
Gelatin	171±8 ^c	58.3 ^{2c}	2.70 ^{2b} ^c

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

2. Mean of two pooled samples.

Table 6. Effect of dietary protein quality on the activities of liver microsomal drug metabolizing enzymes of rats fed 300 ppm PCB diet

Group	Aminopyrine N-demethylase ¹		Aniline hydroxylase ²	
	nmoles/g liver	μmoles/liver/ 100g B.W.	nmoles/g liver	nmoles/liver/ 100g B.W.
Whole egg protein	269±10 ^{3a}	1.88±0.07 ^a	59.0±2.0 ^a ^b	411±15 ^a
Casein	217±6 ^b	1.42±0.03 ^b	60.1±1.3 ^a	391±7 ^a ^b
Fish protein	215±6 ^b	1.56±0.06 ^b	56.1±1.3 ^a ^b ^c	406±12 ^a
Soy protein	177±7 ^c	1.11±0.04 ^c	54.0±1.5 ^b ^c	339±10 ^c
Soy protein+0.34% Met	217±7 ^b	1.51±0.03 ^b	52.9±2.4 ^c	368±8 ^b ^c
Wheat gluten	113±8 ^d	0.72±0.05 ^d	35.5±2.2 ^d ^e	227±17 ^e
Corn gluten	103±8 ^d	0.71±0.05 ^d	30.6±1.2 ^e	211±7 ^e
Gelatin	92±10 ^d	0.71±0.08 ^d	38.1±2.6 ^d	295±16 ^d

1. HCHO formed per minute.

2. p-aminophenol formed per minute.

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

たはその利用率の違いによるものと推定された。

含硫アミノ酸から体内で生成する硫酸は生体異物の抱合に用いられるし、含硫アミノ酸を含むグルタチオンは生体内過酸化反応に関連し、また、体内での酸化型アスコルビン酸の還元に関与する。このようなことで含硫アミノ酸が、生体異物の代謝や生体異物による体内代謝変動に影響することは考えられるが、尿中アスコルビン酸量や血漿コレステロールとの直接の関連は今後明らかにされるべき問題であろう。

文 献

- 1) Kato, N., Kato, M., Kimura, T. and Yoshida, A. (1978): Effect of dietary addition of PCB, DDT or BHT and dietary protein on vitamin A and cholesterol metabolism. *Nutr. Rep. Int.*, 18, 437-445.
- 2) Kato, N. and Yoshida, A. (1979): Effect of some fat soluble chemicals on plasma cholesterol and urinary ascorbic acid. *Agr. Biol. Chem.*, 43, 191-192.
- 3) Kato, N. and Yoshida, A. (1980): Effect of dietary PCB on hepatic cholesterogenesis in rats. *Nutr. Rep. Int.*, 21, 107-112.

EFFECT OF DIETARY SOYBEAN PROTEINS ON PLASMA CHOLESTEROL, URINARY ASCORBIC ACID AND LIVER MICROSOMAL MIXED FUNCTION OXIDASE SYSTEM IN RATS WITH OR WITHOUT RECEIVING PCB.

Akira YOSHIDA, Norihisa KATO and Takeshi TANI

Department of Agricultural Chemistry, Nagoya University

ABSTRACT

Exposure of rats to PCB or other xenobiotics results in an increase in activity of liver microsomal mixed function oxidase system, plasma cholesterol and urinary ascorbic acid. Experiments were designed to study the effect of dietary quality of protein on these metabolic responses to dietary addition of PCB, with special reference to nutritional characteristics of soybean- and isolated soybean proteins.

The experimental diets contained whole egg protein, casein, fish protein, soy protein isolate, defatted soyflour, wheat gluten, corn-gluten or gelatin, fed at 10% of the diet. In general, nutritional values of proteins correlated with the activity of mixed function oxidases, plasma level of cholesterol and the urinary ascorbic acid. However, in the animals fed soy proteins, especially soy protein isolate, with PCB, mixed function oxidase activity, plasma level of cholesterol and urinary ascorbic acid were apparently lower than those expected from the nutritional values. Supplementation of methionine to the soy protein diets significantly elevated those values. These results indicate the nutritional specificity of soy proteins for the metabolic changes by the intake of the xenobiotics, and these characteristic features of soy proteins probably due to its relatively low content of sulfur amino acids. Sulfur amino acids may play a specific role in the metabolic responses to xenobiotics.