

コレステロール代謝における分離大豆たん白質の 栄養特性

NUTRITIONAL CHARACTERISTICS OF SOYPROTEIN ISOLATE IN CHOLESTEROL METABOLISM

吉田 昭・奥村佳史（名古屋大学農学部）

Akira YOSHIDA and Yoshifumi OKUMURA

School of Agriculture, Nagoya University, Nagoya 464

ABSTRACT

Effect of dietary soyprotein isolate on serum level of cholesterol was compared with casein, rice protein, wheat gluten and corn gluten with or without cholesterol or PCB. We previously reported the hypercholesterolemic effect of several xenobiotics such as PCB and DDT. This type of hypercholesterolemia is quite different from that due to dietary addition of cholesterol because of the hypercholesterogenic effect of these xenobiotics, and would be a new model of dietary hypercholesterolemia. Serum level of cholesterol in rats fed a 15% soyprotein isolate was significantly lower than that of rats fed a casein or rice protein diet. Rice protein diet group showed rather higher serum level of cholesterol than casein diet group. In the presence of 1% of cholesterol or 300 ppm of PCB in diet also showed the similar results. When dietary protein was wheat gluten or corn gluten, serum level of cholesterol was lower than casein diet group, only when cholesterol was added to the diets. If PCB was added to the diet, serum level of cholesterol in rats fed wheat gluten or corn gluten was not different from that of casein diet group. Thus rice protein and wheat gluten showed different effects on serum cholesterol. However, when rats were fed a 90% rice diet or 90% wheat diet, serum level of cholesterol was the same even with or without dietary addition of cholesterol or PCB. In all cases of the present experimental conditions, dietary soyprotein was hypocholesterolemic as compared with casein, and wheat gluten and corn gluten were hypocholesterolemic only when cholesterol was added to the diet. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn* 6, 63-67, 1985.

分離大豆たん白質は血中コレステロール濃度の上昇抑制などの栄養特性を有し、社会的にも高い関心もたれている。これまでの多くの研究では主としてカゼインとの比較が行なわれ、また、食餌にコレステロールを添加したり、しなかった場合で必ずしも一定の結果が得られていない。筆者らはさきに、ある種の薬物がラットの肝でのコレステロール合成を促進して、血清コレステロール濃度を上昇させることを報告した。そこで、大豆たん白質のコレステロール代謝における

栄養特性をコレステロール多量投与による吸収増大の場合、生体異物による合成促進の場合、これらの処理をしない場合に分類し、それぞれの場合について、他の植物性たん白質源と比較しながら研究し、その特性を明らかにしようと考えた。

実験および結果

実験動物として、Wistar 系の雄ラット、初体重約 70 g のものを用いた。試験飼料はビタミン、ミネラルを

Table 1. Effect of dietary protein on serum and liver lipids

	15% Casein	15% SPI	15% Rice prot. conc.
B. W. (g/20 days)	79.1±1.1 ^{b 1)}	59.7±1.2 ^c	84.4±1.9 ^a
Food intake (g/day)	14.3±0.2 ^{ab}	14.1±0.4 ^b	15.7±0.5 ^a
Serum lipids			
Total chol. (mg/100 ml)	93.3±2.8 ^b	74.4±2.2 ^c	102.5±1.5 ^a
HDL-chol. (mg/100 ml)	62.9±6.1 ^a	37.6±1.6 ^b	67.0±2.9 ^a
HDL/Total	0.67±0.05 ^a	0.51±0.02 ^b	0.65±0.03 ^a
T. G. (mg/100 ml)	95.0±3.0 ^b	61.9±4.8 ^c	113.3±6.4 ^a
Liver lipids (mg/g)			
Total lipids	55.6±1.0 ^a	56.5±1.9 ^a	58.3±1.0 ^a
Cholesterol	2.66±0.12 ^a	2.86±0.24 ^a	2.42±0.50 ^a
T. G.	42.5±4.4 ^a	51.3±1.9 ^a	48.8±2.3 ^a

1) Values with different alphabetical superscripts within a line are significantly different (p<0.05).

適当量含有し、たん白質源を種々に変えた。高コレステロール血症を誘導するためには2種の異なる方法を用いた。一つは飼料に1%のコレステロール、0.25%のコール酸を添加するもので、コレステロールの吸収を増加させることにより高コレステロール血症を起こさせるタイプであり、もう一つは300 ppmのPCBを飼料に添加し、体内でのコレステロール合成を増加させることによる高コレステロール血症である。実験期間は3週間とし、血清コレステロールはPearsonの方法、HDL-コレステロールはIshikawaらによるヘパリン-Mn法により測定した。

実験1

15% カゼイン食、15%分離大豆たん白 (SPI) 食、15% 白米たん白食を用い、コレステロール、PCBなどの添加の有無による血清コレステロールの変化を比

較した。

コレステロール、PCBなどを添加しない場合の結果をTable 1に示す。ラットの体重増加はカゼイン食、白米たん白食で高く、SPI食ではかなり劣っていた。血清コレステロール濃度は従来知られているようにSPI食群ではカゼイン食群に比し明らかに低値を示したが、同じ植物性たん白であるにもかかわらず白米たん白食群はカゼイン群を上まわる値を示した。HDL-コレステロールも同様に、カゼイン群、白米たん白群で高く、SPI群では低い値を示した。肝脂質は3群で大きな差異は認められなかった。

飼料にコレステロールを添加した場合 (Table 2) 血清コレステロールは全体に著しく増加した。しかし、SPI群では、カゼイン、白米たん白群に比して明らかに低く、白米たん白群はカゼイン群と殆んど変わらない

Table 2. Effect of dietary protein and cholesterol on serum and liver lipids

	Casein	Casein +chol.	SPI +chol.	Rice +chol.
B. W. gain (g/20 days)	79.1±1.1	79.6±4.4 ^{a 1)}	52.1±1.9 ^b	82.2±2.3 ^a
Food intake (g/day)	14.3±0.2	14.2±0.8 ^{ab}	13.2±0.6 ^b	15.4±0.5 ^a
Serum lipids				
Total chol. (mg/100 ml)	93.3±2.8	208.1±15.3 ^{ab}	159.2±16.5 ^b	217.8±12.9 ^a
HDL-chol. (mg/100 ml)	62.9±6.1	41.1±1.7 ^a	29.2±4.1 ^b	27.7±2.3 ^b
HDL/Total	0.67±0.05	0.20±0.02 ^a	0.21±0.06 ^a	0.13±0.01 ^b
T. G. (mg/100 ml)	95.0±3.0	92.5±9.4 ^a	102.2±4.9 ^a	110.6±13.4 ^a
Liver lipids (mg/g)				
Total lipids	55.6±0.9	132.6±7.8 ^a	112.7±7.0 ^a	111.4±2.9 ^a
Cholesterol	2.66±0.12	40.0±2.4 ^a	29.9±2.2 ^b	32.2±1.4 ^b
T. G.	42.5±4.4	72.8±5.1 ^a	60.1±4.4 ^{ab}	56.8±3.9 ^b

1) Refer to footnote in Table 1.

Table 3. Effect of dietary protein and PCB on serum and liver lipids

	Casein	Casein + PCB	SPI + PCB	Rice prot. + PCB
B. W. gain (g/20 days)	79.1±1.1	86.5±2.2	58.9±1.5	85.1±1.8
Food intake (g/day)	14.3±0.2	13.1±0.9	13.2±0.2	14.0±0.4
<u>Serum lipids</u>				
Total chol. (mg/100 ml)	93.3±2.8	149±4 ^{a 1)}	112±2 ^b	146±2 ^a
HDL-chol. (mg/100 ml)	62.9±6.1	81.9±3.4 ^a	66.3±3.6 ^b	81.9±3.2 ^a
HDL/Total	0.67±0.05	0.55±0.01 ^a	0.59±0.03 ^a	0.56±0.02 ^a
<u>Liver lipids (mg/g)</u>				
Total lipids	55.6±1.0	132±4 ^a	70.3±3.5 ^b	78.8±4.5 ^b
Cholesterol	2.66±0.12	8.08±0.43	3.23±0.26	5.57±0.52
T. G.	42.5±4.4	98.7±4.3	47.8±3.8	46.6±3.6

1) Refer to footnote in Table 1.

かった。HDL-コレステロールは白米たん白群ではカゼイン群に比し低い値を示した。肝コレステロール濃度はコレステロール無添加の場合、3群で殆んど差はなかったが、コレステロール添加条件ではカゼイン群が他の2群に比し有意に高い値を示した。

PCBを飼料に添加した条件でも血清コレステロールは全体に増加したが、SPI群のみは他の群より明らかに低値を示した (Table 3)。このように3つの条件で、SPI群は常にカゼイン、白米たん白質に比べ、血清コレステロールは低く、SPIに血清コレステロール上昇抑制効果が認められたが、白米たん白はカゼインに似た性質を示した。

実験 2

次に植物たん白として小麦グルテン、コーングルテンを選び、カゼインと比較した (Table 4)。カゼイン群が前回よりやや低い血清コレステロール値を示したためでもあるが、小麦グルテン群、コーングルテン群で特に血清コレステロール値は低くならなかった。しかし、飼料にコレステロールを添加した条件では小麦グルテン群、コーングルテン群は明らかにカゼイン群よ

り低い血清コレステロール値を示した (Table 5)。しかし、興味あることに、PCBを添加した条件では3群で全く差が認められず (Table 6)、コレステロール合成の促進は小麦グルテン、コーングルテンの場合もカゼインと同様に起こるものと思われた。

実験 3

小麦グルテンは白米たん白と異なり、コレステロール添加条件で血清コレステロールを低下させる作用のあることが示されたので、次に90%白米食と、90%小麦粉食について比較した。この場合飼料たん白含量は前者では6.9%、後者では13.3%と異なったが、米食とパン食の比較という意味で敢えてたん白含量は補正しなかった。体重増加量は白米食群が僅かに大きかったが差は少なかった。血清コレステロール濃度は小麦グルテンの場合と異なり、飼料にコレステロールを添加すると小麦粉食群でも白米食群と同様に血清コレステロール値は高くなった (Table 7)。小麦粉たん白と小麦グルテンでアミノ酸組成は殆んど同じであるから、このような差はアミノ酸組成によるものではなく、たん白質の物性の差によるものと考えられる。

Table 4. Effect of dietary protein on serum and liver lipids

	Casein	Wheat gluten	Corn gluten
B. W. gain (g/20 days)	80.3±2.9 ^{a 1)}	24.2±2.2 ^b	13.9±0.5 ^c
Food intake (g/day)	12.0±0.3 ^a	9.4±0.6 ^b	8.8±0.2 ^b
<u>Serum lipids</u>			
Total chol. (mg/100 ml)	78.2±2.8 ^a	74.2±4.8 ^a	82.8±3.5 ^a
HDL-chol. (mg/100 ml)	44.3±5.5 ^a	42.3±4.4 ^a	30.8±3.1 ^a
HDL/Total	0.55±0.06 ^a	0.53±0.06 ^a	0.40±0.03 ^a
T. G. (mg/100 ml)	76.4±4.1 ^a	62.4±4.5 ^a	43.8±3.1 ^b
<u>Liver lipids (mg/g)</u>			
Total lipids	44.8±0.92 ^a	50.8±2.50 ^a	45.5±1.4 ^a
Cholesterol	2.21±0.14 ^a	2.55±0.25 ^a	2.74±0.21 ^a
T. G.	39.8±0.6 ^b	46.0±2.1 ^a	40.6±1.2 ^{ab}

1) Refer to footnote in Table 1.

Table 5. Effect of dietary protein and cholesterol on serum and liver lipids

	Casein +chol.	Wheat gluten +chol.	Corn gluten +chol.
B. W. gain (g/20 days)	82.3±1.7 ^{a 1)}	23.1±2.1 ^b	16.1±1.9 ^c
Food intake (g/day)	12.2±0.3 ^a	10.7±0.3 ^b	9.1±0.6 ^c
<u>Serum lipids</u>			
Total chol. (mg/100 ml)	180±9 ^a	97.9±4.8 ^b	84.7±6.0 ^b
HDL-chol. (mg/100 ml)	30.0±4.9 ^a	19.8±1.9 ^{ab}	16.2±3.1 ^b
HDL/Total	0.18±0.04 ^a	0.21±0.01 ^a	0.19±0.02 ^a
T. G. (mg/100 ml)	96.7±9.3 ^a	70.2±8.7 ^a	72.1±9.3 ^a
<u>Liver lipids (mg/g)</u>			
Total lipids	87.0±1.81 ^b	127.1±10.9 ^a	81.7±7.5 ^b
Cholesterol	32.2±2.1 ^a	25.9±2.7 ^{ab}	18.8±1.9 ^b
T. G.	53.1±1.6 ^b	92.9±9.5 ^a	61.3±6.6 ^b

1) Refer to footnote in Table 1.

Table 6. Effect of dietary protein and PCB on serum and liver lipids

	Casein +PCB	Wheat gluten +PCB	Corn gluten +PCB
B. W. gain (g/20 days)	80.8±1.9 ^{a1)}	23.2±1.1 ^b	15.1±1.1 ^c
<u>Serum lipids</u>			
Total chol. (mg/100 ml)	148.9±3.8 ^b	167.5±4.3 ^a	155.5±8.1 ^{ab}
HDL-chol. (mg/100 ml)	85.3±7.9 ^a	79.8±2.9 ^a	64.4±4.9 ^b
HDL/Total	0.56±0.05 ^a	0.46±0.02 ^{ab}	0.42±0.03 ^b
T. G. (mg/100 ml)	118.5±16.9 ^a	57.2±2.4 ^b	44.6±3.6 ^c
<u>Liver lipids (mg/g)</u>			
Total lipids	61.5±1.2 ^a	58.1±1.3 ^{ab}	56.0±1.4 ^b
Cholesterol	4.11±0.17 ^a	2.80±0.07 ^b	3.00±0.09 ^b
T. G.	54.6±2.5 ^a	53.1±1.2 ^a	50.4±1.6 ^a

1) Refer to footnote in Table 1.

Table 7. Comparison of rice and wheat diets (serum lipids)

Diet	Serum (mg/100 ml)		
	Total chol.	HDL-chol.	T. G.
1. 90% Rice	89.0±2.6	65.6±3.5	52.4±4.8
2. 90% Wheat	80.9±2.7	59.4±4.7	51.2±4.2
3. 90% Rice + 1% chol.	207±17	—	48.8±2.6
4. 90% wheat + 1% chol.	195±20	—	54.7±4.6
5. 90% Rice + 200 ppm PCB	169±8	85.2±2.2	69.6±6.7
6. 90% Wheat + 200 ppm PCB	149±4	68.5±3.7	30.2±4.6

Protein: Rice diet 6.9%, wheat diet 13.3%

Table 8. Comparison of wheat gluten and wheat flour (serum lipids)

	Serum (mg/100 ml)		
	Total chol.	HDL-chol.	T. G.
Experiment 1			
1. 13% Casein diet	86.4±3.6	52.6±2.7 ^{b 1)}	99.1±5.5 ^a
2. Wheat gluten	87.0±5.2	70.2±4.4 ^a	68.3±4.8 ^b
3. Wheat flour	86.1±2.6	59.8±3.6 ^{ab}	69.4±6.2 ^b
Experiment 2			
4. 13% Casein + 1% chol.	203±17 ^a	39.5±1.8 ^a	75.1±4.4
5. Wheat gluten + 1% chol.	99.4±5.5 ^b	34.0±1.9 ^a	60.4±5.0
6. Wheat flour + 1% chol.	163±11 ^a	20.9±3.0 ^b	80.4±5.8

- 1) Values with different alphabetical superscripts within a column of the same experiment are significantly different ($p < 0.05$).

Table 9. Cholesterol lowering effect of dietary protein

Dietary addition	Casein	SPI	Rice	Wheat	Wheat gluten	Corn gluten
—	—	+	—	—	±	—
+Cholesterol	—	+	—	—	+	+
+PCB	—	+	—	—	—	—

実験 4

小麦粉食の結果が小麦グルテンの場合と大きく異なったことから、直接に比較する実験を行った。この場合、飼料たん白含量は13%に揃えた。コレステロールを飼料に添加しない場合は血清コレステロールはカゼイン群、小麦グルテン群、小麦粉群で変わらなかったがコレステロール添加条件ではカゼイン群、小麦粉群では血清コレステロール濃度は著しく増加し、小麦グルテン群は有意に低い値を示した (Table 8)。この実験からも、小麦粉と小麦グルテンに大きな差のあることが示された。

以上の結果から各種食品たん白質の血清コレステロール上昇抑制効果をまとめると Table 9 のようになる。カゼイン食を基準にして、SPI はコレステロール、

PCB などの有無にかかわらず血清コレステロール濃度を抑制する効果がみられ、小麦グルテン、コーングルテンはコレステロール添加条件でのみ抑制効果がみられた。白米たん白、白米粉、小麦粉などは何れの条件でもカゼインに比して血清コレステロール上昇を抑制はしなかった。

筆者らは前に PCB 添加によるコレステロール合成促進による高コレステロール血症の際、大豆たん白に Met を添加すると血清コレステロールが著しく増加することを報告した。現在の作業仮説としてはコレステロール合成を薬物で促進する場合には飼料の含硫アミノ酸が重要な因子であり、コレステロール投与条件ではたん白質の物性が大きな要因になるのではないかと考えている。