

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

INDUCIBILITY OF AMINO ACID IMBALANCE BY SUPPLEMENT
OF SULFUR-AMINO ACIDS TO A SOY PROTEIN ISOLATE DIET

吉田 昭・横越英彦（名古屋大学農学部）

Akira YOSHIDA and Hidehiko YOKOGOSHI

Department of Agricultural Chemistry, Nagoya University

ABSTRACT

When rats are fed a low casein diet, supplementation of a small amount of sulfur containing amino acid to the diet produces fatty liver. This is one type of amino acid imbalances. For an efficient and safe supplementation of sulfur amino acid to soy protein isolate (SPI), it is important to make clear in what conditions fatty livers are produced.

Female young rats of the Wistar strain were used for the experiments. Diets were fed ad lib for 2 weeks. Supplement of 0.3% of Met to a 8.8% SPI diet did not produce significant fatty liver in rats. Whereas the supplement of the same amounts of Met to a 8% casein diet clearly produced fatty livers. Liver fat of rats fed the 8.8% SPI diet increased, however, with each increase in the supplemental amounts of Met from 0.3 to 0.6%. Body weight gain was significantly improved by Met supplement, but the effects were not changed by the increment of supplemented Met from 0.3 to 0.6%. Thus it would be recommended that the supplemental amount of Met to the 8.8% SPI diet should not be increased over 0.3% not to produce fatty liver with efficient improvement for body weight gain. A diet containing an amino acid mixture simulating SPI, however, produced significant fatty liver, therefore, the low inducibility of amino acid imbalance of SPI diet is not due to the only amino acid composition but the characteristic protein quality is also an important factor. Supplement of Met to the SPI diet or the diet containing AA-mix. simulating SPI generally increased the serum cholesterol.

Composition of sulfur-amino acids was variously changed keeping the dietary total S-AA was 0.3%. Replacement of Cys for Met more than 60%, decreased the body weight gain. It can be said, about 60% of Met can be replaceable with Cys without decrease of nutritional quality as sulfur amino acids.

Supplemental effect of Met on fatty liver production was affected by dietary level of SPI. When the level of SPI below 8.8% the supplement of 0.3% Met produced fatty livers.

目 的

分離大豆たん白質はカゼインと同様含硫アミノ酸が

第1制限アミノ酸であり、Metの補足によって、その栄養価は大きく改善される。一方、低カゼイン食においては少量の含硫アミノ酸の添加でラットの成長は増

加するが、肝に脂肪が蓄積する一種のアミノ酸インバランスが生成することが知られている。そこで、分離大豆たん白質食ではどのような条件でアミノ酸インバランスが誘導されるか、また、カゼインの場合とどのように異なるかを明らかにし、有効にして安全なアミノ酸補足の基礎資料とすることを目的として研究を行った。

実験方法

実験動物として Wistar 系の雌ラット、初体重約 90 g のものを用いた。実験飼料は 5 % コーンオイル、5 % 塩混合、適当量のビタミンを含み、たん白質源として分離大豆たん白質（フジプロ R）またはカゼインを用いショ糖を炭水化物源として 100 % になるように調製

した。

実験期間は 2 週間とし、飼料は自由に摂取させた。実験期間終了後、血液、肝を採取し、肝脂質は Folch 法で抽出後、重量法で測定、血清コレステロールは Pearson 法で、血清 TG は酵素法で測定した。

結果と考察

一般に 8 % カゼイン食に 0.3 % 程度の Met を添加すると肝脂質の蓄積がみられるので、この条件と比較するため、8 % カゼイン食とほぼ等量の含硫アミノ酸を含む 8.8 % の分離大豆たん白質（soy protein isolate, SPI）への Met や Cys の添加の影響について調べた。

8 % カゼイン食に 0.3 % の Met を添加した場合は、従来知られているように、成長の増加と同時に、肝脂

Table 1. Effect of S-AA to a low soy protein isolate diet on tissue lipids

Diet	B.W. gain	Liver lipid	Serum lipids	
			TG	Chol.
	g/3weeks	mg/g	mg/100ml	
1. 8%Casein	22.2±2.3 ^c	61.1±2.5 ^b	249±38.1 ^{bc}	71.5±2.7 ^b
2. Diet 1+0.3%Met	37.2±3.2 ^b	94.2±4.4 ^a	314±52.4 ^{ab}	84.2±2.6 ^a
3. 8.8%SPI	17.1±1.9 ^c	68.9±2.2 ^b	153±12.4 ^c	56.0±1.5 ^{cd}
4. Diet 3+0.3%Met	37.7±1.2 ^b	70.8±9.4 ^b	202±24.4 ^{bc}	58.5±1.8 ^{cd}
5. Diet 3+0.3%Cys	17.9±3.3 ^c	67.0±6.9 ^b	281±40.5 ^{abc}	52.7±1.7 ^d
6. Diet 4+0.3%Thr	43.9±1.9 ^a	58.7±2.9 ^b	386±53.3 ^a	73.0±2.9 ^b
7. Diet 5+0.3%Thr	19.3±9.4 ^c	74.1±3.8 ^b	287±50.7 ^{ab}	60.7±2.9 ^c

S-AA : Ca 0.2%

a-d : Means within a column not followed by the same superscript letter are significantly different (p<0.05).

Table 2. Effect of supplemented level of Met on tissue lipids

Diet	B.W. gain	Liver lipids		Serum chol.
		Total	Chol.	
	g	mg/g		mg/100ml
1. 8.8%SPI	16.2±2.8	59.8±4.1 ^{cd}	3.43±0.36	75.5±2.7
2. Diet 1+0.3%Met	27.5±3.5	66.4±2.3 ^{cd}	3.46±0.55	98.8±3.0
3. Diet 1+0.4%Met	27.5±3.4	71.7±8.4 ^{bcd}	3.96±0.23	97.7±4.2
4. Diet 1+0.5%Met	26.1±3.4	72.8±7.1 ^{bcd}	4.03±0.55	—
5. Diet 1+0.6%Met	26.8±3.0	75.1±7.0 ^{abc}	4.07±0.52	—
6. 8%Casein	18.1±3.4	57.1±2.4 ^d	2.66±0.44	83.8±1.4
7. Diet 6+0.3%Met	25.7±6.1	89.9±2.6 ^a	3.99±0.37	102±2.5
8. Diet 6+0.5%Met	21.1±3.5	84.7±5.4 ^{ab}	5.10±0.60	95.7±6.8

Basal diet : 0.2%S-AA

a-d : Means within a column not followed by the same superscript letter are significantly different (p<0.05).

質の明らかな増加がみられた。8.8 % の SPI 食に 0.3 % の Met を添加すると体重増加量は明らかに増したが、肝脂質は増加しなかった。0.3 % の Cys の添加では体重増加にも、肝脂質にも影響しなかった (Table 1)。0.3 % の Met と Thr の添加では体重増加量は Met 単独の場合よりさらに増し、肝脂質は僅かに減少した。血清 TG は 8 % カゼイン食に Met を添加することによって増加し、8.8 % SPI 食に Met, Cys を単独あるいは Thr とともに添加することによって増加した。8 % カゼイン食に Met を添加して生じる脂肪肝が単純に肝から血中への脂質の移送の障害であるとは上記の結果からは考えにくい。血清コレステロール (Chol) はカゼイン食では SPI 食より高く、SPI に Met, Thr を添加することによって上昇した。

次に、8.8 % SPI に添加する Met の量的影響について調べた (Table 2)。体重増加量は Met の量が 0.3 ~ 0.6 % でほとんど同じであった。しかし、肝脂質は添加 Met の増加にともなって僅かに上昇する傾向がみられた。血清コレステロールも SPI に 0.3 ~ 0.4 % の Met の添加で増加することが認められた。SPI に Met を 0.3 ~ 0.4 % 添加した群の血清コレステロールは、Met 無添加のカゼイン群より高かった。

上記の実験から、SPI に Met を添加する場合にはカゼインの場合のような明らかな脂肪肝にはなりにくことが分った。このことが、SPI のたん白質の特性によるのか、アミノ酸組成によるのかを明らかにするため、SPI のアミノ酸組成に類似させたアミノ酸混合物を用いて実験した。Table 3 に示すように、SPI パターンの

Table 3. Supplement for AA-Mix simulating soy protein or casein

Diet	B.W. gain	Liver lipids		Serum chol. mg/100ml
		Total	Chol.	
	g/2weeks	mg/g		
1. 7%AA-Mix (SPI)	10.0±1.8 ^a	75.1±5.0 ^c	3.67±0.38 ^b	71.7±3.2
2. Diet 1+0.32%Met	14.9±2.1 ^b	156±9.9 ^a	6.02±0.47 ^a	82.7±7.2
3. Diet 1+0.1%Met	15.5±3.0 ^b	172±10.1 ^a	5.95±0.81 ^a	73.0±2.9
Diet 1+0.22%Cys				
4. 7%AA-Mix (Casein)	13.8±1.5 ^b	69.3±4.8 ^c	3.20±0.46 ^b	74.1±1.4
5. Diet 4+0.3%Met	23.3±1.2 ^c	80.3±2.8 ^c	3.57±0.33 ^b	86.9±3.4
6. Diet 4+0.3%Cys	26.8±1.7 ^c	108.8±2.8 ^b	4.66±0.33 ^a	83.5±3.5

a-c : Means within a column not followed by the same superscript letter are significantly different (p<0.05).

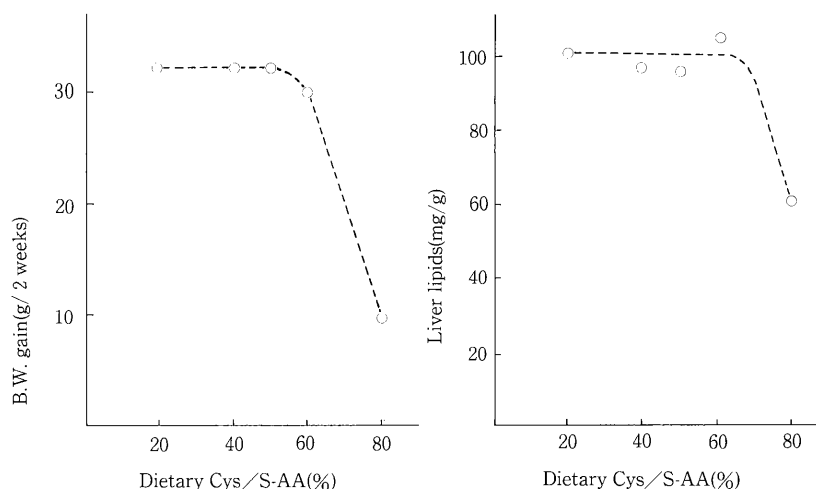


Fig.1 Cys/S-AA in diet and growth, liver lipids

Table 4. Dietary level of SPI and Met supplement

Diet	B.W.gain	Liver lipids	Serum chol	
			Total	HDL
	g/2wks	mg/g	mg/100ml	
1. 6.3%SPI	8.3±1.3	60.0±5.3	69.2±5.5	49.7±3.8
2. 6.3%SPI+0.3%Met	16.7±2.5	95.0±5.7 ^a	71.6±4.2	57.8±4.9
3. 7.5%SPI	15.0±0.7	66.7±3.1	67.2±2.0	46.6±2.9
4. 7.5%SPI+0.3%Met	19.9±0.8	83.3±3.2 ^a	75.8±2.5	61.9±2.0 ^a
5. 8.8%SPI	18.2±2.1	71.2±3.0	63.9±3.9	45.9±4.9
6. 8.8%SPI+0.3%Met	23.2±1.7	68.4±3.1	79.4±3.8	73.6±4.8 ^a
7. 11.3%SPI	23.5±1.1	63.6±3.0	78.5±2.8	61.3±3.7
8. 11.3%SPI+0.3%Met	28.9±1.5	61.6±4.7	85.4±3.9	75.4±6.3 ^a

a : Significantly different from each control ($p<0.05$).

アミノ酸混合食に Met を添加した場合、肝脂質は著しく増加した。この増加は、カゼインパターンのアミノ酸混合食に Met を添加した場合よりむしろ大きく、SPI への Met 添加で脂肪肝が起こりにくいのは主として、たん白質の性質によるものと考えられる。アミノ酸混合物食の場合、SPI パターンでも、カゼインパターンでも、血清コレステロールはほとんど等しかった。また、いずれの場合にも Met の添加で血清コレステロールの上昇傾向が認められた。

SPI は含硫アミノ酸の中でも Met が不足しており、アミノ酸添加の影響は Met と Cys の割合によって異なる。そこで添加含硫アミノ酸の総量は 0.3 % として Met と Cys の割合を種々に変えてその影響を調べた。

Fig. 1 に示されるように、飼料中の含硫アミノ酸の中で、Cys の占める割合を 20 % から次第に増していき、50~60 % をこえると体重増加量は急激に減少した。このことから、このような条件では Cys は全含硫アミノ酸の 50~60 % 程度を栄養価の低下なく置きかえうることが分る。肝脂質量も含硫アミノ酸を添加して、体重増加量が増える時に蓄積し、Cys の割合が 80 % で体重増に影響のないところでは肝脂質も増加しなかった。

Met の添加による肝脂質の蓄積は飼料中のたん白質含量によって大きく影響される。飼料中の SPI 含量を 6.3 % から 7.5 %, 8.8 %, 11.3 % と増加させて肝脂質への影響を調べた。0.3 % の Met の添加は何れのたん白質レベルの場合にもラットの体重増加量を増やした。肝脂質は 6.3 % と 7.5 % SPI の時に Met の添加で増加し、8.8 %, 11.3 % SPI の時には明らかな影響が認められなかった (Table 4)。このことから、飼料中の SPI が 8.8 % より少ない時に Met の添加によるインバランスの誘導が起こりやすいと思われる。血清コレステロールは SPI の飼料中含量が 7.5 % より高い時に Met の添加による増加傾向が認められた。この時には、HDL-Chol の増加割合の方が大きいようであった。

以上全体の実験を通じ、分離大豆たん白質に Met を補足する際は低カゼイン食に Met を添加する場合に比し、肝脂質の蓄積にみられるアミノ酸インバランスは生成しにくい。しかし、添加アミノ酸が 0.3 % をこえたり、また、飼料たん白質含量が 8 % より低い場合にはインバランスの生成が認められやすいので、アミノ酸の補足に当たっては、このような点についての配慮が必要である。