

妊娠動物における分離大豆たん白質の利用効率に及ぼす制限アミノ酸補足効果

SUPPLEMENTARY EFFECTS OF LIMITING AMINO ACIDS ON THE UTILIZATION OF SOY PROTEIN ISOLATE IN PREGNANT RATS

新山喜昭・坂本貞一（徳島大学医学部）

Yoshiaki NIIYAMA and Sadaichi SAKAMOTO

Department of Nutrition, School of Medicine, The University of Tokushima

ABSTRACT

Pregnant rats of the Sprague-Dawley strain, weighing about 190g, were fed 10% SPI diets added with graded levels of L-methionine (0.3%, 0.4%, 0.5%, 0.7% and 1.0%), 0.4% L-methionine+0.25% L-threonine and 0.4% L-methionine + 0.25% L-threonine + 0.2% L-lysine for 21 days. Supplementary effects of these amino acids were examined in terms of food intake and body weight gain during pregnancy, food efficiency, NPU and fetal growth. In addition, free amino acid concentration in plasma from dams at term was determined. Methionine supplementation to the 10% SPI diet resulted in increased food intakes with improvement of food efficiency. Food efficiency was highest in 0.3% methionine added group and efficiency decreased with increasing methionine levels. Pregnant rats receiving diet supplemented with 1.0% methionine ate less and had less reproductive performances as compared those fed less methionine added diets, suggesting that 1.0% methionine addition was excessive. Further addition of threonine or threonine plus lysine to the 10% SPI diet supplemented with 0.3% methionine did not show any favourable effects on body weight gain, food efficiency and reproductive performances. NPU of the 10% SPI diet in pregnant and nonpregnant rats was 47 and 42, respectively. Addition of the limiting amino acids caused a marked improvement of utilization efficiency of the SPI diet, with highest value of NPU being 71 in 0.5% methionine added diet. Further addition of lysine to the SPI diet supplemented with methionine and threonine did not show any effect. Free amino acid concentration in plasma of the pregnant rat did not change by the addition of the limiting amino acids.

われわれはこれまでに妊娠ラットにおける分離大豆たん白質（SPI）の全卵たん白質（WEP）に対する相対的栄養価は約 65 % であること、またこれに L-Met を 0.3～0.5 % 補足した場合、および 0.4 % Met の上に、さらに 0.25 % Thr を追加した場合、SPI の栄養価が WEP の値近くまで改善されることを報告したり。

今回は前回に引き続き、妊娠ラットについて Met 補

足量を 0.7 %, 1.0 % とやや過剰にした際、および Met + Thr に加えて Lys を補足した場合の効果をたん白質利用効率や母体および胎仔形成への影響などの面から検討した。

実験方法

実験方法はこれまでと同様である。すなわち、体重

Table 1. Amino acid composition of the diets

		WEP ¹	SPI	+0.3% Met	+0.4% Met(a)	+0.5% Met	+0.7% Met	+1.0% Met	a+0.25% Thr(b)	b+0.2% Lys
		(g/16gN)								
Essential	Cys	2.1	1.0	5.0(89%) ²	6.0(107%)	7.0(125%)	9.0(161%)	12.0(214%)	6.0(107%)	6.0(107%)
	Met	3.5	1.0							
	Thr	4.8	2.7						5.2(108%)	5.2(108%)
	Lys	7.1	5.8							7.8(110%)
	Phe	5.5	4.2							
	Tyr	4.3	2.7							
	Val	6.7	4.6							
	Ile	5.8	4.6							
	Leu	9.0	6.9							
	Trp	1.5	1.5							
	His	2.4	2.4							
	Arg	6.5	6.4							
Total		59.2	43.8	46.8	47.8	48.8	50.8	53.8	50.3	52.3
Nonessential Total		44.6	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1
Total		103.8	87.9	90.9	91.9	92.9	94.9	97.9	94.4	96.4
E/T(%)		57.0	49.8	51.5	52.0	52.5	53.5	55.0	53.3	54.3

1: Whole egg protein.

2: Figures in parentheses represent percentage of individual amino acid to that in WEP.

約 190 g の SD 系妊娠シロネズミに妊娠期間中、10 % SPI 食に L-Met を 0.7 % または 1.0 % 補足した食餌、あるいは Met+Thr 食に 0.2 % Lys (Lsy・HCl を用いた) を補足した食餌のいずれかを投与した (Table 1)。期間中 N 出納を求めるとともに 22 日目に動物を断頭にて殺し、受胎物重量を測定後、屠体 N 分析を行って妊娠期間中の蓄積 N 量を求めた。また屠殺時の血漿遊離アミノ酸濃度も測定した。対照には同様に飼育した非妊娠動物を用いた。

結果と考察

今回得られた実験結果をこれまでの結果と合わせ一括記載した。

1. 摂食量、体重および飼料効率

各実験食投与時の 21 日間の摂食量、体重増加量および飼料効率を Table 2 に示した。

0.7 % Met 補足妊娠群の摂食量、体重増加量および飼料効率は 0.3~0.5 % Met 補足妊娠群のそれとほぼ同程度であったが、1.0 % Met 補足妊娠群ではいずれも減少する傾向にあった。また非妊娠動物でも同様の結果が得られた。Met 過剰食を動物に投与すると、摂食量の減少、発育阻害などのおこることが報告されてい

るが²⁾、10 % SPI 食を摂取している妊娠、非妊娠ラットに対する Met の補足効果は 0.7 % くらいが限界であり、1 % では過剰であることが本実験から明らかとなった。

次に Met+Thr 食に Lys を補足した場合、摂食量は Met+Thr 群より妊娠群でやや増加、非妊娠群で逆にやや減少した。一方、体重増加量は妊娠、非妊娠群ともかなり減少する傾向にあった。その結果、Met+Thr+Lys 補足群の飼料効率は Met+Thr 補足群よりも低値を示した。この所見は成長期ラットで Met+Thr 食に Lys やその他の必須アミノ酸を補足しても、さらに補足効果は認められなかったという山口らの報告³⁾と一致している。

2. 受胎物の発育

Table 3 に妊娠 22 日目における子宮およびその内容物重量、胎仔、胎盤の発育状況を示した。0.7 % および 1 % Met 補足群の受胎物の発育は 0.3~0.5 % Met 補足群と同程度であったが、1 % 補足群では 1 匹当たりの胎仔重量や 1 個当たりの胎盤重量に減少傾向がみられた。また母体体重も他群に比し軽かった (Table 3)。Corcos Benedetti ら⁴⁾は植物性低たん白食 (6 %) に約 1.2 % の Met 補足を行い litter size の減少をみているが、われわれの実験では 1.0 % Met 補足で litter size

Table 2. Food intake and change in body weight during pregnancy

	No	Total intake	BW gain	Food efficiency
		g	g	
Pregnant				
SPI	8	341	85 (199) ¹	0.25
+0.3% Met	7	372	133*(247*)	0.36*
+0.4% Met(a)	7	375	133*(247*)	0.35*
+0.5% Met	5	378	127 (245*)	0.34*
+0.7% Met	6	365	125*(244*)	0.34*
+1.0% Met	6	298	83 (199)	0.28
a +0.25% Thr(b)	14	334	109 (240*)	0.33*
b +0.2% Lys	9	363	118*(233*)	0.32*
Non-pregnant				
SPI	7	382	69	0.18
+0.3% Met	5	369	86	0.23*
+0.4% Met(a)	6	347	77	0.22
+0.5% Met	6	360	86	0.24*
+0.7% Met	6	342	80	0.23*
+1.0% Met	7	328*	62	0.19
a +0.25% Thr(b)	7	370	94*	0.25*
b +0.2% Lys	9	347	74	0.21*

1 : Maternal body weight.

* : Significantly different from SPI group, $p < 0.01$.

に変化がなかった。

一方、胎仔形成のやや劣る Met+Thr 補足群に Lys を補足すると胎仔および胎盤重量はいずれも増加を示した。

3. 母体カーカス組成

母体のカーカス組成を Table 4 に示した。Met 補足を行った妊娠動物の体脂肪量は Met の補足量に応じ、0.7 % まではやや増加する傾向を示した。しかし 1 % Met

補足ではそのカーカス重量も軽く、また体脂肪量も約 9.7 % と低かった。このことは主としてこの群の摂食量が少なかったことによるものであろう。なお 1 % Met 補足非妊娠動物においても体脂肪量は他の群に比し有意に低値を示した。なお Met+Thr+Lys 補足群と Met+Thr 補足群を比較するとカーカス重量、体脂肪量は妊娠、非妊娠動物とも後者の群でやや低い傾向がみられた。

Table 3. Reproductive performance

	No	Conception products	Fetus wt	Placenta wt	Litter size
		g	g	mg	
SPI	8	68.6	4.12	403	12.6
+0.3% Met	7	71.8	4.61	425	11.6
+0.4% Met(a)	7	69.8	4.72	418	10.7
+0.5% Met	5	65.2	4.49	410	10.8
+0.7% Met	6	69.5	4.81	425	10.8
+1.0% Met	6	65.5	4.06	384	11.7
a +0.25% Thr(b)	14	58.8*	4.15	408	10.4
b +0.2% Lys	9	72.0	4.44	418	12.0

* : Significantly different from SPI group, $p < 0.01$.

Table 4. Carcass composition

	No	Carcass	Water	Protein	Fat
		g	%	%	%
Pregnant					
SPI	8	181	61.7	19.3	15.1
+0.3% Met	7	219*	60.2	19.2	16.5
+0.4% Met(a)	7	221*	60.5	19.2	16.4
+0.5% Met	5	220*	59.6	19.2	17.0
+0.7% Met	6	217*	58.9	18.7	19.1
+1.0% Met	6	177	64.5	21.1*	9.7
a +0.25% Thr(b)	14	214*	60.7	19.2	16.2
b +0.2% Lys	9	209*	61.8	19.5	14.7
Non-pregnant					
SPI	7	226	57.6	18.5	20.1
+0.3% Met	5	247	60.4	18.9	16.7
+0.4% Met(a)	6	236	61.2	19.4	15.1
+0.5% Met	7	240	57.9	18.5	20.3
+0.7% Met	6	237	56.2	18.0	21.7
+1.0% Met	7	220	62.5*	20.1*	13.1*
a +0.25% Thr(b)	7	247	59.2	18.3	18.1
b +0.2% Lys	9	232	59.1	19.5	17.6

*: Significantly different from SPI group, $p < 0.01$.

4. N出納

動物をみると、0.3～0.5 % Met 補足群に比し 0.7 % および 1 % Met 補足群では、尿中N排泄量の増加あるいは妊娠全期間中のN出納値を Table 5 に示した。妊娠

Table 5. Nitrogen balance

	No	Intake	Urinary	Fecal	Balance
		mg/21 days			
Pregnant					
SPI	8	5,457	3,492	877	1,089
+0.3% Met	7	6,049	2,571*	845	2,630*
+0.4% Met(a)	7	6,110	2,643*	896	2,571*
+0.5% Met	5	6,185	2,556*	804	2,825*
+0.7% Met	6	6,034	2,924*	789	2,321*
+1.0% Met	6	4,987	2,470*	669*	1,848
a +0.25% Thr(b)	14	5,518	2,625*	680*	2,214*
b +0.2% Lys	9	6,127	2,945*	765	2,418*
Non-Pregnant					
SPI	7	6,122	3,906	971	1,234
+0.3% Met	5	5,987	2,884*	861	2,242*
+0.4% Met(a)	6	5,651	2,727*	824	2,101*
+0.5% Met	6	5,890	2,817*	786*	2,283*
+0.7% Met	6	5,662	3,029*	737*	1,897*
+1.0% Met	7	5,458	2,601*	768*	2,084*
a +0.25% Thr(b)	7	6,120	2,802*	820	2,498*
b +0.2% Lys	9	5,872	3,086*	764*	2,022*

*: Significantly different from SPI group, $p < 0.01$.

Table 6. Efficiency of utilization

	Pregnant	Non-pregnant	Ratio (P/NP)
Biological value			
WEP	74(100%)	66(100%)	1.13
SPI	47(64%)	42(64%)	1.12
+0.3% Met	70(95%)	61(92%)	1.15
+0.4% Met(a)	69(93%)	61(92%)	1.13
+0.5% Met	71(96%)	62(94%)	1.16
+0.7% Met	63(86%)	56(85%)	1.13
+1.0% Met	66(89%)	62(95%)	1.07
a+0.25% Thr(b)	67(90%)	63(96%)	1.05
b+0.2% Lys	64(87%)	57(86%)	1.15
Net protein utilization			
WEP	67(100%)	59(100%)	1.14
SPI	43(64%)	37(63%)	1.16
+0.3% Met	64(96%)	55(93%)	1.16
+0.4% Met(a)	62(93%)	55(93%)	1.13
+0.5% Met	66(98%)	56(96%)	1.17
+0.7% Met	59(88%)	52(89%)	1.13
+1.0% Met	62(92%)	57(98%)	1.07
a+0.25% Thr(b)	63(94%)	58(99%)	1.08
b+0.2% Lys	60(90%)	52(89%)	1.14

は摂取Nの減少のためにN蓄積量は少なく、それぞれ 2,321 mg および 1,848 mg であった。

また 0.7 % および 1 % Met 補足の場合、非妊娠動物でもN蓄積量が減少する傾向にあったが、妊娠動物よりその程度は小さかった。

一方、Met+Thr+Lys 補足妊娠群では Met+Thr 補足妊娠群より尿中N排泄が多い傾向にあったが、摂取N量も多く、結果的には前者の蓄積量が大きであった。

5. SPI に対するアミノ酸補足とその利用率

SPI に対する Met, Thr, Lys 補足により、その BV, NPU がどのようになるかをN出納データにもとづいて算出し Table 6 に示した。

妊娠動物の 0.7 % および 1.0 % Met 補足群の NPU はそれぞれ 59 と 62 であり、0.3~0.5 % 補足群よりやや低値であった。また非妊娠動物の NPU はそれぞれ 52 と 57 であり、妊娠時より約 10 % 程度低値を示した。

一方、Met+Thr 補足群の NPU は妊娠および非妊娠群でそれぞれ 63 と 58 であり、これにさらに Lys を補足しても利用率の改善はみられなかった。

なお、屠体N分析から求めた利用率の値は表示していないが、N出納から求めたものと同傾向を示した。さらに妊娠、非妊娠両群についてN出納から得られた NPU (x) と屠体N分析より得られた NPU (y) と

の間の関係を求めると、

$$y = 0.68x + 18.10 \quad r = 0.929$$

の回帰直線式が得られた。この式は一般にいわれているようにN出納から求めた NPU は屠体分析より求めた NPU より約 30 % 程度過大に評価されていることを示している。

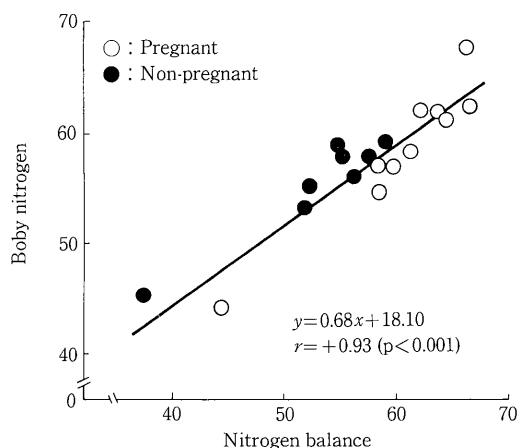


Fig.1 Correlation between NPU from nitrogen balance and body nitrogen analysis

Table 7. Free amino acids in plasma from pregnant rats

	SPI	+0.3% Met	+0.4% Met(a)	+0.5% Met	+0.7% Met	+1.0% Met	a+0.25% Thr(b)	b+0.2% Lys
Met	41	61	87*	55	47	56	45	39
Lys	740	860	642	960	666	690	619	596
Thr	907	756	928	855	689	610*	917	758
Phe	68	72	66	65	61	61	65	57
Val	122	104	113	113	116	105	103	97
Ile	68	67	65	63	59	67	64	54
Leu	88	96	80	82	83	100	91	85
His	40	35	29	33	30	42	35	31
Arg	108	103	117	132	101	105	109	90
Total	2,182	2,154	2,127	2,358	1,852	1,836	2,048	1,807

* : Significantly different from SPI group, $p < 0.01$.

6. 母体血漿遊離アミノ酸濃度

各実験食群の妊娠 22 日目の母体血漿遊離アミノ酸濃度を Table 7 に示した。SPI の制限アミノ酸を補足してもまた Met の補足量を増しても血漿遊離アミノ酸濃度は weanling rats を用いて行った McLaughlan⁵⁾ の実験結果のような著しい変化は示さず、摂取たん白質源のアミノ酸パターンを明確には示さなかった。

要 約

10 % SPI 食に L-Met を 0.7 % または 1 % 補足した場合および 0.4 % Met の上に 0.25 % Thr と 0.2 % Lys を補足した場合の体重増加量、胎仔形成、N 出納、血漿遊離アミノ酸濃度などを観察し、次の結果を得た。

1. 10 % SPI に対する 0.3 % より 0.7 % まで (0.3, 0.4, 0.5 および 0.7 %) の Met 補足により摂食量の増加をもたらした。その結果、母体体組成、胎仔形成に対し好結果が得られた。しかし飼料効率率は 0.3 % Met 補足が一番よく、Met 添加量の上昇に伴い漸減した。一方、1 % Met 補足では摂食量の減少、飼料効率の低下、母体脂肪量の低下等を示し、過剰であることが明らかとなった。

2. Lys を Met+Thr 食に補足しても新たな利用率の改善はみられなかった。

3. 妊娠動物の血漿遊離アミノ酸濃度は前回と同様、食餌アミノ酸組成を反映しなかった。

文 献

- 1) 新山喜昭, 坂本貞一 (1981): 妊娠ラットにおける分離大豆たん白質の利用効率とメチオニン, スレオニン補足効果. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **2**, 67-71.
- 2) HARPER, A. E., BENEVENGA, N. J., and WOHLHUETER, R.M. (1970): Effects of ingestion of disproportionate amounts of amino acids. *Physiol. Rev.*, **50**, 452-455.
- 3) 山口迪夫, 岩谷昌子, 宮崎基嘉 (1981): 分離大豆たん白質の制限アミノ酸とその補足効果 (その2). 大豆たん白質栄養研究会会誌, **2**, 77-81.
- 4) CORCOS BENEDETTI, P., TAGLIAMONTE, B., SEMPRINI, M.E., and MARIANI, A. (1973): Effect of maternal dietary methionine level on the progeny in rats. *Nutr. Rep. Int'l.*, **8**, 9-20.
- 5) McLAUGHLAN, J.M. (1979): Fatty liver in rats fed soya protein isolate with added methionine. *Nutr. Rep. Int'l.*, **19**, 27-35.