

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

EFFICIENCY OF UTILIZATION SOY PROTEIN ISOLATE SUPPLEMENTED WITH L-METHIONINE AND L-THREONINE 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 a 10% soy protein isolate (SPI) diet added 0.3%, 0.4% or 0.5% L-methionine or 0.4% L-methionine and 0.25% L-threonine for 21 days. NPUs of the respective dietary proteins were calculated by nitrogen balance and slaughter methods. At term, animals were autopsied and free amino acid concentration in plasma was determined. Nonpregnant rats were used as the control. Pregnant rats consumed about 340g of the SPI diet during 21-day period and gained about 80g of their body weight. Although food consumptions of the 0.3% to 0.5% methionine added groups of rats were only slightly more than those for SPI diet group, body weight gains for the former were significantly larger than those for the latter, indicating that the supplementation with methionine to the SPI diet improved the dietary utilization. Addition of methionine with threonine resulted in less food intake and comparative weight gain as compared to those for when only methionine was supplemented. Regardless of the amino acid supplementation, growth of the reproductive organs was similar. NPU of the 10% SPI diet was 43 and 37 in pregnant and nonpregnant rats, respectively. Addition of 0.3% to 0.5% L-methionine caused a marked improvement of utilization efficiency of SPI. NPU was further improved by the supplementation of methionine with threonine and it was comparative to that for whole egg protein. Free amino acid concentration in plasma of the pregnant rats did not change by the supplementation of limiting amino acids.

我々は前回の研究発表会において、妊娠ラットにおける分離大豆たん白質（以下 SPI）の NPU は約 44 であり、全卵たん白質に対する相対的栄養価は約 65% であること、妊娠動物における SPI あるいは全卵たん白質の利用効率は非妊娠動物より約 10～15% ほど高いことを報告した。

今回は分離大豆たん白質にその制限アミノ酸であるメチオニンならびにスレオニンを補足し、利用効率がどの

ように改善されるかを観察した。

実験方法

体重約 190g の SD 系妊娠シロネズミを妊娠第 1 日目より 10% SPI 食（フジプロ R、不二製油㈱）、10% SPI 食に L-メチオニンを 0.3%、0.4% および 0.5% 補足した食餌（以下 0.3% Met, 0.4% Met および 0.5% Met と略記）および 0.4% Met 食にさらに L-スレオニンを

Table 1. Amino acid composition

		WEP ¹	SPI	+0.3% Met	+0.4% Met	+0.5% Met	+0.4%Met +0.25%Thr
		(g/16gN)					
Essential	His	2.4	2.4(100%) ²				
	Arg	6.5	6.4(98%)				
	Ile	5.8	4.6(79%)				
	Leu	9.0	6.9(77%)				
	Lys	7.1	5.8(82%)				
	Met	3.5	1.0(29%)	4.0	5.0	6.0	5.0(143%)
	Cys	2.1	1.0(47%)				
	Phe	5.5	4.2(76%)				
	Tyr	4.3	2.7(63%)				
	Thr	4.8	2.7(56%)				5.2(108%)
	Val	6.7	4.6(69%)				
	Trp	1.5	1.5(100%)				
Non-essential	(Total)	59.2	43.8	46.8	47.8	48.8	50.3
	(Total)	44.6	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1
Total		103.8	87.9	90.9	91.9	92.9	94.4
E/T(%)		57.0	49.8	51.5	52.0	52.5	53.3

1: Whole egg protein

2: Figures in parentheses represent percentage of individual amino acid to that in whole egg protein

0.25%加えた食餌（以下 Met+Thr と略記）のいずれかを妊娠全期間自由に与えた。なお、Table 1 に飼料たん白質100g 中のアミノ酸組成を示した¹⁾。全期間中3日単位で採尿、採便を行い、セミマイクロキルダール法にてN量を測定し、摂取N量との差からN出納を算出した。

動物は22日目断頭屠殺し、受胎物（子宮、胎仔、胎盤および羊水）重量を測定後、屠体N分析を行い妊娠期間中の蓄積N量を求めた。また屠殺時の血漿遊離アミノ酸濃度を測定した。対照には同様飼育した非妊娠シロネズミを用いた。

結果と考察

1. 摂食量、体重および飼料効率

各実験食を投与した際の21日間の摂食量、飼料効率および22日目の体重を Table 2 に示した。SPI 投与妊娠群の摂食量は21日間で341g であったが Met を0.3~0.5%補足することによりやや増加（約375g）した。しかし Met 添加量による差はなかった。Met+Thr 群では SPI 群と同程度の摂食量を示した。22日目の体重は SPI 群が約270gであるのに対し、他の群は310~320gと重く、この際の飼料効率も SPI 群の0.25に対し Met あるい

Table 2. Food intake and change in body weight

	No.	Food intake (g/21days)	Body weight (Day 22)	Food efficiency (Days 1-21)
Pregnant				
WEP	9	357±43 ¹	335±27 (266±32) ⁴	0.41±0.03
SPI	8	341±46	268±28 ² (199±20 ²)	0.25±0.05 ²
+0.3%M	7	372±34	319±18 ³ (247±17 ³)	0.36±0.02 ^{2,3}
+0.4%M	7	375±36	317±23 ³ (247±19 ³)	0.35±0.04 ^{2,3}
+0.5%M	5	378±50	310±24 (245±19 ³)	0.34±0.02 ^{2,3}
+0.4%M+0.25%T	7	332±15	312±19 ³ (252±14 ³)	0.36±0.04 ³
Non-pregnant				
WEP	7	307±25	262±11	0.24±0.02
SPI	7	382±36 ²	254±16	0.18±0.02 ²
+0.3%M	5	369±45	277±19	0.23±0.02 ³
+0.4%M	6	347±34	268±17	0.22±0.03
+0.5%M	6	360±13 ²	273±17	0.24±0.03 ³
+0.4%M+0.25%T	7	370±36 ²	281±17 ³	0.25±0.03 ³

1: Means ± SD.

2: Significantly different from value of WEP group at the level of 1%

3: Significantly different from value of SPI group at the level of 1%.

4: Maternal body weight.

Table 3. Reproductive performance

	No.	Wt of conception products	Fetus wt	Placenta wt	Litter size
		g	g	mg	
WEP	9	70±9 ¹	5.1±0.3	413±37	10.7±1.6
SPI	8	69±6	4.1±0.5 ²	403±14	12.6±1.3
+0.3%M	7	72±6	4.6±0.4	425±66	11.6±1.9
+0.4%M	7	70±13	4.7±0.4	418±62	10.7±2.3
+0.5%M	5	65±10	4.5±0.2 ²	410±28	10.8±1.8
+0.4%M+0.25%T	7	60±7	4.1±0.5 ²	402±29	10.7±1.4

1: Means ± SD.

2: Significantly different from value of WEP group at the level of 1%.

は Met と Thr の補足群で0.35~0.36の高値を示した。しかし、この場合でもなお WEP 群の0.41には及ばなかった。このことは、SPI の質向上のためには Met, Thr 以外に Lys や分岐鎖アミノ酸を補足することが必要であろうことを示唆している (Table 1)。

一方、対照動物では制限アミノ酸の補足の有無に関係なく WEP 食よりも SPI 食を多く摂取する傾向にあり、また体重増加量は WEP に比し、制限アミノ酸補足群でやや高い傾向にあった。すなわち飼料効率は SPI で0.18と低値であったが Met や Thr の補足により有意に増加し、ほぼ WEP の値近くまで改善された。

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を示した。

受胎物重量は Met+Thr 群が60g であったのを除い

て他は約70g 前後と WEP 群に近く、また1個の胎盤重量にも差はなかった。胎仔数は SPI 群でやや多い傾向を示したが、各群間差はなかった。胎仔1匹当たりの重量は SPI 群4.1g で WEP 群の5.1g より有意に低値であった。Met 添加により4.5~4.7g に増加したが WEP 群には及ばなかった。また Met+Thr 群では SPI 群と同じ4.1g であった。

3. N出納

妊娠全期間中の窒素出納値を Table 4 に示した。妊娠群の摂取N量は約5,500~6,200mg で、Met 添加群で多い傾向にあるが有意の群間差はなかった。SPI 群では摂取Nは最低であり、また尿中N排泄量は他群より約1,000mg ほど多く、その結果N蓄積量は約1,090mg ともっとも少なかった。Met あるいは Met と Thr の補足により尿中N排泄量は減少し、生体の SPI 利用が改

Table 4. Nitrogen balance

	No.	Intake	Urinary	Fecal	Balance
			mg/21 days		
Pregnant					
WEP	9	5724±758 ¹	2235±295	927±113	2562±448
SPI	8	5457±733	3492±107 ²	877±118	1089±453 ²
+0.3%M	7	6046±542	2571±314 ³	845±46	2630±306 ³
+0.4%M	7	6110±587	2643±232 ^{2,3}	896±95	2571±429 ³
+0.5%M	5	6185±780	2556±357 ³	804±87	2825±400 ³
+0.4%M+0.25%T	7	5497±262	2412±227 ³	657±77 ^{2,3}	2428±116 ³
Non-pregnant					
WEP	7	4904±400	2230±339	857±116	1819±307
SPI	7	6112±580 ²	3906±375 ²	971±119	1234±252 ²
+0.3%M	5	5987±722 ²	2884±533 ³	861±109	2242±274 ³
+0.4%M	6	5651±560	2727±140 ^{2,3}	824±93	2101±449 ³
+0.5%M	6	5896±473 ²	2817±349 ³	804±57 ³	2275±449 ³
+0.4%M+0.25%T	7	6120±596 ²	2802±409 ³	820±76	2498±345 ^{2,3}

1: Means ± SD.

2: Significantly different from value of WEP group at the level of 1%.

3: Significantly different from value of SPI group at the level of 1%.

善されることが明らかとなった。

一方、糞便中 N 排泄量は Met+Thr 群で低かったが他の食餌群間に差はなかった。

以上 SPI に Met あるいは Met と Thr を補足することにより、蓄積N量は SPI 群の約1,090mg より WEP 群とほぼ同量（約2,600mg）まで増加した。対照群でもほぼ同様傾向を示したが、N蓄積量は WEP 群より SPI に Met あるいは Met+Thr を添加した群で多く、これは質の改善と共に摂食量増加効果（摂取エネルギーの増加）が関係しているものと思われる。

4. 摂取たん白質の利用効率

Fig. 1 は妊娠および非妊娠動物に WEP および SPI 食を投与した際の摂取N量とN出納との関係を示したものである。両者間の回帰直線式より求めた N-balance index は Table 5 に示したように WEP>SPI であり、また pregnant>nonpregnant であった。SPI 食に Met あるいは Met と Thr を補足すると N 出納は WEP 群の回帰直線上附近まで改善された。

Table 5 に 10% たん白レベルにおける各食たん白の BV, NPU (N出納および体N分析より算出) および N-balance index を一括表示した。利用効率の表示法により数値には若干の差はあるが、WEP に対する SPI の相対的栄養価は約65%であること、Met 添加により約95%まで改善されることが、しかし0.3~0.5%の Met 添加

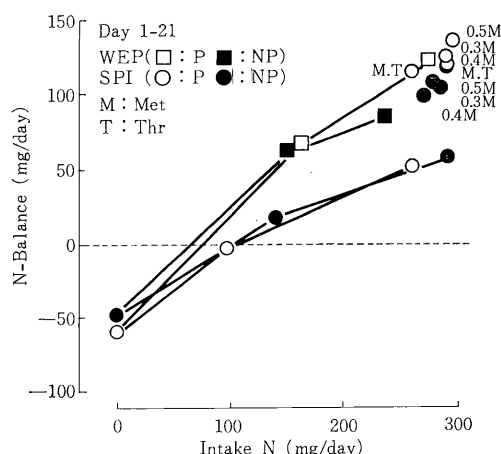


Fig. 1 Relation between nitrogen intake and nitrogen balance in pregnant and non-pregnant rats fed egg protein and SPI

範囲では添加量による差は認められないこと、また Met にさらに Thr を添加するとほぼ WEP に近い値を示すこと、などが明らかである。またいずれの実験食においても妊娠動物は非妊娠動物より約10~15%ほど利用効率が高いことが分った。

5. 血漿遊離アミノ酸濃度

Table 6 に各群の妊娠22日目における血漿遊離アミノ

Table 5. Efficiency of utilization

		Pregnant	Non-pregnant	Ratio (P/NP)
BV	WEP	74	66	1.13
	SPI	47 (64%)*	42 (64%)	1.12
	+0.3%M	70 (95%)	61 (92%)	1.15
	+0.4%M	69 (93%)	61 (92%)	1.13
	+0.5%M	71 (96%)	62 (94%)	1.16
	+0.4%M+0.25%T	71 (96%)	63 (96%)	1.12
NPU (NB)	WEP	67	59	1.14
	SPI	43 (64%)	37 (63%)	1.16
	+0.3%M	64 (96%)	55 (93%)	1.16
	+0.4%M	62 (93%)	55 (93%)	1.13
	+0.5%M	66 (98%)	56 (96%)	1.17
	+0.4%M+0.25%T	67 (100%)	58 (99%)	1.15
NPU (Body N)	WEP	67	59	1.13
	SPI	44 (66%)	45 (76%)	0.97
	+0.3%M	61 (91%)	57 (97%)	1.07
	+0.4%M	62 (93%)	59 (100%)	1.05
	+0.5%M	61 (91%)	55 (94%)	1.10
	+0.4%M+0.25%T	62 (93%)	57 (97%)	1.08
NBI	WEP	0.68	0.60	1.13
	SPI	0.42 (62%)	0.37 (62%)	1.13

*: Relative values to WEP

酸濃度 ($\mu\text{mole/l}$) を示した。SPI の制限アミノ酸である Met 濃度は WEP 群の50に比し SPI で41とやや低かったが、Met補足により増加する傾向を示した。しかし Met の補足量とは比例しなかった。また Met に Thr を補足した場合にも Thr 濃度はやや増加したが、他群との間に差はなかった。さらに EAA 濃度も実験食群間で差はなかった。このことは血中の遊離アミノ酸濃度は摂取たん白源のアミノ酸パターンを必ずしも反映しないことを示している。また妊娠動物では妊娠末期の1～2日間、摂食量を極度に減じることもその理由の一つと考えられる。

要 約

妊娠シロネズミに 10% SPI 食を投与し、その利用率を測定し WEP と比較した。また10% SPI 食に Met

を0.3%, 0.4%あるいは0.5%補足した場合、さらに0.4% Met に 0.25% Thr を加えた場合の体重増加量, N 出納, reproductive performance あるいは plasma free amino acid などに対する補足効果を観察し、次の結果をえた。

1. SPI の WEP に対する相対的利用率は約65%程度であったが、Met 補足, Met+Thr 補足により WEP の95～100%近くまで改善された。
2. SPI への Met の補足効果 (体重増加および飼料効率) は 0.3%, 0.4%, 0.5% で差はなく、Met+Thr の補足効果は Met 単独時よりやや増加した。
3. いずれの実験食においても妊娠動物における利用率は非妊娠のそれより10～15%ほど高値であった。
4. (妊娠動物)の血漿アミノ酸濃度は必ずしも食餌たん白質のアミノ酸組成を反映しなかった。

Table 6. Free amino acids in plasma

	WFP (5) ³	SPI (8)	+0.3%M (7)	+0.4%M (7)	+0.5%M (5)	+0.4%M +0.25%T (7)
Met	50	41	61	87 ²	55	49
Lys	717	740	860	642	960	643
Thr	902	907	756	928	855	1077
Phe	75	68	72	66	65	75
Val	155	122	104 ¹	113	113	113
Ile	72	68	67	65	63	70
Leu	101	88	96	80 ¹	82	96
EAA	2075 (3204) ⁴	2033 (2773) ¹	2018 (2329) ^{1,2}	1981 (2412) ^{1,2}	2194 (2582) ¹	2237 (2470) ¹
Asp	32	17 ¹	8 ^{1,2}	9 ¹	7 ^{1,2}	28
Glu	220	157	108 ¹	136 ¹	97 ¹	163
Ser	436	468	278	348	323	358
Gly	152	252 ¹	211	171 ²	207	248
Ala	560	396	365	559	399	498
Cys	17	29	38	31	36	22
Tyr	68	58	63	51	62	44
His	24	40	35	29	33	35
Arg	136	108	103	117	132	136
NEAA	1645 (3026)	1524 (2626)	1207 (1899) ^{1,2}	1451 (1804) ^{1,2}	1295 (1619) ^{1,2}	1527 (1575) ^{1,2}

1: Significantly different from value of WEP group at the level of 1%.

2: Significantly different from value of SPI group at the level of 1%.

3: Figures in parentheses represent numbers of rats.

4: Free amino acids in plasma from non-pregnant rats.