

妊娠動物における 分離大豆たん白質の利用効率

●徳島大学 医学部…………… 新山喜昭・坂本貞一

妊娠時には摂取たん白質の利用効率は一般に高まると考えられており、たとえば妊婦のたん白質所要量策定に際し、全卵たん白質の利用効率(NPU)は妊娠前半期55、後半期60とされている。しかし妊娠期に摂取たん白質の利用効率が高まることを示した実験は乏しく、それは次のようないくつかの理由によっている。

まず第1に摂取たん白質の利用効率の指標の1つであるPER (Protein efficiency ratio) は一定飼育期間内の体重増加量と摂取たん白量の比率で示されるが、妊娠時、とくに末期の体重増加はそのかなりが生理的に貯留した水分によっているので、妊娠動物で求めたPERは正しい値を示さない。また第2にもう1つの指標であるBV (Biological value) あるいはNPU (Net protein utilization) 算定には妊婦あるいは妊娠動物に無たん白食(PFD)を投与し、内因性および代謝性窒素損失量を知ることが必須である。しかし妊婦に対するPFD投与は母体および胎児、なかんずく胎児に何らかの障害を与えるであろうとの倫理的配慮から全く行われていない。また妊娠動物ではPFD投与により、流産をおこし妊娠

維持が不可能となるので、妊娠動物の不可避窒素損失量を知ることはできない。

以上のべた理由で、妊娠時のたん白質利用効率(PER, BV, NPU)を明らかにしようとした実験はほとんど行われてこなかったのである。しかし、我々は妊娠シロネズミにPFDと同時に適量の性ホルモンを投与すると低栄養性流産を防止し、妊娠が維持されることを明らかにした。そこでこの方法により妊娠動物の内因性および代謝性窒素損失量を求めることが可能となり、ある試験たん白質の利用効率(BV, NPU)を評価できるようになった。

本研究においては、妊娠および非妊娠シロネズミにおける分離大豆たん白質および全卵たん白質の利用効率を求め、妊娠時には非妊娠時に比し利用効率が向上するか否か、基準となる全卵たん白質に対する分離大豆たん白質の相対的栄養価はどれほどかを明らかにせんとした。

実験方法

体重約190gのS.D系妊娠シロネズミに妊娠第1日

Table 1. Food intake and change in body weight

		No.	Food intake			Body weight		
			1-15	16-21	Total	Day 1	Day 16	Day 22
10%								
P	Egg	9	243±26	114±18	357±43	189±14	277±25	335±27
	Soy	8	261±33	80±23	341±46	182± 7	243±17	268±28
N P	Egg	7	213±18	94± 9	307±25	190± 2	242±11	262±11
	Soy	7	276±28	106±12	382±36	185± 5	236±14	254±16
6 %								
P	Egg	8	263±23	93±10	356±26	196± 8	266±11	302±12
	Soy	6	169±17	44± 8	213±22	186± 4	195± 8	229±12
N P	Egg	7	235± 7	96±10	331±12	191± 2	235± 5	251± 9
	Soy	8	200±36	104±10	304±40	189± 3	192±13	206±13

Table 2. Reproductive performance

		Wt of conception products	Fetus wt	Placenta wt	Litter size
		g	g	mg	
10%					
	Egg	70	5.09	413	10.7
	Soy	69	4.12	403	12.6
6%					
	Egg	64	4.55	438	10.5
	Soy	60	3.01	351	13.7

より10%または6%全卵たん白質 (Taiyo Foods Co. Ltd, 以下 WEP と略記) あるいは分離大豆たん白質 (フジプロR, 以下 SPI と略記) 食を妊娠全期間自由に投与した。また別の妊娠動物に PFD を与え、流産防止のため estrone 1 μ g, progesterone 4mg を連日注射した。シロネズミの尿、糞便を3日単位で全期間採取し、窒素量測定を行うと共に、摂取N量をも測定してN出納を算出した。

動物は16日および22日に屠殺し、屠体N分析を行い蓄積N量を求めた。また屠殺時の血漿遊離アミノ酸を測定した。非妊娠シロネズミを対照として用いた。

結果と考察

1) 摂食量と体重変化

WEP および SPI を10%あるいは6%含む食餌を与えた際の摂食量、体重変化を Table 1 に示した。たん白レベル10%食の場合、SPI 群、WEP 群の摂食量は約340~360g/21日で差はないが、体重増加量は SPI 群が有意に低かった。たん白レベル6%の場合、SPI 群の摂食量は213g/21日で、WEP 群のそれ(356g)の約60%であった。このように摂食量減少のために SPI 群の体重増加量は非常に少なかった(44g)。

2) 受胎物の発育

Table 2 に妊娠第22日における reproductive performance を示した。受胎物総重量は10%, 6%いずれのレベルにおいても、WEP, SPI 群間に差はなかった。しかし SPI 投与シロネズミでは胎仔数 (litter size) が多く、このために1匹の胎仔重量は WEP 群が SPI 群より大であった。

3) 窒素出納

Table 3 は各群のN出納値(妊娠全期間中)を示したものである。10

%たん白食では WEP, SPI 群とも約5500mgのN摂取を行った。このうち WEP 群では約2500mgを蓄積したのに反し、SPI 群では約1000mgを蓄積したにすぎなかった。また対照の非妊娠動物においても蓄積量は SPI 群が WEP 群より劣っていた。つぎに6%たん白食の場合であるが、SPI 群では摂食量の低下および質が劣るためにN出納値は負を示した。

4) たん白質の利用効率

Fig. 1 は WEP および SPI 投与妊娠および非妊娠動物について摂取N量とN出納の関係を示したものである。0%, 6%および10%たん白レベルでえられたN出納値の回帰直線式を各群について示すと、

$$\text{全卵妊娠: } Y = 0.68X - 53.95$$

$$\text{全卵対照: } Y = 0.60X - 44.77$$

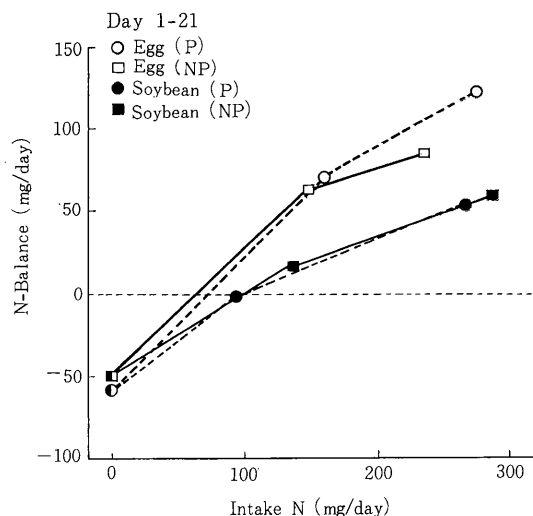


Fig.1 Relation between nitrogen intake and nitrogen balance in pregnant and non-pregnant rats fed egg protein and SPI

Table 3. Nitrogen balance

			Intake	Urinary	Fecal	Balance		
mg/21 days								
10%	P	Egg	5724	2235	927	2562	133 ¹	48 ²
		Soy	5457	3492	877	1089	52	23
	N P	Egg	4906	2230	857	1818	87	39
		Soy	6112	3906	971	1234	59	27
6 %	P	Egg	3415	1193	788	1434	68	28
		Soy	2044	1575	517	— 47	— 2. 3	— 1. 2
	N P	Egg	3179	1058	832	1289	62	28
		Soy	2930	1879	677	374	18	9

1. mg/day

2. mg/day/100g body weight

大豆妊娠: $Y=0.42X-52.80$

大豆対照: $Y=0.37X-44.57$

Y: N 出納値 (mg/日)

X: 摂取N量 (mg/日)

となり、その NBI は妊娠動物が対照より大きく、また WEP 群が SPI 群より高い。Table 4 は各群について BV, NPU, NBI および 体N分析より求めた BV を一括表示したものである。これから明かなように利用効率の表示法により若干の差はあるが、WEP に対する SPI の相対的栄養価は約 65% であること、また WEP, SPI いずれにおいても妊娠動物では対照非妊娠動物より約 10~15% 利用効率が向上することが分った。

5) 血漿遊離アミノ酸

以上のように SPI の利用効率が WEP よりかなり劣ることが示されたが、その 1 つの原因は恐らく SPI と WEP のアミノ酸組成によるものと思われる。SPI では含硫アミノ酸が制限因子となっていることは周知のことであるが、SPI 投与動物の血漿遊離アミノ酸を WEP 投与動物のそれと比べることにより、SPI の制限アミノ酸についてより詳細な知見をうるができるであろう。

Table 5 は妊娠 22 日における血漿遊離アミノ酸濃度を示したものである。6% SPI 群では Thr を除きすべての EAA は WEP 群のほぼ 50~60% であった。しかし 10% たん白レベルでは WEP, SPI 群いずれも EAA 濃度に大きな差はなかった。6% SPI 群の EAA が WEP 群のそれより低値を示したのは、この群

の摂食量が著しく少なかったことが主な原因であろう。

なお、適当にアミノ酸補足を行って摂食量を WEP 群なみに増加さしうるか否かは将来の問題として残っている。いずれにしても現在の条件下では血漿遊離アミノ酸の面から SPI の制限アミノ酸を確かめることはできなかった。

要 約

妊娠シロネズミに 6% および 10% レベルの SPI を

Table 4. Efficiency of utilization

			Pregnant	Non-pregnant	Ratio(P/NP)
B V	10%	Egg	74	66	1.12
		Soy	47 (64%)	42 (64%)	1.12
	6%	Egg	90	88	1.02
		Soy	64 (71%)	56 (64%)	1.14
N P U*	10%	Egg	67	59	1.14
		Soy	43 (64%)	37 (63%)	1.16
	6%	Egg	78	74	1.05
		Soy	58 (74%)	49 (66%)	1.18
N P U**	10%	Egg	67	59	1.14
		Soy	44 (66%)	45 (76%)	0.98
	6%	Egg	90	81	1.11
		Soy	50 (56%)	53 (56%)	0.94
N B I		Egg	0.68	0.60	1.13
		Soy	0.42 (62%)	0.37 (62%)	1.13

* Calculated from nitrogen balance data.

** Calculated by slaughter method.

Table 5. Free amino acids in plasma from pregnant rats fed egg or soy protein isolate

	6 %		10%	
	Egg (5) ¹	Soy (6)	Egg (5)	Soy (8)
Met	53 ± 11 ²	33 ± 8	50 ± 9	50 ± 12
Lys	831 ± 294	535 ± 178	717 ± 201	740 ± 272
Thr	885 ± 205	858 ± 164	902 ± 118	907 ± 184
Phe	84 ± 15	65 ± 16	75 ± 16	68 ± 14
Val	137 ± 39	85 ± 15	155 ± 23	137 ± 34
Ile	72 ± 19	37 ± 5	72 ± 14	68 ± 25
Leu	109 ± 23	57 ± 7	101 ± 25	88 ± 27
EAA ³	2172 ± 504	1669 ± 293	2072 ± 323	2057 ± 427
Asp	37 ± 16	17 ± 5	32 ± 4	17 ± 6
Glu	293 ± 93	146 ± 46	220 ± 28	157 ± 45
Ser	637 ± 174	447 ± 86	436 ± 70	468 ± 157
Gly	202 ± 45	315 ± 43	152 ± 62	252 ± 49
Ala	615 ± 201	363 ± 95	560 ± 122	396 ± 161
Cys	16 ± 5	11 ± 4	17 ± 8	29 ± 19
Tyr	66 ± 8	45 ± 7	68 ± 19	58 ± 14
His	27 ± 6	39 ± 24	24 ± 15	40 ± 19
Arg	128 ± 49	76 ± 17	136 ± 24	108 ± 51
NEAA ⁴	2020 ± 514	1459 ± 248	1645 ± 201	1524 ± 439

1. Figures in parentheses represent number of rats.

2. Means ± SD.

3. Essential amino acids.

4. Nonessential amino acids.

与え、その利用効率 (BV, NPU および NBI) を測定し WEP のそれと比較した。

その結果、

- 1) SPI の利用効率は WEP のその約 65% 程度であった。
- 2) SPI, WEP いずれをとわず妊娠動物における利用効率は非妊娠動物のそれより 10~15% 高値であった。
- 3) 血漿遊離アミノ酸濃度から SPI の制限アミノ酸を明らかにすることはできなかった。

EFFICIENCY OF UTILIZATION OF SOY PROTEIN ISOLATE IN PREGNANT RATS

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 190 g, were fed 10% or 6% soy protein isolate (SPI) diet for 21 days. To calculate the BV, NPU or nitrogen balance index (NBI), nitrogen intake and nitrogen output in urine and feces during the period were determined. Endogenous and metabolic nitrogen were measured on pregnant rats receiving protein-free diet and ovarian steroids. On days 16 and 22 of pregnancy animals were autopsied and body nitrogen and free amino acids in plasma were determined.

Similar experiments were performed on the pregnant rats receiving whole egg protein (WEP) and both results were compared.

BVs of the SPI at the levels of 10% and 6% were 47 and 64 in pregnant rats and 42 and 56 in non-pregnant rats, respectively. These values correspond to approximately 65% to 70% of values for WEP. Utilization efficiencies of both proteins in pregnant animals were 10 to 15% higher than those in non-pregnant animals. Although the respective values were different, NPU and NBI of SPI in pregnant rats were about 30% lower than those of WEP.

Free essential amino acids except threonine in plasma from pregnant rats eating 6% SPI fell markedly, due mainly to reduced food intake in this group. However, plasma amino acid concentrations in rats fed 10% SPI were comparable to those in rats receiving WEP, indicating that qualitative deficit of the SPI did not reflect on the plasma aminogram.

最近の大豆たん白質栄養研究に関する報告 ②

- Effect of dietary proteins on plasma free amino acids and blood ammonia of ECK fistula dogs.
Toya, M. *Iwate Igaku Zasshi* 31 (5) 907-925, '79.
- Effect of isolated soybean protein on magnesium bioavailability.
Lo, G.S./Steinke, F.H./Hopkins, Daniel T. *J. Nutr.* (4) 829-836, '80.
- Alterations in the pancreas of rats fed on different levels of soy flour and casein.
Temler, R.S. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 50 (2) 212-214, '80.
- Protein metabolism, growth and liver composition of young rats fed combinations of wheat, soy concentrate, and peanut protein with added N-acetyl-L-methionine.
Obizoba, I. C. *J. Food Sci.* 45 (3) 539-541, '80