

# 大豆たん白質と分離大豆たん白質の 栄養価の比較

COMPARISON OF NUTRITIVE VALUES BETWEEN SOY  
PROTEIN ISOLATE AND OTHER SOY PROTEINS

高橋徹三・村松成司・柴原百合子（筑波大学体育科学系）

Tetsuzo TAKAHASHI, Shigeji MURAMATSU and Yuriko SHIBAHARA

Institute of Health and Sport Science, The University of Tsukuba

## ABSTRACT

Two animal experiments were conducted to compare the nutritive values among soy protein isolate (Fujipro R), full fat soy powder, full fat soy milk powder (Hiprotan) and casein. Full fat soy powder was prepared by the following way: Soy bean was boiled at 120°C in an autoclave, then ground down and freeze-dried into powder.

True digestibility of Fujipro R, full fat soy powder, Hiprotan and casein was respectively 94.2%, 84.4%, 90.1% and 95.3% in the first experiment and 92.9%, 85.1%, 89.4% and 94.3% in the second experiment. PER of Fujipro R, full fat soy powder, Hiprotan and casein was respectively 3.38, 2.96, 2.27 and 4.09 in the first experiment and 2.62, 2.26, 2.04 and 3.39 in the second experiment. NPR of Fujipro R, full fat soy powder, Hiprotan and casein was respectively 3.87, 3.48, 2.78 and 4.47 in the first experiment and 3.22, 2.92, 2.64 and 3.96 in the second experiment. It was suggested that the difference in PER and NPR between soy protein isolate and full fat soy powder was mainly due to the different digestibility.

Nutritive value of soy protein isolate (Supro 620) was compared with that of full fat soy milk powder (Hiprotan) by the nitrogen balance method using two healthy university students as the subjects.

It was concluded that there was no difference between soy protein isolate and full fat soy milk powder in the nutritive value.

種々の大豆製品の間には、その製造過程におけるアミノ酸組成の変化などにより、そのたん白質の栄養価に相違のあることが考えられる。そこで、分離大豆たん白質、原料大豆、全脂大豆たん白粉の栄養価の比較を行った。

## I 動物実験

SD 系雄ラットを用い、2回にわたり実験した。

## 実験方法

### 〔実験1〕

60匹のラットを分離大豆たん白質 (soy protein isolate: フジプロ R) 群 (以下F群と略す)、大豆粉 (full fat soy powder) 群 (以下S群と略す)、全脂大豆たん白粉 (full fat soy milk powder: Hiprotan) 群 (以下H群と略す)、カゼイン (casein) 群 (以下C群と略す)、無たん白質 (protein-free) 群 (以下P群と略す) の5群に分けた。各群12匹の平均体重は142~146gであった。

**Table 1. Composition of experimental diet (Exp. 1)**

Ingredient	Group				
	P	S	F	H	C
Soybean	—	18.8	—	—	—
SPI	—	—	9.5	—	—
Hiproton	—	—	—	17.8	—
Casein	—	—	—	—	10.0
Cornstarch	84.0	65.2	74.5	66.2	74.0
Corn oil	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Mineral mix.	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Vitamin mix.	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

P: Protein free diet

S: Full fat soy powder

F: Soy protein isolate (Fujipro R)

H: Full fat soy milk powder (Hiproton)

C: Casein

大豆粉はオートクレーブにて120℃で加熱後、磨砕、凍結乾燥し、粉状にして調製した。実験食組成を Table 1 に示した。カゼイン含量を10%とし、無たん白食以外の各群の食餌中N含量がほぼ同じになるようにした。実験食1g当たりNの実測値は、C群12.67mg、F群12.17mg、S群11.47mg、H群13.63mg、P群0.46mgであった。

食餌と水は自由に与えて3週間飼育し、真の消化吸収率、たん白質効率(PER)、正味たん白質効率(NPR)を求めた。

〔実験2〕

実験1と同様の実験を行った。ただし次の点が実験1

**Table 2. Composition of experimental diet (Exp. 2)**

Ingredient	Group				
	P	S	F	H	C
Soybean	—	25.0	—	—	—
SPI	—	—	12.7	—	—
Hiproton	—	—	—	23.7	—
Casein	—	—	—	—	13.3
Cornstarch	84.0	59.0	71.3	60.3	68.7
Corn oil	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Mineral mix.	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Vitamin mix.	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

P: Protein free diet

S: Full fat soy powder

F: Soy protein isolate (Fujipro R)

H: Full fat soy milk powder (Hiproton)

C: Casein

とは異なる。すなわち、各群を10匹としたこと、各群とも平均体重が約80gであったこと、飼育期間を4週間としたこと、実験食のたん白質含量を各群ともN×6.25が10%になるようにした (Table 2) ことである。

**実験結果および考察**

〔実験1〕

体重増加の状況を Fig. 1, Table 5 に示した。最終平均体重は、C群>F群>S群>H群>P群の順に重く、統計的にはS群とH群と間に有意差がなかった以外は、すべて有意であった。

全期間の平均1日当たり摂食量を Table 3 に示した。摂食量はC群>S群>F群>H群>P群の順に多く、統計的にはS群とF群との間に有意差がなかった以外は、すべて有意であった。

真の消化吸収率を Table 4 に示した。各群を比較すると、C群>F群>H群>S群の順で、統計的にはC群とF群と間に有意差がなかった以外は、すべて有意であった。

各週および2~3週、1~3週のPERを Fig. 3 に

**Table 3. Mean food (g/day)**

	Group				
	P	S	F	H	C
Exp. 1	9.06	15.11	15.53	13.48	17.59*
	±0.90	±1.54	±1.66	±1.59	±2.02
Exp. 2	4.75	11.16	11.12	8.88	12.80
	±0.37	±1.09	±0.56	±1.04	±1.05

P: Protein free diet

S: Full fat soy powder

F: Soy protein isolate (Fujipro R)

H: Full fat soy milk powder (Hiproton)

C: Casein

\* Mean ±SD

**Table 4. True digestibility (%)**

	Group			
	S	F	H	C
Exp. 1	86.39	94.15	90.13	95.30*
	±3.42	±1.68	±1.50	±1.10
Exp. 2	85.12	92.91	89.43	94.30
	±2.29	±1.65	±2.06	±1.71

S: Full fat soy powder

F: Soy protein isolate (Fujipro R)

H: Full fat soy milk powder (Hiproton)

C: Casein

\* Mean ±SD

Table 5. Body weight gain and nutritive values. (Exp. 1)

	Group			
	S	F	H	C
BW gain (g/day)	2.00±0.53	2.79±0.70	1.44±0.87	4.46±0.83*
PER	2.96±0.38 (72)	3.38±0.41 (83)	2.27±0.63 (56)	4.09±0.30 (100)**
NPR	3.48±0.32 (78)	3.87±0.40 (87)	2.78±0.59 (62)	4.47±0.28 (100)
PER × $\frac{100}{AD^{***}}$	3.57±0.43 (81)	3.72±0.41 (84)	2.63±0.73 (60)	4.42±0.32 (100)
NPR × $\frac{100}{AD}$	4.22±0.39 (87)	4.26±0.43 (88)	3.22±0.70 (67)	4.83±0.29 (100)

S: Full fat soy powder, F: Soy protein isolate (Fujipro R), H: Full fat soy milk powder (Hiproton), C: Casein

\*: Mean ± SD, \*\*: Relative values taken for casein as 100, \*\*\*: Apparent digestibility

示した。図にみられるように、2～3週の値は2週および3週の値に比較して有意差がなかったが、1週、1～3週の値より有意に高かった。C群を100とした場合の各群の比率は、2～3週ではS群72、F群83、H群56であったのに対し、1～3週ではS群58、F群74、H群38と異なり、2～3週の方がNPRについての比率に近かった。これらのことから、この実験では、PERについ

ては2～3週の間をとることにし、Table 5に示した。各群間の比較では、C群>F群>S群>H群で、統計的にすべて有意であった。

NPRについては、Fig. 4に示したように、各週、2～3週、1～3週で大差がなく、1～3週の間をとることにし、その値をTable 5に示した。各群間の比較で

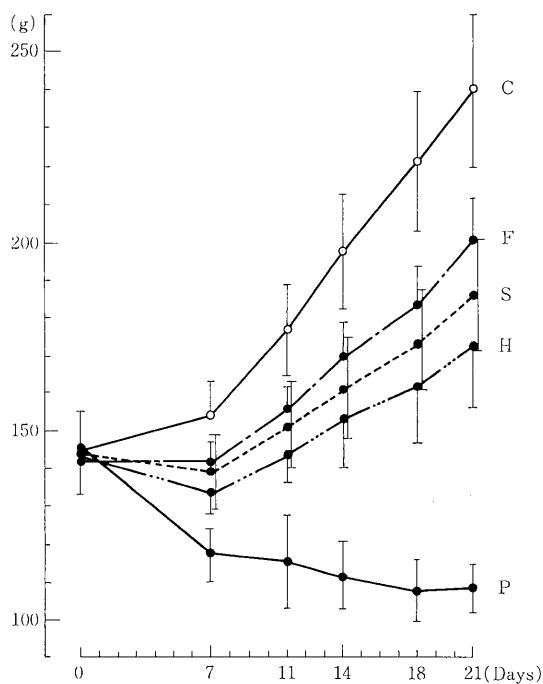


Fig. 1 Changes in body weight (Exp. 1)

P: Protein free diet, S: Full fat soy powder, F: Soy protein isolate (Fujipro R), H: Full fat soy milk powder (Hiproton), C: Casein

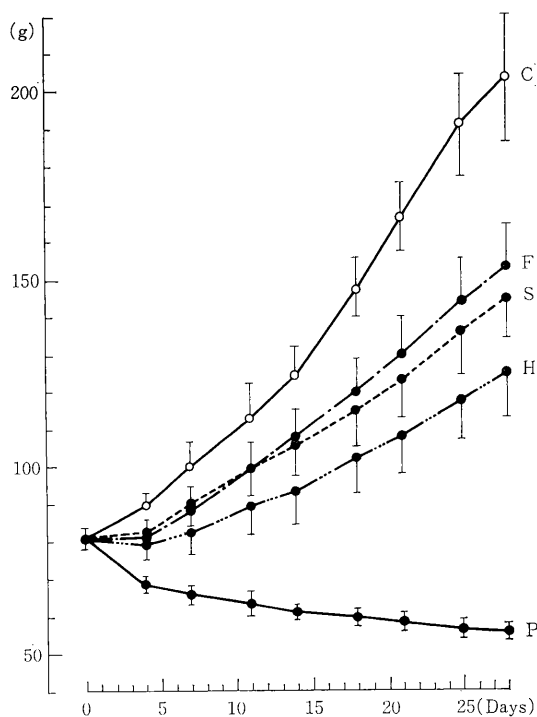


Fig. 2 Changes in body weight (Exp. 2)

P: Protein free diet, S: Full fat soy powder, F: Soy protein isolate (Fujipro R), H: Full fat soy milk powder (Hiproton), C: Casein

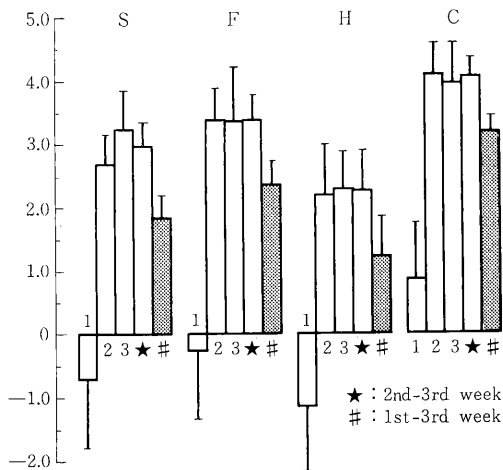


Fig. 3 Protein efficiency ratio (Exp. 1)

S: Full fat soy powder, F: Soy protein isolate (Fujipro R), H: Full fat soy milk powder (Hiproton), C: Casein

は、C群>F群>S群>H群で、統計的にすべて有意であった。

なお、Table 5 にみられるように、消化吸収率を補正すると、PER, NPR ともに、F群とS群の値は近づき、統計的には有意差がなくなる。このことより、F群がS群より栄養価がすぐれている大きな原因は消化吸収率がすぐれていることにあると考えられる。

〔実験2〕

体重増加の状況は Fig. 2 に示したように、実験1の場合とほぼ同様の傾向を示した。最終体重は、C群>F群>S群>H群の順で重く、統計的には、F群とS群の間に有意差がなかった以外は、すべて有意であった。

平均摂食量を Table 3 に、真の消化吸収率を Table 4 に示した。ともに、各群相互の関係は実験1と同じであった。

PER は、1~4週の値と2~4週の値との間に、H群、C群で有意差があり、実験1と同様に第1週間の値を用いず、2~4週の値をとることにし、Table 6 に示した。NPR は実験1の場合と同様に、全期間、すな

Table 6. Body weight gain and nutritive values. (Exp. 2)

	Group			
	S	F	H	C
BW gain (g/day)	2.27±0.37	2.59±0.39	1.56±0.39	4.37±0.57*
PER	2.26±0.27 (67)	2.62±0.36 (77)	2.04±0.22 (60)	3.39±0.24 (100)**
NPR	2.92±0.18 (74)	3.22±0.22 (81)	2.64±0.17 (67)	3.96±0.17 (100)
PER × $\frac{100}{AD^{***}}$	2.69±0.31 (74)	2.86±0.37 (79)	2.33±0.22 (64)	3.64±0.25 (100)
NPR × $\frac{100}{AD}$	3.49±0.22 (82)	3.51±0.20 (83)	3.01±0.14 (71)	4.25±0.16 (100)

S: Full fat soy powder, F: Soy protein isolate (Fujipro R), H: Full fat soy milk powder (Hiproton), C: Casein

\*: Mean ± SD, \*\*: Relative values taken for casein as 100, \*\*\*: Apparent digestibility

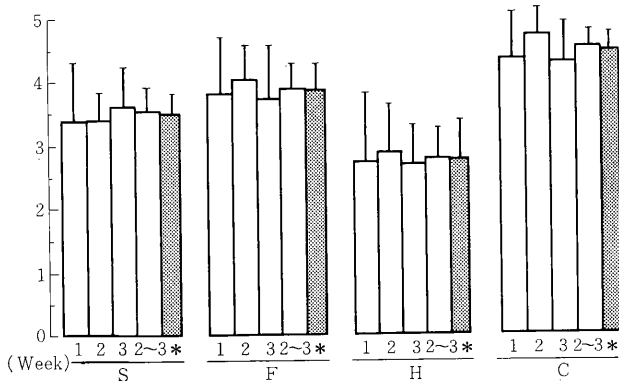


Fig. 4 Net protein ratio (Exp. 1)

\* 1~3 week

S: Full fat soy powder, F: Soy protein isolate (Fujipro R), H: Full fat soy milk powder (Hiproton), C: Casein

Table 7. N intake, urinary N, fecal N, dermal N and N balance (mg/kg/day)

Sub.	Period	N intake	Urinary N	Fecal N	Dermal N	Total N excretion	N balance
A	70	S	70.1	83.27	12.63	100.57	-30.47
		H	69.6	77.10	19.25	101.02	-31.42
	85	S	85.0	84.45	14.63	103.75	-18.75
		H	85.4	85.52	14.80	4.67 104.99	-19.59
	100	S	99.2	107.98	15.50	128.15	-28.95
		H	99.4	96.93	17.91	119.51	-20.11
M	70	S	71.6	74.17	15.10	94.32	-22.73
		H	69.7	68.50	20.72	94.28	-24.58
	85	S	84.9	78.78	17.97	101.81	-16.91
		H	84.7	78.82	20.64	5.06 104.52	-19.82
	100	S	100.1	91.72	19.06	115.84	-15.74
		H	100.1	88.08	21.98	115.12	-15.02

わち1～4週の値をとり、Table 6に示した。各群間の比較では、PER, NPRともに、すべて有意差をもって、C群>F群>S群>H群であった。

### 結 論

以上の2つの実験結果を平均してみると、カゼインを100とした場合、PERは、分離大豆たん白質80、大豆粉70、全脂大豆たん白粉58であり、NPRは、分離大豆たん白質84、大豆粉76、全脂大豆たん白粉65であった。

分離大豆たん白質と大豆粉との間のPER, NPRの違いは、主として消化吸収率の違いによることが示唆された。

### II 人体実験

健康な男子大学生を被験者として、窒素出納法により、分離大豆たん白質(Supro 620)と全脂大豆たん白粉(Hiproton)の栄養価の比較を行った。

### 実 験 方 法

2名の被験者(A, M)に、1日無たん白食を与えて後、8日間無たん白食にSupro 620を加えて、つづく6日間は無たん白食にハイプロトンを加えて与えた。無たん白食はコーンスターチ、ショ糖、マーガリン、コーンオイルを材料とし、無機質混合、ビタミン混合を別に加えた。N摂取レベルは3段階とし、1日体重1kg当たり100mg, 85mg, 70mgの順で実験した。エネルギー供給レベルは100mg期の場合は約44kcal/kg/日としたが、体重減少がみられたので、85mg, 70mgの両期は約45kcalとした。

連日、24時間尿中のNおよびクレアチニンを測定した。各期の終りの3日間の糞中N排泄量、85mg・H期の4日目～5日目の2日間経皮N損失量をも測定した。

### 実験結果および結論

N摂取量、尿中N排泄量、糞中N排泄量、経皮N損失

Table 8. Apparent digestibility (%)

Protein source	Subject	Period (N intake level)			Mean
		70mg	85mg	100mg	
S	A	82.0	82.8	84.4	83.1
	M	78.9	78.8	81.0	79.6
	Mean	80.5	80.8	82.7	81.3±2.21*
H	A	72.3	82.7	82.0	79.0
	M	70.3	75.6	78.0	74.6
	Mean	71.3	79.2	80.0	76.8±5.04

S: Soy protein isolate (Supro 620)

H: Full fat soy milk powder (Hiproton)

\* Mean ± SD

**Table 9. Changes in body weight (kg)**

Day	Period					
	100		85		70	
	Sub. A	Sub. M	Sub. A	Sub. M	Sub. A	Sub. M
PFD	64.5	62.0	64.0	60.5	64.0	60.0
S-1	64.5	61.5	64.0	60.0	64.0	60.0
2	64.0	61.0	63.0	60.0	64.0	60.0
3	63.0	61.0	62.5	60.0	64.0	59.0
4	62.5	60.5	63.0	60.0	63.0	59.0
5	62.0	60.0	63.0	60.0	63.0	59.0
6	62.5	60.0	63.0	60.0	63.0	59.0
7	62.5	60.0	63.0	60.0	63.0	59.0
8	62.5	60.0	63.0	59.5	64.0	59.0
H-1	63.0	60.0	63.0	60.0	64.0	59.0
2	62.5	60.0	63.0	59.0	64.0	59.0
3	62.0	60.0	63.0	59.5	64.0	58.5
4	62.0	60.0	63.0	60.0	64.0	58.5
5	62.0	60.0	63.0	60.0	64.0	58.5
6	62.0	60.0	63.0	60.0	64.0	58.5

S: Soy protein isolate (Supro 620)

H: Full fat soy milk powder (Hiproton)

量および窒素出納値を1日体重 1kg 当たりの mg 数で Table 7 に示した。尿中 N 排泄量は、期の代表値として、各期の終りの4日間の平均値を用いた。糞中N排泄量は、Supro 620 よりハイプロトンの方が多く、みかけの消化吸収率を求めたところ、有意差はないが、分離大豆たん白質の方が消化吸収率がよい傾向がみられた (Table 8)。

体重は減少傾向を示し (Table 9)、とくに 100mg 期において著しく、このことが窒素出納値に影響したこと

が考えられる。窒素出納値をみると、100mg 期において被験者 A は 85mg, 70mg の両期よりマイナスの程度が高く、エネルギー不足あるいはストレスなどによる体たん白質分解の昂進の可能性が考えられる。

各N摂取レベルにおいて、両被験者とも、Supro 620 とハイプロトンとで窒素出納値に大差なく、分離大豆たん白質と全脂大豆たん白粉の間には栄養価に大差がないと結論される。