大豆加工食品の蛋白質の栄養価

Nutritional Value of Protein in Japanese Soybean Products

国立栄養研究所栄養生化学部

(Division of Biochemistry of Nutrition, The National Institute of Nutrition)

小 畠 義 樹 (Yoshiki Kobatake) 松 野 信 郎 (Nobuo Matsuno)

田 村 盈 之 輔 (Einosuke Tamura)

The nutritional qualities of several Japanese soybean products were tested by the rat experiment. The results are as follows:

1. Biological values of protein in Miso-like products such as "Non-salt Miso" and "Low-salt Miso" (NaCl, 6%) were determined. These values of casein, "Non-salt Miso" and "Low-salt Miso" were 80.1, 73.2 and 70.7, respectively. Therefore, it may be assured that high quality proteins were contained to Miso-like products. On the other hand, when "Low-salt Miso" was dried, even by freeze-drying, biological value fell to 60.5.

2. "Tofu" (soybean curd) and "Kori-Tofu" (dried soybean curd) seemed to have high nutritional quality, for each biological values were 68.5 and 69.1. Higher protein quality was observed on "Okara" (soybean curd refuse), byproduct of "Tofu", and then its biological value was 84.9, though absorption rate was 78.4%.

はしがき

大豆を原料とした食品は古来日本人の蛋白質給源として重要な位置を占めている。なかでも、¹⁾"みそ"と"とうふ"の日本全国年間供給量を見れば、それぞれ、約85万t、64万tとなっていて、大豆の消費の大きな部分をなしている。

しかし、"みそ"は日本人の食生活の変化や向上にともなって消費が次第に減少する傾向を見せており、"とうふ"も水分が80%以上、蛋白質は10%以下のため、運搬、保存、調理が限られ、消費はのびなやみになっている。

"みそ"、"とうふ"はともに蛋白食品として優れていると云われるが、さらに利用を高める必要があると思われる。このために、"みそ"については、低塩化、または無塩化、"とうふ"についても、乾燥化と製造時の副産物の利用が考慮されるべきである。われわれは"低塩みそ"、"無塩みそ"、"とうふ"、"凍とうふ"、"おから"などについて、その蛋白質の栄養価がどのように相違するか比較検討した。

実験方法

動物実験には、Wister系、雄、体重90~100gの白鼠を用いた。各群10匹とし、1匹ずつ金網カゴに入れ、水は自由に摂取させた。試料の栄養価の試験は生物価の測定を中心に行ない、これはH. H. Mitchellの方法²⁾に準じて行なった。

各試料の全窒素と水分、白鼠の飼料組成はTable 1, 2に示した。飼料の蛋白質レベルは乾燥物で10%と

Table 1. Composition of diets of biological value test on "Low-salt Miso" and "Non-salt Miso"

Group	"Non-salt Miso"	"Low-salt Miso"	Dried "Low-salt Miso"	Casein plus 3.6% NaCl	Casein
Protein source	739	610	301	112	112
protein	100	100	100	100	100
moisture	339	334	25	8	8
others	300	176	176	4	4
Dextrin	200	262	262	337	350
Sucrose	300	362	362	423	446
Soybean oil	50	50	50	50	50
Salt mixture	40	40	40	40	40
Vitamin mixture	10	10	10	10	10
NaCl	—	—	—	36	—
Dry matter	1000	1000	1000	1000	1000
Moisture	339	334	25	8	8
Composition of protein source					
	Total-N %		Moisture %		
"Non-salt Miso"	2.37		46.46		
"Low-salt Miso"	2.85		54.54		
Dried "Low-salt Miso"	5.82		8.05		

Table 2. Composition of diets of biological value test on "Tofu", "Kori-Tofu" and "Okara"

Group	"Tofu"	"Okara"	"Kori-Tofu"	Casein
Protein source	1100	1790	192	112
protein	100	100	100	100
moisture	915	1410	16	8
others	85	280	76	4
α -Corn starch	422	335	427	450
Sucrose	322	235	327	326
Soybean oil	—	—	—	50
Salt mixture	40	40	40	40
Vitamin mixture	10	10	10	10
Cellulose flour	20	—	20	20
Dry matter	1000	1000	1000	1000
Moisture	915	1410	16	8
Composition of protein source				
	Total-N %		Moisture %	Fat %
"Tofu"	1.59		83.1	5.07
"Okara"	0.98		78.9	3.82
"Kori-Tofu"	9.13		8.3	27.40

なるように配合した。実験期間中は -10°C 以下のフリーザー中に保存した。

"低塩みそ" は普通の "みそ" にタカジアスターゼ分解の蒸煮大豆を等量加えて製したもので、食塩含量はその結果普通の "みそ" の半量しか含んでいない。また、"乾燥低塩みそ" はこの "低塩みそ" を凍結乾燥して作った。これらはいずれも農林省食糧研究所で作られた。"無塩みそ" は普通の "みそ" の場合の食塩添加の代わりに、エチルアルコールを添加し、調熟を行なわせたものであって、日本醸造株式会社において製造された。

"とうふ", "凍とうふ", "おから" はいずれも、同一原料大豆 (品名: サイクロ) によって、一連の製造工程から得られたものである。これは農林省食糧研究所とみずろ豆腐株式会社によって製造された。

"とうふ" などのアミノ酸定量は微生物法で行なった。

実験成績と考察

"みそ" の蛋白質の生物価は Table 3 に示した。飼料摂取量は "乾燥低塩みそ" が最も低くなっているが、乾燥方法は凍結乾燥であるから、乾燥によって起こる "みそ" の変化は非常に少ないはずである。しかし、多少酸化物の産生の可能性があったかもしれない。また、乾燥しない "みそ" は「ダンゴ状」として投与したが、乾燥みそは粉末状で投与した。摂取量はこれによって影響を受けているかもしれない。"乾燥みそ" は結局、吸収N、保留Nともに低く、生物価も乾燥しないものより低下していた。

Table 3. Biological value of "Low-salt Miso" and "Non-salt Miso"

Group	Nitrogen intake (mg/day)	Absorbed nitrogen (mg/day)	Retained nitrogen (mg/day)	Absorption rate (%)	Biological value	A. R. × B. V.
Casein	228.2	213.1	170.6	93.4±0.77*	80.1±1.68*	74.8
"Non-salt Miso"	229.7	173.8	127.2	75.7±1.20	73.2±0.95	55.4
"Low-salt Miso"	212.3	178.5	126.2	84.8±1.40	70.7±1.12	60.0
Dried "Low-salt Miso"	190.1	149.3	90.4	78.6±1.35	60.5±1.29	47.6
Casein Plus 3.6% salt(NaCl)	215.2	201.7	154.0	93.7±0.56	76.4±1.62	71.6

* Standard error of the mean

カゼイン飼料を "低塩みそ" 飼料に相当する食塩含量と似た状態にするために、3.6% 食塩を添加すると、元のカゼイン飼料に比較して、摂取量の減少、生物価の低下が見られるが、消化吸収率は変化していなかった。山田も食塩含量の高い飼料では白鼠の成長は低下することを見ているが、この実験では、摂取量の低下だけでなく、保留Nの低下も起っているのを見た。"無塩みそ" は "低塩みそ" に比べ、摂取量は比較的多いが、消化吸収率は多少低い傾向があった。調熟中に受ける変化になんらか相違があるのかもしれない。生物価はわずかに "無塩みそ" が高いが、これは、"低塩みそ" が6%程度食塩を含むことに原因しているのではないかとと思われる。

生物価と消化吸収率の積は正蛋白質利用価を意味するが、"低塩みそ", "無塩みそ", "乾燥みそ" の順に含有されている利用可能の蛋白質が減少していることを示していた。対照のカゼインと比較すると、生物価、正蛋白質利用価も低いことを認めた。

"とうふ" についての実験の結果は Table 4 に示した。"とうふ", "おから" は水分が多量の為に飼料中

Table 4. Biological value of "Tofu", "Kori-Tofu" and "Okara"

Group	Nitrogen intake (mg/day)	Absorbed nitrogen (mg/day)	Retained nitrogen (mg/day)	Absorption rate (%)	Biological value	A. R. $\times$ B. V.
"Tofu"	174.6	155.0	106.2	89.1 $\pm$ 0.44*	68.5 $\pm$ 1.52*	61.0
"Kori-Tofu"	148.7	139.6	96.5	93.8 $\pm$ 0.24	69.1 $\pm$ 1.55	64.8
"Okara"	135.1	106.3	90.4	78.7 $\pm$ 0.56	84.9 $\pm$ 1.58	66.8

* Standard error of the mean

Table 5. Amino acid content of soybean products

	"Tofu"	"Kori-Tofu"	"Okara"
Total nitrogen (from dry matter)	12.37%	13.00%	5.45%
Isoleucine	334mg/Ng	346mg/Ng	310mg/Ng
Leucine	492	538	427
Lysine	408	406	432
Methionine	77	84	64
Phenylalanine	360	366	281
Threonine	233	233	226
Valine	342	339	318
Tryptophan	83	78	83

の水分含量が 50% 前後となっているので、飼料中の N 摂取量が相対的に減少するおそれがあったが、⁵⁾ "凍とうふ" 飼料に比較して減少の傾向は見られなかった。"おから" 飼料の摂取量が相対的に低いことは水分の関係でなく、他の原因であると思われる。⁶⁾

消化吸収率については、"おから" は "とうふ" に比べ低くなっているが、水に不溶性の区分に消化吸収率を阻害する因子、例えば、繊維の存在⁶⁾、またはその区分の蛋白質が消化され難いためかどうか明らかでない。しかし、"おから" 以外の飼料には繊維(粉末汙紙)が添加してあるので、一応繊維の影響とは考えられない。

生物価としては、"おから" は非常に高い値を示し、"とうふ" より栄養価の高い蛋白質の存在を推定させるが、Table 5 に示すように、N 当りの必須アミノ酸組成は "とうふ"、"凍とうふ"、"おから" を通じて大きな差異は見られなかった。むしろ、"おから" のメチオニン⁶⁾は "とうふ" より低い含量となっており、リジンを除く他のアミノ酸も "とうふ" より "おから" の方が低い値となっていた。従って、このアミノ酸組成から "おから" の生物価の高いことは説明が困難であって、他の因子、例えば、蛋白質中の特定のアミノ酸の利用率の差、その他、成長因子の存在などの可能性も考えられる。"とうふ"、"おから" などのアミノ酸定量値は⁷⁾平等の定量値と比較しても似たような傾向を示していた。

要約

味噌の類似製品と "とうふ" および "おから"、"凍とうふ" の蛋白質の栄養価を白鼠による動物実験で検討し、次のような結果を得た。

1. "無塩みそ" と "低塩みそ" (NaCl 6%) では蛋白質の生物価には差が認められないが、"低塩みそ" を凍結乾燥すると生物価は相当低下するようである。

2. "とうふ" と "凍とうふ" の生物価はほぼ等しいことが認められ、"おから" の蛋白質の生物価は "とう

ふ" に比べ相当高い値を示すが、消化吸収率においては、"おから" の方がかなり低い。

また、"とうふ"、"おから"、"凍とうふ" の必須アミノ酸を定量したが、N当たりの含量において大きな差異を認めなかった。

本研究を行なうにあたり、御指導いただいた国立栄養研究所所長・有本邦太郎博士、ならびに、低塩みそを作っていた農林省食糧研究所 中野政弘部長、海老根英雄室長、無塩みそを作っていた日本醸造 K K 工場長・新美安氏、旭化成工業 K K ・岩下晴七氏、とうふ、凍とうふの製造全般について、お世話いただいた農林省食糧研究所 渡辺篤二部長、その部員の方々、みすゞ豆腐 K K 社長・塚田豊明氏の諸氏に心から厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 桜井, 外: 食品工業, 16, 65 (1963)
- 2) H. H. Mitchell: Protein Amino Acid in Nutrition, p. 54 (1948) Reinhold, U. S. A.
- 3) 岩下, 荒木: 味噌技術, 86号, 1 頁 (昭和36年)
- 4) 山田: 栄養学雑誌, 18, 19 (1960)
- 5) K. W. Keane, C. J. Smutko, C. H. Krieger and A. E. Denton: *J. Nutrition*, 77, 18 (1962)
- 6) L. R. Hackler, D. B. Hand, K. H. Steinkrans and J. P. Van Buren: *J. Nutrition*, 80, 205 (1963)
- 7) 平, 外: 栄養と食糧, 11, 351 (1959)

(受付: 昭和39年8月31日)

抄 録

グルテンに対するリジン及びカゼイン補足の比較
Supplementation of wheat gluten protein. W. L. Banks, J. B. Allison, R. W. Wannemacher, *J. Nutrition*, 82, 61 (1964)

グルテンに L-リジンまたはカゼインを補足したもの、しないもの、その他にカゼイン、卵アルブミンなどの各々の飼料で白鼠の N 保留指数を調べ、28 日実験期間の終りに肝、筋肉、脳、の RNA, DNA を定量した。N 保留指数は卵アルブミン、カゼイン、グルテン、グルテン+カゼイン (またはリジン) の各々が 27.0, 20.2, 8.6, 16.7 であった。肝中の蛋白質

/DNA, RNA/DNA の比は蛋白質摂取増加にしたがって上昇したが、卵アルブミンが最高でグルテンが最低であった。グルテンにカゼイン補足は上昇したが、リジン補足は効果なかった。脳では影響見られず、筋肉では肝と異なっていた。体重 50g を得るに要する各摂取蛋白源のそれぞれのアミノ酸パターンを比較したところ蛋白源により著しく異なるため、アミノ酸組成が異なった場合、同体重を得たとしても生化学的作用には相当の差異があると思われる。(小畠)