

ダイズ蛋白消化性の相互比較及びその消化生成物の クロマト像と動物蛋白のそれとの比較による ダイズ蛋白栄養価についての一考察^{a)}

高木 茂明・白石 正英

(生物化学研究室)

Received June 23, 1979

A Consideration on the Nutrition Values of Soy Proteins by Comparison of the Digestibilities with Those of Animal Food Proteins

Shigeaki TAKAGI and Masahide SHIROISHI

(Laboratory of Biological Chemistry)

From the results of chromatographic fractionation patterns of the in vitro digests of the textured soy protein (TVP) with pepsin and pancreatic enzymes, and of amino acid analyses of those fractions, considerable amounts of Met, Cys, Thr, Tyr and Val in soy protein were found to remain as amino acid residues in peptides.

The remaining of these constitutional amino acids in peptides at the digestion might be considered to be the limiting factor of the valuable utilization of the protein.

The same results as TVP were also obtained from "globular" CIF protein and bean curd. Thus the lower digestibility of soy protein might depend on its primarily structure, and the presence of some peptide linkages in soy protein were deduced, which were difficult to be hydrolyzed.

Furthermore, comparing the digestibility of the soy protein with chicken and egg white, the former digestibility which was assumed to have no relation with its conformation was appreciably lower than that of the latter. Thus it was regarded that this lower digestibility of soy protein was its essential feature.

In cation exchange chromatography of the digests obtained by action of pepsin followed by pancreatic enzymes, the chromatographic pattern of soy protein was simpler than those of chicken and egg white. But since the position of each peak was reproducible in either substrate and the amino acid composition of peaks with the same positions were similar to each other, it was considered that the comparison of the chromatographic patterns of the different food proteins was useful to assess the digestibilities, in which the protein with the more complex chromatogram might be much available for man than that with the less.

結 言

ダイズ蛋白がその心須アミノ酸パターンから予想される以上に低栄養価を示す原因として消化阻害因子の存在²⁾, 強固な疎水性三次構造の存在³⁾などが挙げられている。

前報¹²⁾において繊維状ダイズ蛋白をペプシン続いて膵臓酵素によって消化させたときの生成物について陽イオン交換クロマトグラフィーによる分別と分析同定を行った結果, Met, Cys, Thr, Tyr, Val, Ile はそのかなりの量がペプチドとして留ることから, このことがダ

イズ蛋白構成アミノ酸の体内における有効利用の隘路となり低栄養価の1因になると推論した。

この結果が繊維状蛋白に特徴的なものであるのか、あるいは球状蛋白でも同一の結果を示すかどうかを調べるためにダイズ CIF について繊維状ダイズ蛋白の場合と同じ実験を行い、さらに比較のために動物蛋白（鶏肉及び卵白）も供試した。

その結果、繊維状ダイズ蛋白と球状蛋白との間には消化性に差がなく、また in Vitro における消化性の尺度となる TCA 可溶物の量は動物蛋白とダイズ蛋白とで差がないにもかかわらず、ダイズ蛋白の場合にペプチドとして留る量が多い。さらにダイズ蛋白と動物蛋白の消化生成物のクロマト像もかなり異なることが明らかになったので報告する。

材 料 と 方 法

1, 蛋白質：繊維状ダイズ蛋白は日本興油 KK 製のものを約 1 cm に切断後供試した。ダイズ球状蛋白は低温脱脂ミール（プロトフラワー K, 日本興油 KK）の水抽出物から常法⁸⁾に従って調製された CIF 画分と市販の豆腐とを用いた。鶏肉は市販品をそのまま、卵白は全部を生で供試した。

2, 基質の調製：前報に準じて行った。粗蛋白含量をあらかじめ求めた各蛋白の所定量を秤取し、0.2 N KCl-HCl 緩衝液, pH 1.8 と共に磨砕した後、蛋白濃度が2%になるように希釈する。

3, 人工消化試験と消化生成物調製：基質蛋白溶液 210ml に2% ペプシン溶液, pH 1.8 42 ml を加えて 35°C にて 18 hr incubation 後、2 N 水酸化ナトリウムを加えて反応混合物の pH を 7.7 とし、続いて 70 ml の 0.1 M 磷酸緩衝液, pH 7.7 と 70 ml の 1.12% 豚脾臓粉末溶液（一部懸濁状態；Z-パンク, 日本臓器 KK 製）を加えて引き続き 35°C で 24 hr incubation を行う。

ペプシン及び Z-パンクの反応混合物中における濃度は 0.2% である。

反応終了後、25 ml の 50% トリクロル酢酸 (TCA) を加えて TCA 濃度を 3% とし、遠沈後上澄 (TCA-sup) を H 型の Dowex 50- $\times$ 2 を通して脱塩し、2 N NH₃ 水で溶出後濃縮して 0.1 M クエン酸緩衝液, pH 2.5 にて 50 ml にしたものをクロマトグラフィーに供試した。

4, ペプチド及びアミノ酸の定量：ニンヒドリン呈色法¹³⁾によってペプチド、アミノ酸の定量を行った。またペプチドは Foin 試薬を用いる Lowry 法⁹⁾によっても定量した。

個々のアミノ酸定量はアミノ酸自動分析機（日立 KLA 3 型）を用いて行った。

結 果 と 考 察

1, ダイズ蛋白調製品及び鶏肉の消化性

形態あるいは存在状態の異なる4種のダイズ蛋白、(繊維状蛋白, CIF 溶液, 豆腐, 凍豆腐) と鶏肉の消化性について比較した (Fig. 1) その結果未処理 CIF は消化速度がもっとも小さく、これを加熱処理 (100°C, 15 min) した加熱 CIF は豆腐とほぼ同じ消化性を示している。したがって生の CIF を除く他のダイズ蛋白はほぼ同じ消化速度でプロテアーゼの作用を受けており、このことは 100°C 附近の加熱を受けておればダイズ蛋白の消化速度は形態あるいは存在状態に関係なく同じであることを示すものである。

未処理 CIF の消化性の低さは *Trypsin inhibitor* の存在が大きな原因の1つと考えられる (Fig. 2)。CIF 以外のダイズ蛋白はその加工工程で 100°C 前後の加熱処理を受けており、

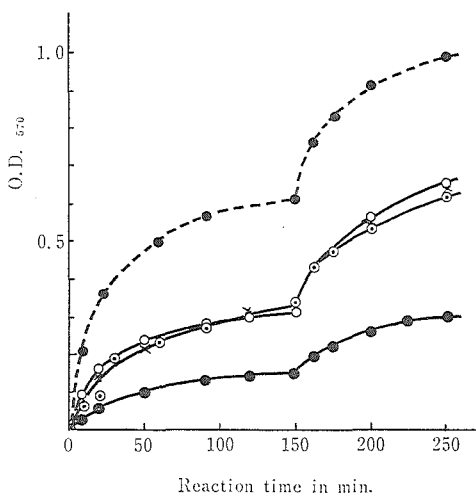


Fig. 1 Time course of digestion of different soy protein with pepsin followed by pancreatic enzymes (Z-pank).

Substrate, 75 ml of 2 % each protein suspension in 0.1 M phosphate buffer, pH 7.7. Substrate was incubated with 15 ml of 0.1 % pepsin for 150 min., and after pH adjustment to 7.7, 10 ml of 0.1 % pancreatic enzymes (Z-pank) was added.

Each 3 ml of reaction mixture was taken out after every prescribed time interval and put into 5 ml of 5 % trichloroacetic acid. ●—● Raw defatted soy meal; ○—○ Defatted soy meal heated at 100°C for 15 min; ◎—◎ Textured soy protein; ×—× Soy bean curd; ●—● Chicken.

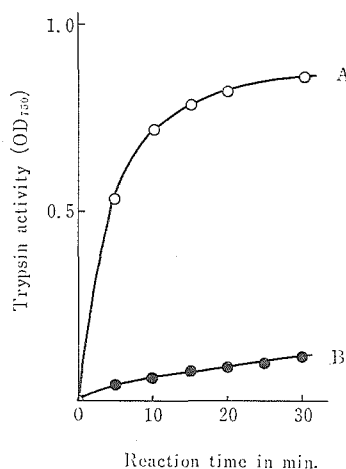


Fig. 2 Inactivation of trypsin activity with protease inhibitor in soy CIF

A; CIF heated at 100°C for 2 hrs. B; CIF (raw). Substrate; 1 ml of 1 % casein in 0.1 M phosphate buffer, pH 7.6. Enzyme concentration; 1 ml of 0.002 % trypsin. Inhibitor; 0.5 ml of 0.5 % soy defatted meal in 0.1 M phosphate buffer, pH 7.6. Enzyme solution was preincubated with soy meal suspension followed by incubation with substrate.

この加熱によって *trypsin inhibitor* が失活したとするのであるが、その他の消化性改善の要因としては、加熱によってダイズ蛋白が消化されやすい構造に変化したことも考えられる^{6,10)}。このことは *trypsin inhibitor* を含まない *Red bean* 変異種の蛋白消化率が71%と低い⁵⁾という事実によって支持される。しかし一方では、ダイズ蛋白の過熱処理が消化性を低下させる^{7,11)}という報告もあり、生ダイズ蛋白が構造的に消化されにくいものであるかどうかについては明らかでない。

比較対照に用いた鶏肉蛋白はダイズ蛋白の2倍以上の消化速度を示している。ダイズ蛋白は繊維状、溶液状及びゲル状のものはいずれも消化速度がほぼ等しいのであるから、その消化性が動物蛋白とくらべて劣っている原因はその構造にあると推定できる。in Vivo のダイズ蛋白消化実験の報告はみないが、Gupta らは Zein について胃、小腸への滞留時間が牛肉、カゼインとくらべてはるかに長く、又アミノ酸混合物と動物蛋白との滞留時間がほとんど同じであることなど報告されている⁴⁾。そうしてその原因として Zein の疎水性構造から来る水への溶解度の低さと消化酵素との接触困難を挙げている。

Fukushima ら³⁾はダイズ蛋白の三次構造におけるペプチド鎖の緻密性と疎水性領域の存在を低消化性の理由として挙げており、これは Zein の場合と似た結論である。しかし Fig. 1 で見られるように紡糸された蛋白分子と溶液状及びゲル状蛋白分子の消化性が同じであると

いう事実は三次構造だけからでは説明がつかず、二次あるいは一次構造以上の問題も考慮する必要があると思われる。

2, C I Fの人工消化試験におけるT C A可溶性窒素量の変動

加熱処理されたダイズ蛋白はいずれも同じ消化速度を持っているが、反応初期においては鶏肉蛋白のその約半分である。このようにニンヒドリン呈色による消化度は低いが、通常消化度の尺度としている3% TCA 可溶性窒素量を示すと Table 1 のようになる。これは人工消

Table 1 The time course of digestibility of soy globular protein (CIF) by pepsin for 18 hrs. followed by pancreatic enzymes

Fraction	Digestion times with pancreatic enzymes			
	1	5	10	24 hr.
TCA-Sup	48.9	67.1	71.8	90.4 %
TCA-Ppt	51.1	32.9	28.2	9.6

化試験においてZ-パンク添加後経時的に25 mlの反応混合物を取り出して50% TCA 1.6 mlに加え、遠沈後得られたTCA-supをI N水酸化ナトリウムにてpH 4に中和して定容後、その一定量をとって全窒素を定量した。またTCA-pptはI N水酸化ナトリウムに溶かして10 mlとし、この内から一定量をとって窒素定量を行った。

ペプシン18 hr消化の時点ではTCA可溶性窒素量は、50%以下であるが、膵臓酵素を24 hr作用させるとCIFの90%が可溶性となっている。このとき鶏肉は93%であった。したがって以後の消化生成物の比較は膵臓酵素24 hr消化の時点のTCA-supについて行っている。

3, C I F 消化生成物のDowex 50×-2による液体クロマトグラフィー

CIFにペプシン18 hr、続いて膵臓酵素を24 hr作用させたときのTCA-supを脱塩濃縮したものについて陽イオン交換クロマトグラフィーを行った。クロマト条件は既報¹²⁾に準じている。Dowex 50×-2, 200~400 mesh, Na型カラム(1.8×125 cm)をあらかじめ0.2 Nクエン酸緩衝液, pH 3.1にて平衡に達せしめた後、5 mlのTCA-sup (Nとして約20 mg)をのせ、initial bufferとして0.2 Nクエン酸緩衝液, pH 3.1を混合槽に0.8 l、補給槽にI Nクエン酸緩衝液, pH 5.1 1 lを入れ、流速は35 ml/hr、1画分10 gとして補集した。各画分の0.5 mlについてニンヒドリン呈色。クロマトグラムをFig. 3に示す。このパターンは繊維状蛋白のそれと良く似ており、この点からも形態の異なる両ダイズ蛋白の消化の類似性が推定できる。

次に各画分を脱塩濃縮後10倍容の6 N塩酸で110°C, 18 hr加水分解したものについてアミノ酸分析を行うとTable 2のようになる。

供試CIFに対するTCA-supの収率をアミノ酸分析値から算出すると88%となり^{b)}、クロマトグラフィーにおけるアミノ酸の全回収率は64.1%となっている。但しこの場合は加水分解による損失は考慮しなかった。繊維状蛋白の場合回収率は68%¹²⁾であるから、これとはほぼ同じと考えてよい。クロマトグラフィー回収率はクロマトグラムで明瞭なピークを与えた各画分を塩酸加水分解後一定量をアミノ酸分析に供試し、得られたアミノ酸量の供試TCA-supのアミノ酸量に対する百分率で表わされている。したがってCIF構成アミノ酸のうち明瞭なピークを与えないもの、基線内に埋没しているもの及びカラムから溶出されないもの

b) TCA-sup から 0.5 ml をとって 6 N ml 5 HCl を加え水解した試料の分析値をもとにして算出。

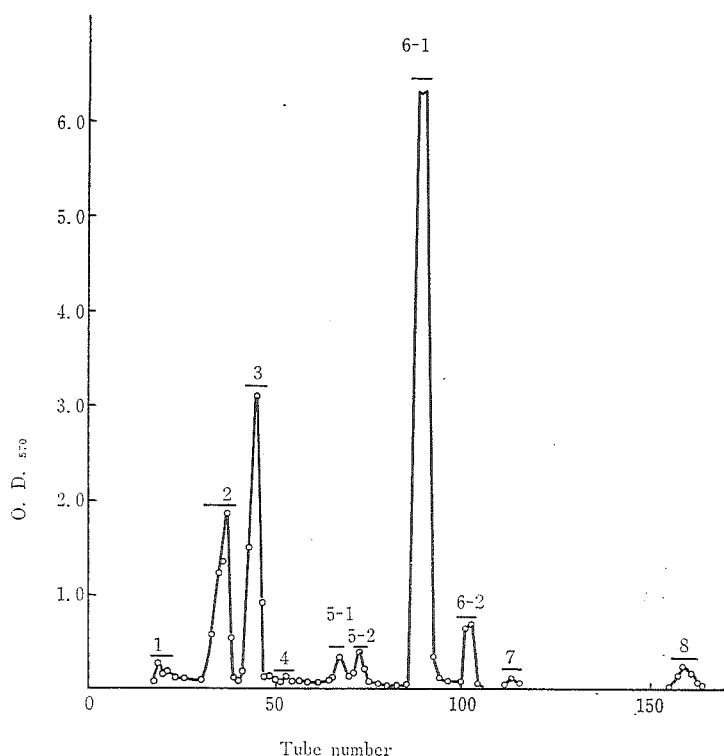


Fig. 3 Chromatography of digestion product of soy CIF protein with pepsin followed by pancreatic enzymes. TCA-supernatant was subjected. Column, 1.8×120 cm of Dowex 50 W×2, 200–400 mesh Na form equilibrated by 0.2 N citrate buffer, pH 3.1. Elution solvent, 1 l of 0.2 N citrate buffer, pH 3.1 in mixer and 1 l of 1 N citrate-acetate buffer, pH 5.1 in reservoir. Eluting speed, 35 ml per hr.; 1 fraction, 10 g.

は未回収である。これら未回収アミノ酸の多くはペプチドとして残基の形になっているためニンヒドリン呈色度が小さく、さらにその不均一性のために明瞭なピークを与えなかったのではないかと考えられる。

個々のアミノ酸のクロマト回収率をみると Thr, Ser, Val, Leu, 及び Phe は100% であり、ほとんどが遊離アミノ酸かあるいは低分子ペプチドとなっていると考えられる。Ala, Lys, Ile 及び Gly も回収率は比較的高い。いっぽう Cys, Glu, Tyr, His, 及び Met 等は低回収率である。さらに、このことを TCA-Sup の収率及びクロマト回収率と関連させて考えると、Thr, Ser のように TCA-Sup 中の収率は低いがクロマト回収率の高いものは TCA 可溶の形にまで水解されたものが少く、多くは TCA-ppt に移行していて、TCA 可溶成分は遊離か又は低分子ペプチドであろう。いっぽう、TCA-sup 中への収率は高いがクロマト回収率の低いものは TCA 可溶性となる程度まで水解を受けてはいるが、その残基を含むペプチドの分子量は大きく、呈色度が低いためにこのような結果になったものと思われる。

これら個々のアミノ酸についての傾向もまたダイズ繊維蛋白のそれと良く似ている。つぎに各画分の塩酸加水分解物のニンヒドリン呈色度の水解前のそれに対する比を求めた (Table 3)。画分1, 6を除き、他の画分はすべて水解前後の比が1より大きく、ペプチドを含むことが認められる。しかしながら、これら画分はニンヒドリン呈色度の顕著なピークについてのみ得られており、基線とみられる部分は未検討である。この比が整数となっていないのはア

Table 2 Amino acid composition* of each chromatographic fraction of soy CIF digestion product and its amino acid recovery at chromatography

Amino acid	CIF	TCA sup.	Fraction										Total	Chromato. recovery
			1	2	3	4	5-1	5-2	6-2	7	8			
Asp	11.87	9.65	0.98	1.13	1.23	0.20	0.50	0.24	0	0.15	0	4.43	45.91%	
Thr	3.42	2.25	0.38	0.35	0.60	0.80	0.08	0.04	0	0.07	0	2.32	103.11	
Ser	5.25	2.86	0.10	0.58	0.88	1.15	0.14	0.05	0	0.09	0	2.99	104.55	
Glu	21.30	18.05	0.93	1.20	1.25	1.88	0.40	0.19	0	0.16	0	5.81	32.19	
Pro	5.95	2.96	0	0.07	0.70	0.63	0.10	0	0	0.07	0	1.57	53.04	
Gly	4.15	4.18	0.08	0.63	0.43	1.30	0.16	0.07	0	0.07	0	2.74	65.55	
Ala	4.07	4.23	0.05	1.18	0.40	1.28	0.14	0.07	0	0.05	0	3.17	74.94	
Cys	0.91	0.89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Val	4.71	4.99	t	2.05	0	1.30	1.65	t	0	t	0	5.00	100.20	
Met	1.21	1.41	t	0.53	0	0	0	0	0	0	0	0.53	37.59	
Ile	4.57	5.00	0.04	0	2.63	1.20	0.03	0.10	0	0.05	0	4.05	81.00	
Leu	7.19	7.94	0.04	0	7.25	1.75	0.33	0.12	0	0.06	0	9.55	120.28	
Tyr	4.22	1.09	0	0	0	t	0.15	0.38	0	t	0	0.53	48.62	
Phe	5.40	5.49	0	0	0	0.28	5.23	0.14	0	t	0	5.65	102.91	
Lys	5.20	5.17	0	0	0.17	0.28	0	0	3.05	0.16	0	3.61	69.83	
His	2.57	2.51	0	0	t	0.09	0	0	0	0.70	0	0.79	31.47	
Arg	8.18	9.61	0	0	0.30	0.28	0	0	0.43	0	2.85	3.86	40.17	
Total	100.17	88.29											56.60	64.11

* g. of amino acid in 100 g of subjected digestion product

Table 3 Quantitative ratio of ninhydrin positive compound in each chromatographic fraction after acid hydrolysis to that before hydrolysis

Fraction	1	2	3	4	5-1	5-2	6-1*	6-2	7	8
Ratio	—	1.4	1.5	5.1	1.3	4.8	—	—	3.3	1.2

* NH₃ rich fraction.

ミノ酸及び重合度の異なるペプチドの混在を意味する。

4, C I F 消化生成物各画分量の膵臓酵素作用による経時的変化

ペプシンに続いて膵臓酵素を CIF に作用させたとき, TCA 可溶物の量は経時的に増加している (Table 1) が, そのとき各画分量の増減を求めると Table 4 のようになる。数値は各画分のニンヒドリン呈色度の全画分に対する 100 分率である。変動傾向は繊維状ダイズ蛋白の結果¹²⁾ とほぼ一致している。

5, 各画分の主構成成分とそのアミノ酸組成。

Fig. 3 における各画分はアミノ酸, ペプチドの混合物であるので (Table 3) その主構成成分を分別同定して繊維状ダイズ蛋白のそれと比較する目的で再クロマトグラフィーを行い, 得られた画分のアミノ酸組成を調べた。再クロマトグラフィーの溶出条件は溶媒の塩濃度及び pH 勾配を比較的小さくして行っている以外は Fig. 3 のそれに準じている。

1). 画分 3 : A, B, C 3 つのピークが得られ, 各ピークの画分 3 に対する百分率は A が 5.3, B が 36.4, C が 8.4% となり, 全体の回収率は 50.1% である (Fig. 4)。

3B が主要ピークであるので, これについて塩酸水解後のアミノ酸分析を行うと Table 5 のようになり, Leu が主なるアミノ酸である。

Table 4 Effect of digestion time of CIF with pancreatic enzymes on the quantities of chromatographic fractions*

Chromatographic fraction	Digestion time hr.		
	1	5	24
1	5.9	5.1	1.4
1-1	4.7	3.2	9.8
2	19.9	13.6	23.2
3	23.6	27.0	31.6
4	6.0	5.2	4.2
4-2	—	2.7	—
5-1	6.0	5.3	3.4
5-2	4.3	3.9	2.8
6-1	10.2	7.2	8.7
6-2	6.2	6.5	8.3
7	—	—	1.3
8	—	1.6	1.9

* Figures indicate percentage of ninhydrin positive compound in each fraction to the total.

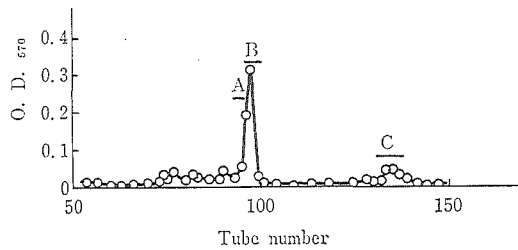


Fig. 4 Rechromatography of F-3

Column, Dowex 50W X-2, 200 mesh -400 mesh, 1.8×120 cm.
Eluting buffer, (1) 500 ml of 0.2 N citrate buffer, pH 3.1,
followed by (2) the same buffer in mixer and 500 ml of 0.5 N
citrate-acetate buffer, pH 4.3 in reservoir. 1 fraction, 10 g.

Table 5 Amino acid in fraction-3B

Amino acid	Content*
Asp	0.016
Thr	0.010
Ser	0.015
Glu	0.018
Gly	0.014
Leu	0.837

* g. in 100 g of nitrogen compound in TCA-sup.

さらに 3 B の水解前のアミノ酸分析によっても Leu は遊離の形で存在しており、この結果は繊維蛋白の場合と一致する。

2). 画分 5-1 : 再クロマトグラフィーの結果を Fig. 5 に示す。A. B の回収率はそれぞれ 7.3 と 36.1% であった。各画分の水解前後のアミノ酸分析結果は Table 6 のようになる。

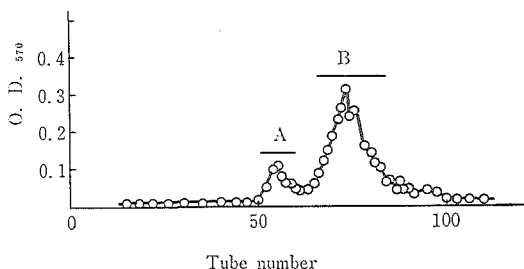


Fig. 5 Rechromatography of F-5-1

Column, 0.8×60 cm; Eluting buffer, 400 ml of 0.2 N citrate buffer, pH 3.1. One fraction, 2 g.

Table 6 Amino acid analyses of fraction 5-1, 5-1A and 5-1B before and after hydrolyses

Amino acid	F 5-1 hydrolysate	F 5-1B	F 5-1B hydrolysate	F 5-1A hydrolysate
Val	0.66	—	—	0.61
Phe	2.09	1.33	1.39	—

Figures exhibit g. of amino acids in 100 g of nitrogen compound in TCA-sup.

画分5-1水解物のアミノ酸分析値のうち Val. Phe のみを示しているが、5-1Bは水解前後の値がほぼ同じことから遊離 Phe のみを含み、又5-1AはValのみからなっている。この結果は繊維状ダイズ蛋白のそれと一致する。

3). 画分6-2:再クロマトグラフィーの結果を Fig. 6 に示す。画分6-2Aの供試

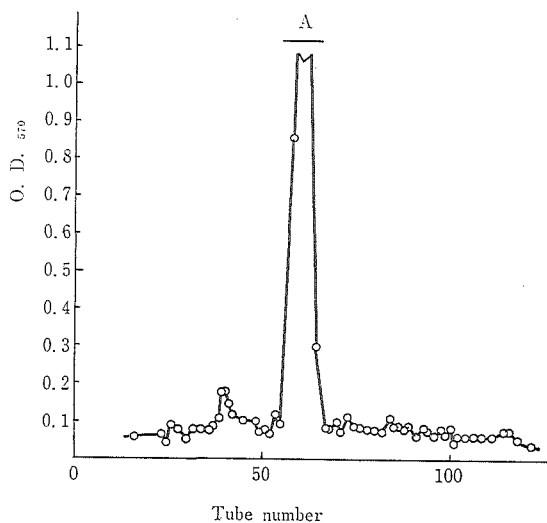


Fig. 6 Rechromatography of F-6-2

Column, Dowex 50w -X-2, 200-400 mesh, 0.8×60 cm. Eluting buffer; (1) 200 ml of 0.2 N citrate buffer, pH 3.1, followed by (2) 200 ml of the above buffer in mixer and 200 ml of 0.5 N citrate-acetate buffer, pH 4.3. One fraction, 2 g.

々料に対する百分率は74.5%であった。画分6-2と6-2Aの塩酸水解前後のニンヒドリン呈色度に差がない (Table 7) ことから、6-2Aは遊離 Lys であることは明らかであり、繊維状ダイズ蛋白の場合と一致する。

Table 7 Amino acid analyses of fraction 6-2 and fraction 6-2A before and after hydrolyses

Amino acid	F 6-2 hydrolysate	F 6-2A	F 6-2A hydrolysate
Lys	1.22	0.88	0.73
Arg	0.17	—	—

Figures exhibit gm. of amino acids in 100 g of nitrogen compound in TCA-sup.

以上のように画分3, 4, 6-2について再分画後のアミノ酸分析を行うことにより、これら画分が繊維状ダイズ蛋白消化生成物の当該番号の画分¹²⁾に一致するものであることが明らかになり、この点からも CIF の消化性は繊維状蛋白のそれと似たものであることがわかる。

6, ダイズ蛋白と動物性蛋白との消化性の比較

これまでの結果から、繊維状ダイズ蛋白と溶液状あるいはゲル状蛋白との間に消化性についての本質的差は認められない。そこで動物蛋白の消化生成物を同じ方法で分析することによって、消化性とクロマト像との関係を検討した。

鶏肉及び卵白蛋白の消化率はいずれも93%であり、ダイズの場合とくらべて少し大きい。それらの TCA-sup をダイズ蛋白の場合と同様にイオン交換クロマトグラフィーに供試した。

鶏肉のクロマトグラムを Fig. 7 に、卵白のそれを Fig. 8 に示す。比較のために Fig. 7

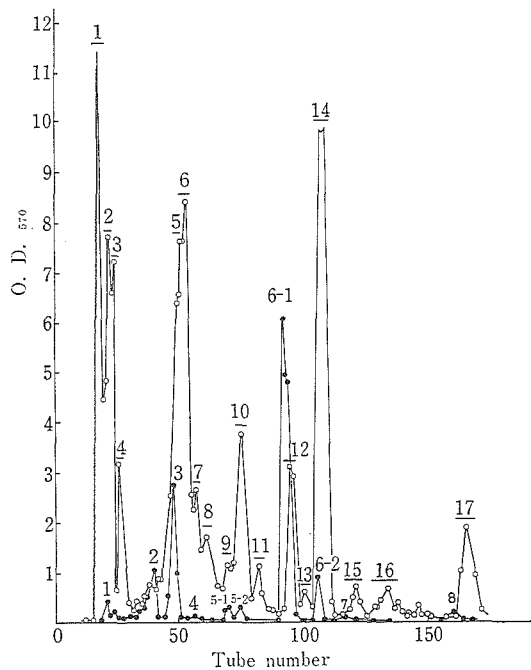


Fig. 7 Cation exchange chromatography of digestion products of chicken protein with pepsin followed by pancreatic enzymes. Chromatographic conditions are all the same as Fig. 2. ○—○, chicken; ●—●, soy CIF protein as control. Figures underlined on the peaks exhibit chicken fraction number and others, CIF.

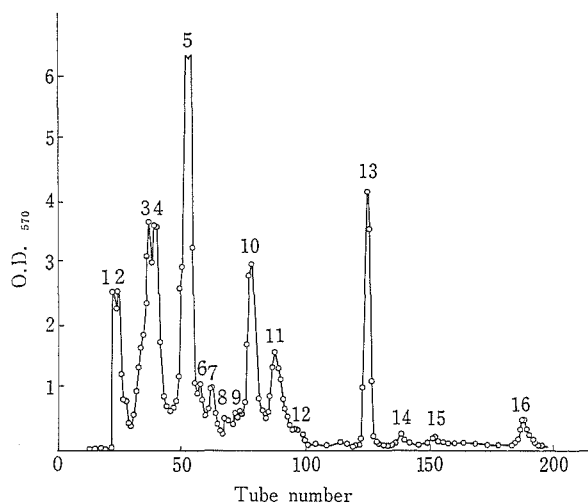


Fig. 8 Cation exchange chromatography of digestion products of hen egg white with pepsin followed by pancreatic enzymes. Chromatographic conditions are all the same as Fig. 2.

には CIF のクロマトグラムを併記した。

明瞭なピークからなる画分の数をダイズ蛋白の場合と比較すると、鶏肉、卵白いずれも多く、それぞれ17と16である。ピーク下の面積は各画分の量を表すものであるが、ダイズ蛋白は鶏肉の1/9、卵白の1/5 にすぎない。TCA-sup に含まれる供試蛋白当りの窒素量（消化率）は動物蛋白とダイズ蛋白とではほとんど差がないにもかかわらず、このようにニンヒドリン陽性物質量が非常に少いのはダイズの場合にペプチドが多量生成するためであると考えられ、Fig. 1 の結果もこれを支持している。すなわちダイズ蛋白の場合に TCA 可溶となる消化生成物量は動物蛋白のそれと同じであるが、生成物の多くは部分水解によって生じたペ

Table 8 Chicken digestion fractions corresponding to those of soy protein

Chicken	Soy CIF
1	1
2 }	
3 }	2
4 }	
5 }	3
6 }	
7	4
8	—
9	—
10	5-1
11	5-2
12	6-1
13	—
14	6-2
15	7
16	—
17	8

プチドであると考えることが出来る。したがってダイズ蛋白は動物蛋白よりもアミノ酸を遊離しにくい構造を持っていると云える。

つぎに Fig. 7 における鶏肉蛋白とダイズ CIF の数画分を対応させて各画分のアミノ酸組成を比較すると Table 8 と 9 のようになる。これは各画分中のアミノ酸のうちもっとも多い

Table 9 Comparison of amino acid compositions between some chromatographic fractions of soy and chicken digestion products*

Amino acid	Chicken F 6 and CIF F 3		Chicken F 10 and CIF F 5-1		Chicken F 11 and CIF F 5-2		Chicken F 14 and CIF F 6-2	
	Chicken	CIF	Chicken	CIF	Chicken	CIF	Chicken	CIF
Asp	0.2	0.23	0.14	0.12	0.24	0.84	0.06	0
Thr	0.15	0.13	0.02	0.01	0.03	0.17	0.01	0
Ser	0.15	0.21	0.03	0.04	0.04	0.23	0.02	0
Glu	0.22	0.21	0.10	0.07	0.14	0.66	0.05	0
Pro	0.04	0.15	0.06	0.03	0.08	t	0	0
Gly	0.15	0.14	0.09	0.07	0.11	0.43	0.03	0
Ala	0.20	0.12	0.06	0.05	0.06	0.36	0.03	0
Cys	0	0	0	0	0	0	0	0
Val	0.07	0	0.07	0.45	0.03	t	0.01	0
Met	0.23	0.09	0.04	0	0.02	0	0	0
Ile	0.03	0.50	0.05	0.07	0.08	0.35	0.01	0
Leu	1.00	1.00	0.05	0.08	0.06	0.43	0.01	0
Tyr	0	0	0.01	0.03	1.00	1.00	0.02	0
Phe	0.03	0	1.00	1.00	0.08	0.64	0.02	0
Lys	0	0.02	0.03	0	0.17	0	1.00	1.00
His	0	0	0.02	0	0.03	0	0.04	0
Arg	0	0.04	0	0	0	0	0.04	0.20

* Relative values were exhibited in which the largest value of each column was modified to 1.0.

ものを 1.0 として相対値で表している。各画分の対応には細部では相異もみとめられるが、鶏肉と CIF との間には類似性が認められる。

クロマトグラフィーにおける溶出位置は基質蛋白が異っても荷電量、極性あるは分子量などの類似したアミノ酸又は残基によって決まるので、ピーク数の多いものほど遊離のアミノ酸又は低分子ペプチドの生成種が多く、又ピーク下の面積の大きいほどアミノ酸又は低分子ペプチドの生成量が多いことを示している。したがって上記の方法で異種蛋白間の消化性の優劣を比較することが可能であると考えられる。

最近、肉製品中の植物蛋白を検出定量する方法が提案されており¹⁾、肉製品のトリプシン消化生成物をアミノ酸分析し、出現した特異なピークを尺度としてダイズ蛋白などの混入を定性、定量分析している。しかし、本方法では観点が少し異なり個々の食品蛋白の消化性の優劣が比較出来るものと考えている。

要 約

ダイズ CIF、豆腐及び凍豆腐は in Vitro における消化速度は繊維状ダイズ蛋白と同じであることから、ダイズ蛋白には消化酵素の作用を受けにくいペプチド結合のあることがその原因と考えられる。

ペプシン続いて膵臓酵素を作用させた消化生成物の Dowex 50×2 を用いたクロマトグラフィーにおいて CIF と鶏肉及び卵白のクロマトグラムを比較すると, CIF はピークの数も少く各ピークの高さも低い。これは動物蛋白とダイズ蛋白の消化性の違いを表しているから, ダイズ蛋白の消化性の低さは蛋白の存在状態に関りのない本質的なものであると考えることが出来る。

異なる基質蛋白から得たピークの溶出位置には共通性があり, 又同じ位置を占めるピークの構成アミノ酸は供試蛋白が異っても似ていることからクロマトグラムを比較することによって食品蛋白の消化性の良否を判定することも可能である。

本実験に協力された有道邦子, 諏訪玄両君に感謝する。又アミノ酸自動分析機の使用に際し御援助を頂いた本学部堀米隆男教授に深謝する。さらにダイズ蛋白を恵与された日本興油(株)水島工場研究所藤野氏にお礼を申し上げる。

文 献

- 1) BAILEY F. J. : J. Sci. Food Agr. **27**, 827 (1976)
- 2) BOONVISUT S. and WHITAKER J. R. : J. Agr. Food Chem. **24**, 1130 (1976)
- 3) FUKUSHIMA D. : Cereal Chem. **45**, 203 (1968)
- 4) GUPTA, T. D., A. M. DAKROURY and A. E. HARPER : T. Nutr. **64**, 447 (1958)
- 5) Jaffe, W. G. : in "Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding"
Proceedings of the PAG Symposium, FAO, Rome, Italy 3~5, 1972, P 43.
- 6) KAKADE M. L. , SIMONS, N. and LIENER, I. E. : Cereal Chem. **46**, 518 (1969)
- 7) Keller, R. L. : T. Am. Oil Chem. Soc. : **51**, 77 A (1974)
- 8) 越山育則 : 植物酵素, 蛋白質研究法 (蛋白質, 核酸, 酵素別冊) P 456 (1976) 共立出版 (東京)
- 9) LOWRY, O. H., ROSEBROUGH, N. J., FARR, A. L. and RANDALL, R. J. : J. Biol. Chem. **163**, 265 (1951)
- 10) Rackis, J. J. : J. Am. Oil Chem. Soc. **51**, 161 A (1974)
- 11) 高木茂明 : 岡山大農学術報告, **46**, 52 (1975)
- 12) 高木茂明 : 岡山大農学術報告, **50**, 77 (1977)
- 13) YEMM, E. W. and COCKING, E. C. : Biochem. J. (London) **58**, XII (1954)