

분리녹두단백의 식품기능적 특성에 관한 연구

계인숙, 전영수, 최홍식

부산대학교 식품영양학과

Functional Properties of Mungbean Protein Isolates

In-Sug Kye, Yeong-Soo Jun and Hong-Sik Cheigh

Dept. of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Pusan, 609-735, Korea

Abstract

This study was investigated to determine the functional properties of mungbean protein isolates (MPI) from sunhwa-nogdu (SH) and conventional mungbean varieties (C). MPI were prepared from defatted mungbean flour by extraction with 0.1N NaOH, precipitation at pH 4.5, washing of dispersed precipitate with buffer solution and distilled water, and subsequent freeze-drying. Crude protein content of MPI was in the range of 88.7~91.3%. The lowest solubility was recorded at pH 4~5, whereas the best buffering action was in the range of 5.5~7.5. On the other hand, gelation of MPI was found to depend on the protein concentration. In the cases of foamability, % volume increase and specific volume were higher for 10 min. with a good whipping ability. And also, the MPI properties of two varieties of SH and C were compared and discussed.

서 론

녹두(綠豆; mungbean: *Vigna radiata* (L.) Wilzek)는 당질이 45~62%, 지방이 1%, 단백질이 20~28% 함유되어 있는 식품으로 알려져 있다. 옛부터 녹두는 녹두전, 청포, 숙주나물 등의 식품으로 이용도가 높았으며 어린이, 노인, 병후회복자에게 널리 애용되어 왔는데¹⁾ 동의보감 등에 의하면 일찍부터 약용과 식용으로 이용되었다는 기록이 있다.²⁾ 녹두단백질에 관한 지금까지의 연구로서는 단백질의 생물가³⁾, carbonyl peptidase의 분리·정제⁴⁾, 녹두단백질의 분리·제조 및 그 특성에 관한 연구^{5,6)} 등이 있다.

위에서와 같이 녹두단백질에 관한 연구는 몇편 발표되었으나 아직 한국산 품종의 분리단백등에 대한 내용이 보고되지 않고 있다. 그러나 대두, great northern bean, winged bean의 두류에 관하여서는

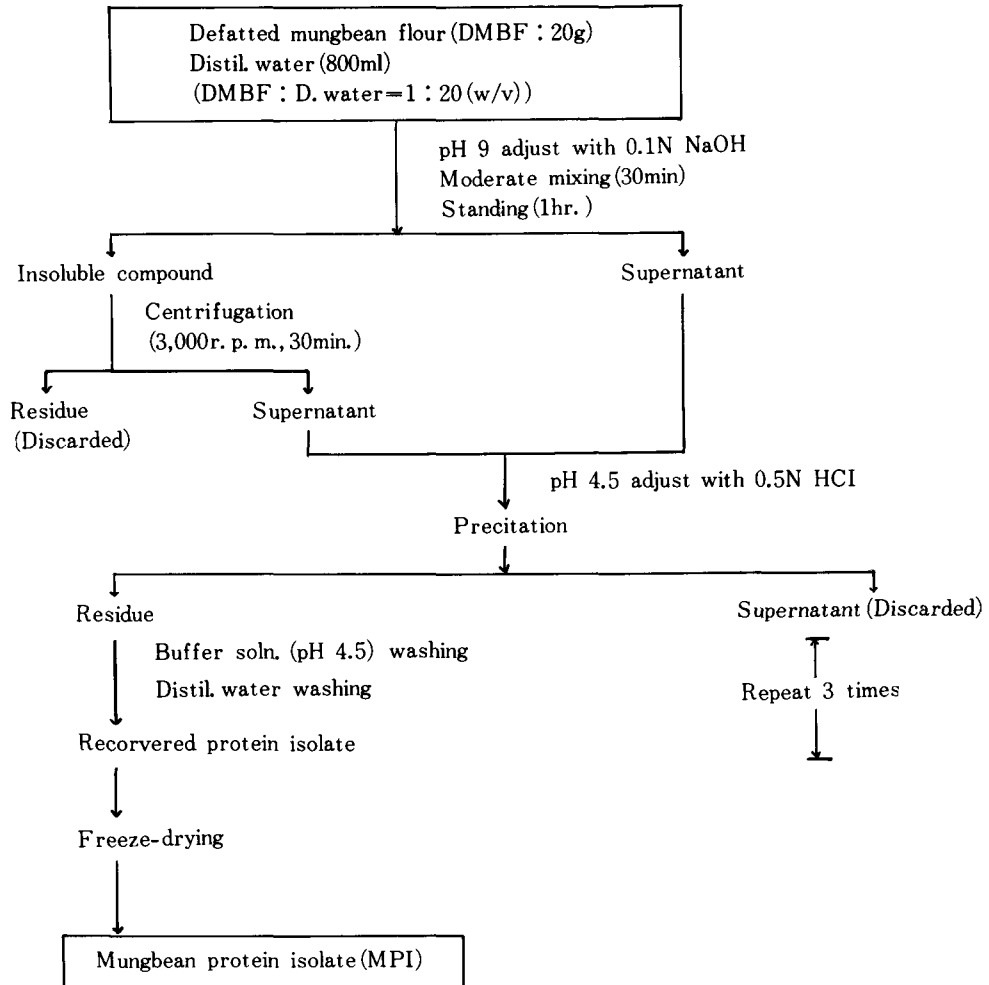
잘 알려져 있고^{7,8)} 얻어진 분리단백은 식품에 이용되고 있으며, 기능적 특성에 따라 음료, soups, gravies, cheese, whipped toppings, angel cake에 이용되기도 한다.⁹⁾

그러므로 본 연구에서는 우리나라에서 생산되고 있는 녹두(신품종 및 재래종) 시료에서 분리녹두단백을 제조하고, 만들어진 분리녹두단백의 nitrogen solubility, buffer capacity, gelation 그리고 foamability를 포함하는 기능적 특성을 연구하였으므로 그 결과를 보고코져 한다.

재료 및 방법

실험재료 및 시료의 조제

녹두시료는 경남 도농촌진흥원(진주)에서 분양받은 신품종 “善化綠豆”와 청도산 조선녹두(재래종; 품종 미확인)를 구입하여, 각각 조제한 뒤 습식방



범으로 껍질을 제거하고 실온에서 건조한 다음 입도 80mesh범위로 재분쇄하여 냉장고에 보관하면서 녹두가루시료로 사용하였다. 또한, 이로부터 강¹⁰⁾ 김등¹¹⁾의 방법에 준하여 hexane을 처리하여 탈지녹두가루를 얻었고 다시 이로부터 Coffman 등의 방법⁶⁾에 따라 단백질을 분리하였다(Fig. 1). 이때 분리녹두단백의 회수율은 신품종에서는 21.2%, 재래종에서는 25.4%이었다.

일반성분분석

수분, 회분, 조지방 및 조단백질은 AOAC²⁶⁾에

따라 정량하였으며, 수용성단백질은 김의 방법¹²⁾, 총당질(산가수분해후)은 Schoorl법¹³⁾으로 정량하였다.

단백질의 기능적 특성

Nitrogen solubility는 먼저 Mattil¹⁴⁾의 방법에 따라 semimicro-Kjeldahl법으로 분석된 total nitrogen 및 주어진 pH에서의 soluble nitrogen과의 %로 표시하였다. 또한 Sathe 등⁷⁾의 방법에 의거하여 7,000 r.p.m.에서 30분간 원심분리한 후 상징액의 흡광도를 280nm에서 측정하여 서로 비교하였다. 그리고 buf-

fer capacity는 분리녹두단백을 증류수 100ml에 녹여 0.5% 단백질농도(W/V)로 분산시킨 뒤 Morr¹⁵⁾의 방법에 따라 측정·산출하였다. 또한 gelation은 Circle¹⁶⁾의 방법에 의거하여 분리녹두단백을 증류수에 녹여 단백질 농도를 1~20% (W/V, pH 7)로 조정 한 다음 blending(Osterizer Galaxie Cycle Blend, U. S. A, "Blend" Speed, 2min.)하고 2,700 r.p.m.에서 15분간 원심분리 한 뒤, Trautman¹⁷⁾의 least concentration endpoint(LCE)방법에 의해 gel 형성능을 평가하였다. 한편, 분리녹두단백의 foamability는 8% 단백질농도(W/V, pH 7.0)의 시료를 부드럽게 교반한 후 blender를 사용하여 "whipping" speed에서 5분, 10분간 각각 whipping을 행한다음 부피는 Lawhon¹⁸⁾과 Lin¹⁹⁾의 방법으로, specific volume은 Baldwin²⁰⁾과 Hansen²¹⁾에 의거하여 측정하였다. 이때 분리녹두단백의 % volume increase와 specific volume을 egg white (Sigma Chemical Co., U. S. A.)와 비교하여 나타내었다.

결과 및 고찰

시료의 일반성분 조성

녹두가루와 분리녹두단백의 수분, 조단백질, 수용성단백질, 조지질, 조회분, 총당질등의 일반성분 함량의 분석결과는 Table 1과 같다.

녹두가루의 일반성분은 여러연구보고^{1,3,6)}에 의하면 조단백질은 20.2~28.0%, 조지질은 0.6~1.6%, 조회분은 2.4~4.2%, 총당질은 44.9~62.3% 범위였다.

이들은 대체로 본 연구결과와 비슷하나, 다만 재래종 녹두가루(MBF-C)에서 조단백질의 함량이 29.02%로 높게 나타났다. 반면, 분리녹두단백(MPI)의 일반성분은 이전의 분석결과에 대한 보고가 적으므로 비교 검토가 어렵지만, 단백질 함량은 88.7~91.3%로서 "Soybean Blue Book"²²⁾에 표시된 90% 내외의 범위였다. 그리고 조회분(1.2~3.5%) 및 당질(3.0~4.1%)을 다소 함유하고 있었다. 이와같은 결과에서 살펴볼 수 있는 바와같이 녹두가루 자체는 대두에 비해 단백질함량이 낮지만, 분리녹두단백은 단백질함량이 분리대두단백과 유사하므로 기능성과 경제성만 인정된다면 좋은 식품소재가 되리라고 사료된다.

분리녹두단백의 Nitrogen solubility

분리녹두단백의 pH에 따른 용해성을 살펴본 결과 Fig. 2 및 Fig. 3과 같았다. 먼저 Mattil의 방법에 의하여 얻어진 용해성은 선화녹두 품종의 분리녹두단백(MPI-SH)의 경우 pH 2(75.2%), pH 8(82.5%), pH 9(82.4%)로 나타났으며, 재래종 분리녹두단백(MPI-C)의 경우는 pH 2(75.7%), pH 9(76.0%), pH 10(79.6%)로 각각 높게 나타났다. 한편, 가장 낮은 용해성은 MPI-SH, MPI-C 둘다 pH 4~5 부근이었으며, 등전점은 pH 4.5로 판단되었다. 따라서 MPI는 pH 4.5에서 거의 침전되며, 이로부터 멀어질수록 반대로 용해성이 증가함을 알 수 있다.

본 연구결과는 Thompson⁵⁾, Coffman⁶⁾, 津坂伸幸²³⁾의 연구결과에서와 같이 분리단백의 일반적인 경향을 나타내고 있다. 한편, Sathe 등의 방

Table 1. Proximate composition of MBF and MPI* (%)

	Flour		Isolate	
	MBF-SH	MBF-C	MPI-SH	MPI-C
Moisture	9.76	9.12	4.17	4.96
Crude lipid	0.10	1.20	0.16	0.24
Crude protein	25.74	29.02	88.72	91.29
(Soluble protein)	(20.54)	(18.07)	(2.75)	(0.41)
Crude ash	2.72	3.45	2.03	1.19
Total sugar	59.85	56.61	4.07	2.96

* MBF(Mungbean flour), MPI(Mungbean protein isolate), SH(Sunhwa-nogdu), C(Conventional variety)

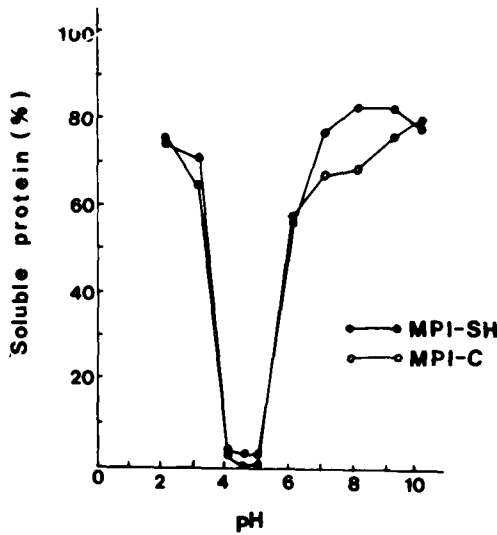


Fig. 2 Effects of pH on solubility of MPI by Mattil's method(25°C)

MPI(Mungbean protein isolate)
SH(Sunhwa-nogdu), C(Conventional variety)

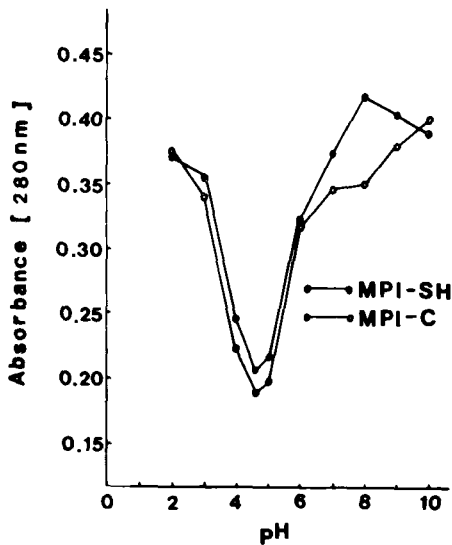


Fig. 3 Effects of pH on solubility of MPI by Sathe and Salunkhe's method(25°C)

MPI(Mungbean protein isolate)
SH(Sunhwa-nogdu), C(Conventional variety)

법에 의하여 얻어진 분리녹두단백의 용해성은 앞에서와 같이 pH 4.5에서 가장 낮은 값을 나타냈다.

반면에 pH 2, pH 9, pH 10에서는 모두 증가함을 볼 수 있는데 이는 Sathe등⁷⁾의 연구결과와 유사하였다. 또한, Sathe 등⁸⁾의 연구결과에서 winged bean의 용해성은 단백질 자체의 용해성 뿐만 아니라, 세포막 내부와의 파괴와도 관련을 가진다고 보고한 바 있다. 그리고 Mattil의 방법에 비해 Sathe등의 방법은 비교적 간단하게 MPI의 용해성을 측정할 수 있었다.

분리녹두단백의 Buffer capacity(BC)

BC는 Fig. 4에 나타낸 것과 같다. MPI-SH, MPI-C 다같이 pH 3에서 7.1, 9.9로 가장 높은 값을 가지며, pH 10에서도 비교적 높은 4.1, 3.3을 나타내었다. Coffman등⁶⁾의 연구와 비교할 때, MPI-C의 경우 pH 3에서는 높은 양상을 나타내지만, pH 10에서는 MPI-SH, MPI-C 둘 다 그보다는 낮은 수치를 나타내었다. 한편, pH 4.0과 8.0에서는 가장 낮은 BC를 나타내었으며 그 경향은 비슷함을 볼 수 있었다.

Morr등¹⁵⁾은 whey protein concentrate 분산액에 있어서 meta-phosphate 등의 이온평형 및 pH buffering에 대한 영향을 보고한 바 있다.

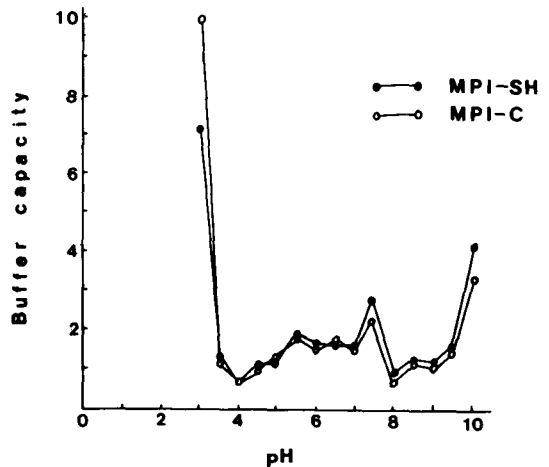


Fig. 4 Buffer capacity of MPI

MPI(Mungbean protein isolate)
SH(Sunhwa-nogdu), C(Conventional variety)

분리녹두단백의 Gelation 특성

분리녹두단백의 gel 형성능력은 Table 2와 같다. 단백질 농도가 8% 이상이 되면서 점성이 나타나기 시작하여 MPI-SH에서는 14%, MPI-C에서는 16% 일때 최초로 gel이 형성되었고, 그 이상의 농도에서는 보다 단단한 gel이 형성되었다.

변과 김²⁴⁾의 연구에서는 분리대두단백의 농도가 8%일 때 gel이 형성되기 시작하였으며, 온도의 영향은 80°C까지는 gel의 강도가 대수적으로 증가하였으나, 100°C까지는 안정된 점도를 보이다가 120°C에서는 급격히 떨어짐을 보고하였다. 한편, Circle등은 만약 시간인자를 고정하면 8%에서는 80°C, 10%에서는 100°C, 12%에서는 110°C로 가열하여야 같은 점성을 가짐을 보고하였으며, Catsimpoolas²⁵⁾은 단백질 gel은 단단한 구조를 나타내는 3차원 구조의 지속적인 분자내부의 결합력에 의해 형성되며, 그 반응 mechanism은 단백질의 종류에 따라 다르다고 보고하였다.

한편, Coffman⁶⁾의 연구와 비교할 때, 본 연구 결과의 gel은 보다 높은 농도에서 형성됨을 볼 수

있었다. 이같은 차이는 nitrogen solubility 및 pH에 크게 의존될 것으로 생각되며 따라서 gelation의 조건에서 pH 영역을 달리한다면 다른 양상이 나타나리라 생각된다.

분리녹두단백의 Foamability

분리녹두단백의 whipping은 8% 단백질 농도(W/V, pH 7.0, 실온)에서 행하여 얻어졌으며 Table 3과 같다. Whipping time을 5분으로 했을 때보다 10분으로 했을 때 % volume increase와 specific volume이 증가하는 것을 볼 수 있었다.

그러나, 10분이상일 경우는 보편적으로 잘 이용되지 않고 있으므로, 그 이상의 시간에서는 실험을 행하지 않았다. 그리고 분리녹두단백질과 egg white를 서로 비교할 때 분리녹두단백은 밝은 회갈색~노란색을 나타내며 foam stability가 다소 떨어지는 경향을 보였다. 한편, 본 연구결과가 타 연구결과⁶⁾에 비해 % volume increase와 specific volume의 수치가 낮은 것은 대조구로 사용한 egg white와의 비교에 의해서도 알 수 있는 바와같이 사용된 기구성능의 차이 때문으로 추정된다. 그리고

Table 2. Effects of protein concentration on gelation of MPI*

Protein(%)		MPI-SH		MPI-C
1.0	-	Liquid	-	Liquid
2.0	-	Liquid	-	Liquid
4.0	-	Liquid	-	Liquid
5.0	-	Liquid	-	Liquid
6.0	-	Liquid	-	Liquid
8.0	-	Viscous	-	Viscous
10.0	-	Viscous	-	Viscous
12.0	-	Very viscous	-	Viscous
14.0	+	Gel(LCE)**	-	Very viscous
16.0	+	Firm gel	+	Gel(LCE)**
18.0	+	Firm gel	+	Firm gel
20.0	+	Firm gel	+	Firm gel

* MPI(Mungbean protein isolate), SH(Sunhwa-nogdu), C(Conventional variety)

Conditions of gelation : heating protein soln. of pH 7.0 at 80°C for 10min. and cooling to 4°C for 2hr.

(+) gelation, (-) no gelation.

** LCE : least concentration endpoint and lowest protein concentration at which gel remained in the inverted tube.

Table 3. Foamability of MPI*

	Whipping time (min.)	Vol. increase (%)	Specific vol. (ml/g)
MPI-SH	5	76.36	2.06
	10	87.50	2.23
MPI-C	5	70.89	1.94
	10	85.71	2.03
Egg white	5	98.04	2.68

* MPI(Mungbean protein isolate), SH(Sunhwa-nogdu), C(Conventional variety)

Condition of whipping : dispersion of 8% protein in distilled water at pH 7.0(25°C)

Sathe등⁸⁾은 foamability는 pH 10, 농도 10% 일 때, 가장 높은 % volume increase를 나타낸다고 보고한 바 있다.

요 약

선화녹두(sunhwa-nogchu ; SH)와 재래종 녹두(conventional variety : C) 2품종의 탈지녹두가루에서 분리녹두단백(mungbean protein isolate ; MPI)을 제조하고, 이들의 일반성분분석, nitrogen solubility, buffer capacity, gelation, foamability를 포함하는 기능적 특성을 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 즉, 88.7~92.3%의 조단백질을 함유하는 MPI는 pH 4.0~5.0 부근에서 가장 낮은 용해성을 나타내었으나, pH 9에서는 76.0~82.4%의 높은 용해성을 나타냈다. 그리고 MPI-SH, MPI-C는 둘 다 pH 3.0에서 7.3, 9.9로 가장 높은 buffer capacity를 가지며, pH 4.0과 8.0에서는 낮은 수치를 나타내었다. 또한 MPI-SH에서는 14%, MPI-C에서는 16%의 단백질 농도(W/V)일 때 최초로 gel을 형성하였고, 그 이상의 농도에서는 보다 단단한 gel을 형성하였고, 8% 단백질 농도(W/V)에서 점성이 나타나기 시작했다. 그리고 whipping time을 5분으로 했을 때 MPI-SH에서는 76.4%, 2.1ml/g, MPI-C에서는 70.9%, 2.0ml/g의 % volume increase와 specific volume을 각각 나타냈고, whipping time을 10분으로 했을 때 더 높은 값을 나타냈으며 egg white 보다는 못하지만 좋은 foamability를 가지고 있었다.

문 헌

1. 노신애 : 녹두분 및 녹두-소맥복합분의 조리 과학적 물성에 관한 연구, 부산대학교 가정대학 연구보문, 10, 1(1984)
2. 허준 : 동의보감, 동양종합통신대학, 서울, 200 (1965)
3. Kali, P. B. : Biological value of the protein of green gram (*Phaseolus Mungo*) and lentil (*Lens Esculenta*), *Ind. J. Med. Res.*, 33, 791(1938)
4. Tsurushn, S. and Fukuba, H. : 黒緑豆 カルボキシペプチダーゼ의 精製とその 諸性質, 栄養と食糧, 35, 201(1982)
5. Thompson, L. U. : Preparation and evaluation of mungbean protein isolates, *J. of Food Sci.*, 42, 202(1977)
6. Coffman, C. W. and Garcia, V. V. : Isolation and functional characterization of a protein isolate from mungbean flour, The 1st international mungbean symposium, AVRDC, Taiwan, 69(1978)
7. Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. : Solubilization and electrophoretic characterization of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein, *J. of Food Sci.*, 46, 82(1981)
8. Sathe, S. K., Deshpande, S. S. and Salunkhe, D. K. : Functional properties of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) proteins, *J. of Food Sci.*, 47, 503(1982)
9. Kinsella, J. E. : Functional properties of soy proteins, *J. Am Oil Chem. Soc.*, 56, 242(1979)
10. 강영주 : 대두단백의 효소적 변형-분리대두단백질의 기능성에 미치는 단백질 가수분해의

- 영향, 한국식품과학회지, 16, 211(1984)
11. 김형갑, 김명찬, 장권열, 김종규 : 대두 품종별 트립신 인히비터에 관하여, 한국식품과학회지, 14, 102(1982)
 12. 김경자 : 녹두나물 성장과정중의 질소화합물과 유리 아미노산의 변화에 관한 연구, 대한가정학회지, 19, 25(1981)
 13. 신효선 : 식품분석-이론과 실험(신광출판사), 91(1981)
 14. Mattil, K. F. : The functional requirements of proteins for foods, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 48, 477(1971)
 15. Morr, C. V., Swenson, P. E. and Richter, R. L. : Functional characteristics of whey protein concentrates, *J. of Food Sci.*, 38, 324(1973)
 16. Circle, S. J., Meyer, E. W. and Whitnery, R. W. : Rheology of soy protein dispersions, Effect of heat and other factors on gelation, *Cereal Chem.* 41, 157(1964)
 17. Briskey, E. J. : Functional evaluation of protein in good systems., In : Evaluation of novel protein products, Pergamon press, New York, 303(1970)
 18. Lawhon, J. T., Cater, C. M. and Mattil, F. : A wippable extract from glandless cottonseed flour, *J. of Food Sci.*, 37, 317(1972)
 19. Lin, M. J. Y. and Humbert, E. S. : Certain functional properties of sunflower meal products, *J. of Food Sci.*, 39, 368(1974)
 20. Baldwin, T. E. and Sinthavalai, S. : Fish protein concentrate foam, *J. of Food Sci.*, 39, 880(1974)
 21. Hansen, P. M. T. and Black, D. H. : Whipping properties of spray-dried complexes from whey protein and carboxymethylcellulose, *J. of Food Sci.*, 37, 452(1972)
 22. "Soybean blue book," In *Soybean Dig.*, 31, 52(1971)
 23. 津坂伸幸, 河原崎靖, 谷口宕吉 : 緑豆に関する食品化學的研究, (I) 緑豆タンパク質の分離・精製, 明治大學農學部研究報告, 62, 69(1984)
 24. 변시명, 김철진 : 탈지대두박에서 추출한 분리대두단백의 식품학적 성질, 한국식품과학회지, 9, 127(1977)
 25. Catsimpoalas, N. and Meyer, E. W. : Gelation phenomena of soybean globulins, I. protein-protein interactions, *Cereal Chem.*, 47, 559(1970)
 26. AOAC : *Official Methods of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytic Chemists, Washington, D.C. (1980)

(Received August 7, 1989)