KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 30, No. 3, pp. 557~561 (1998)

추출 pH가 분리대두단백질의 기능성에 미치는 영향

배송환 · 이 철*
고려대학교 자연자원연구소
*고려대학교 응용생명환경화학과

Influences of Extraction pH on the Functionality of Soybean Protein Isolate

Song-Hwan Bae and Chul Rhee*
Institute of Natural Resources, Korea University
**Department of Agricultural Chemistry, Korea University*

Abstract

This study was conducted to investigate the functionality of soybean protein isolates extracted in acidic range (pH 2.0 and 3.0), neutral range (pH 7.0) and alkaline range (pH 10.0 and 12.0). The protein content of soybean protein isolates extracted at pH 3.0 was maximum (93.31%), but that of pH 7.0 was minimum (73.93 %). The extraction yield of soybean protein isolates extracted at pH 3.0 was minimum (0.36%), but that of pH 12.0 was maximum (47.54%). The functionality (solubility, water absorption, oil absorption, foam capacity, foam stability, emulsion capacity and gelation) of soybean protein isolates was significantly influenced by pH of extraction medium. The soybean protein isolates extracted at pH 2.0 and 3.0 were more soluble at acidic ranges and those of pH 3.0 and 7.0 were more soluble at neutral ranges, but those of pH 2.0, 3.0, 7.0, 10.0 and 12.0 were more soluble at alkaline ranges than other ranges. The soybean protein isolates extracted at pH 2.0 and pH 12.0 gave greater water absorption, oil absorption and foam capacity than those extracted at pH 3.0, pH 7.0 and pH 10.0. And the emulsion capacity of soybean protein isolates was increased by the increase of extraction pH.

Key words: *soybean protein isolate, extraction pH, functionality*

서 론

단백질의 기능성은 추출방법, 추출시 사용되는 염의 종류와 농도 및 건조방법 등의 가공형태에 의해서 크게 변화된다고 알려져 있으며 식품에 사용되는 목적에 따라 단백질의 기능성을 변화시키려는 시도가 많이 이루어졌다[1-4]. 또한 효소를 이용한 단백질의 부분적 가수분해[5,6], 화학적인 처리[7-9] 및 물리적인 처리[10]에 의해 단백질의 기능성을 조절하였으며 식품에 이러한 처리로 변화된 기능성을 갖는 단백질이 식품에 첨가되어 단백질의 이용을 극대화하고 있다. 한편 Ishino와 Okamoto[11]는 분리대두단백질에 강알칼리성 용액(pH 11.0, 11.5, 12.0, 12.5 및 13.0)을 처리하여 pH 11.0 근처에서 cystinyl잔기의 분해가 일어났음을 확인하였고, Koshiyama[12]는 7S 대두단백질이 pH 11.0으로 처리되었을 때 2.5S 대두단백질로 분해되며 pH 12.5 에서는 1.8S 대두단백질로 분해되었음을 확인하여 pH 11이상에서 분리대두단백질의 추출시 단백질의 부분적인 가수분해가 일어났음을 보고하였다.

현재까지 분리대두단백질은 특별한 이유없이 대부분 알칼리성 영역(pH 8.0~10.0)에서 추출한 후 대두단백질의 등전점인 pH 4.5부근에서 침전, 분리시켜 얻어졌으며 이들 단백질의 화학적 또는 효소적 처리에 의해 기능성이 변화된 분리대두단백질의 연구에 국한되어 이루어졌다[13-17]. 그러나 단백질의 기능성은 원료자체의 물리 화학적 성질에 기초를 두고 있기 때문에 단백질 추출시의 여러 요인들, 특히 추출시 용액의 pH에 따라서 달라질 가능성이 있다.

따라서 본 실험에서는 산성(pH 2.0, 3.0), 중성(pH 7.0) 및 알칼리성(pH 10.0, 12.0)영역에서 추출된 각각의 분리대두단백질에 대한 기능성변화를 조사하였다.

Corresponding author: Chul Rhee, Department of Agricultural Chemistry, Korea University, 5-1 Anam-dong, Sungbuk-gu, Seoul 136-701, Korea

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 대두박<주)신동방유량>은 분쇄한 후 100 mesh 체를 통과시켜 사용하였고 일반성분은 수분 8.42%, 조단백질 43.43%, 조지방 0.37%, 탄수화물 37.64%, 회분 5.93% 및 조섬유 4.21%이었다.

분리대두단백질의 제조

대두박에 30배(w/w)의 증류수를 가한 후 25℃에서 60분간 교반시키면서 1.0 N HCl과 1.0 N NaOH 용액으로 pH 2.0, 3.0, 7.0, 10.0 및 12.0을 계속 조정하여 단백질을 추출하였다. 이 추출액을 15분간 원심분리(3,840×g)하여 불용성 물질을 제거하고 상등액을 pH 4.3으로 조정하여 단백질을 침전시킨 후 10분간 원심분리(3,840×g)하여 단백질 침전물을 분리하였다. 얻어진 단백질 침전물에 존재하는 염을 제거하기 위하여 증류수로 세척한 후, 동결건조시켰으며 100 mesh 체를 통과한 것을 시료로 사용하였다. 분리대두단백질은 SPI로 표시하였고 pH 2.0, 3.0, 7.0, 10.0 및 12.0에서 추출된 분리대두단백질은 각각 SPI_2, SPI_3, SPI_7, SPI_{10} 및 SPI_{12}로 명칭하였다.

일반성분분석

SPI에 함유된 수분, 회분 및 조섬유의 함량은 A.O.A.C.법[18]에 의하여 측정하였으며 조단백질과 조지방은 각각 micro-Kjeldahl법과 Soxhlet법[19]으로 측정하였다.

추출수율의 측정

각각의 pH에서 추출한 SPI의 추출수율은 대두박에 존재하는 단백질무게에 대한 추출된 SPI의 단백질무게의 백분율로 표시하였다.

기능성의 측정

용해도: 용해도는 Wang과 Kinsella[20]의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 0.5 g을 50 mL의 증류수에 첨가시키고 0.1 N HCl 또는 0.1 N NaOH 용액으로 pH를 조정하면서 20분 동안 교반시킨 후, 10분간 원심분리(48,400×g)하였다. 원심분리 후 얻어진 상등액 1 mL중의 단백질함량을 micro-Kjeldahl법[19]으로 측정하여 단백질 용해도를 산출하였다.

수분흡수력: 수분흡수력은 Beuchat[21]의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 g에 10 mL의 0.1 M sodium citrate 완충용액(pH 4.0)을 가하여 혼합시킨 후 3시간 동안 정치시켰으며 30분간 원심분리(990×g)한 후 상등액을 제거하여 시료에 흡수된 수분의 무게를 측정하여 수분흡수력을 계산하였다.

유지흡수력: Beuchat[21]의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. test tube에 시료 0.5 g과 정제대두유 10 mL을 넣고 30초 동안 혼합하여 3시간 동안 정치시켰으며 30분간 원심분리(990×g)한 후 상등액을 제거하여 시료에 흡수된 유지의 무게를 측정하여 유지흡수력을 계산하였다.

기포형성력과 기포안정성: 기포형성력은 Yamauchi 등[22]의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 시료 1.0 g에 0.1 M sodium phosphate 완충용액(pH 7.0) 100 mL를 첨가하여 균질기(T-25, IKA Labotechnik, Germany, 5,000 rpm)로 10분간 기포를 형성시킨 다음 메스실린더(500 mL)에 부피를 측정하여 기포형성력을 구하였다. 기포안정성은 시간경과에 따른 기포부피의 감소율로서 나타내었다.

유화형성력: 유화형성력은 Webb 등[23]의 방법에 의해 측정하였다. 저항측정기(Sanwa multitester, Korea)의 탐침을 Ostrizer mixer의 용기에 부착시키고 시료 1.0 g을 0.1 M sodium phosphate 완충용액 100 mL (pH 7.0)에 용해시킨 후 정제대두유를 0.7 mL/sec의 속도로 주입시키면서 유화상태를 형성시켰다. 유화형성 도중 갑자기 전기저항이 증가하는 시점을 유화의 상이 바뀌는 시점으로 간주하여 이때까지 소비된 기름의 총량을 유화형성력으로 계산하였다.

겔형성력: 겔(gel)을 형성하는 SPI의 최소농도는 Saio 등[24]의 방법을 일부 변형하여 구하였다. 0.1 M sodium phosphate 완충용액(pH 7.0)에 시료를 각 농도별로 분산시킨 후 cap tube에 5 mL씩 취하여 100℃에서 30분 동안 가열하였다. 가열이 끝난 후 15℃까지 급속냉각시킨 채로 1시간 동안 방치하였고 겔형성력은 cap tube의 cap을 분리시킨 다음 거꾸로 뒤집어 용액이 흘러내리지 않는 최소농도로 정하였다.

결과 및 고찰

일반성분분석

SPI의 일반성분의 분석 결과는 Table 1과 같았다. SPI_3의 조단백질, 탄수화물, 회분 및 조섬유의 함량은 각각 93.31, 0.99, 1.66 및 1.86%로서 다른 시료들에 비해 가장 높은 단백질함량을 보였으나, SPI_7의 경우 각각 73.93, 12.68, 6.15 및 3.67%로서 가장 낮은 단백질함량을 나타내었다. 한편 대두박 자체에 함유된 회분함량(5.93%)에 비해 SPI_2, SPI_3, SPI_{10} 및 SPI_{12}의 회분함량은 감소하였으나 SPI_7는 오히려 증가되는 경향을

Table 1. Chemical composition of soybean protein isolate

Constituent	Soybean protein isolate				
	SPI_2	SPI_3	SPI_7	SPI_{10}	SPI_{12}
Moisture	4.18	2.18	3.57	3.42	3.52
Crude protein[1)]	81.49	93.31	73.93	81.51	79.71
Ash	2.07	1.66	6.15	3.16	2.11
Crude fiber	2.79	1.86	3.67	2.91	2.18
Carbohydrate	9.47	0.99	12.68	9.00	12.48
Crude lipid	–	–	–	–	–

[1)]Calculation of crude protein content : N(%)×5.71

Table 2. Extraction yield of soybean protein isolate

Sample	% to total protein[1)]
SPI_2	22.82
SPI_3	0.36
SPI_7	3.60
SPI_{10}	16.54
SPI_{12}	47.54

[1)] $\frac{\text{Weight of protein in extracted SPI}}{\text{Weight of protein in defatted soybean meal}} \times 100$

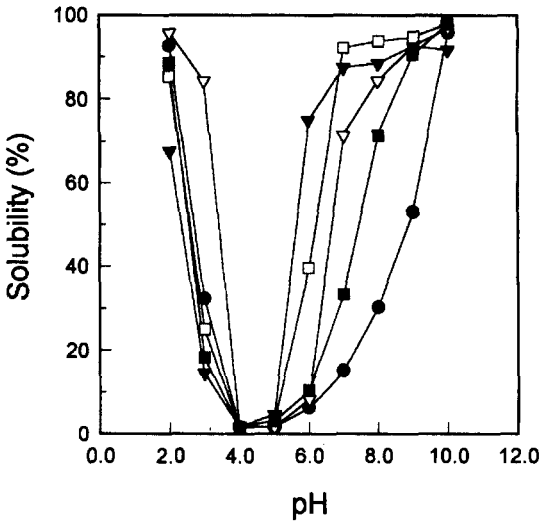

Fig. 1. Solubility of soybeen protein isolate as function of pH. ●—●: SPI_2, ▽—▽: SPI_3, ▼—▼: SPI_7, □—□: SPI_{10}, ■—■: SPI_{12}

보였으며 대두박의 조섬유함량 4.21%에 비해 SPI시료들의 조섬유함량은 모두 감소하였다. Sundar와 Rao[4]도 땅콩단백질 제조시 추출조건, 즉 알칼리용액 추출(수산화나트륨용액 : pH 10.0) 및 산용액 추출(인산용액 : pH 1.8~1.9, 염산용액 : pH 1.7-1.8)에 따라 단백질 함량(92.0%, 78.0%, 80.0%)과 회분함량(2.5%, 11.0%, 6.5%)이 상당한 차이를 나타냈다고 보고하여 추출용매의 종류와 추출 pH에 의해 단백질과 회분함량이 달라짐을 알 수 있었다.

추출수율: 각각의 pH에서 추출한 SPI의 추출수율은 Table 2에 나타냈으며 대두단백질의 등전점에 가까운 pH에서 추출된 SPI_3의 수율이 0.36%로 가장 낮았으며 강알칼리성 pH에서 추출된 SPI_{12}의 수율이 47.54%로 가장 높은 수율을 나타내었다.

기능성의 측정

용해도: pH 별로 SPI의 용해도를 측정한 결과는 Fig. 1과 같았다. SPI의 용해도는 5가지 시료 모두 pH 4.0 부근에서 가장 낮았고 등전점보다 높거나 낮은 pH 영역에서 모든 시료들의 용해도가 증가하였다. 특히 산성영역에서는 SPI_2와 SPI_3가 다른 시료보다 용해도가 크게 증가되었으며 중성영역에서는 SPI_3와 SPI_7의 용해도가 크게 증가되었다. 그러나 알칼리성 영역에서는 모든 시료에서 유사한 용해도를 나타내었다. Sundar와 Rao[4]는 산성영역(pH 1.7~1.8)에서 추출된 땅콩단백질과 알칼리영역(pH 10.0)에서 추출된 땅콩단백질의 용해도를 pH 6.5~8.5에서 측정한 결과, 알칼리성 영역에서 추출된 땅콩단백질의 용해도가 산성영역에서 추출된 땅콩단백질의 용해도보다 훨씬 높게 나타났다고 보고하였다. 한편 이들은 산성영역에서 추출된 땅콩단백질의 낮은 용해도가 땅콩단백질의 추출시 강산성의 영향때문에 단백질의 성질이 변화하는 것으로 설명하고 있다.

수분 흡수력: SPI의 수분흡수력은 SPI_2 347.3%, SPI_3 123.7%, SPI_7 187.1%, SPI_{10} 161.0% 및 SPI_{12} 382.6%로 나타났으며 SPI_{12}가 최대의 흡수력을 보인 반면, SPI_3는 최소의 흡수력을 보였다(Table 3). Bhagya와 Srinivasan[25]은 효소처리된 땅콩가루(groundnut flour)의 건조방법에 따라 수분흡수력에 차이를 보였으며, 드럼건조 > 분무건조 > 동결건조 > 진공건조의 순으로 나타났고 드럼건조에 의한 수분흡수력의 증가는 탄수화물의 호화와 단백질의 변성때문이라고 보고하였고 Kabirullah와 Wills[1]는 알칼리용액(pH 11.0)이나 1 M NaCl 용액에서 추출, 분리된 해바라기 단백질의 수분흡수력이 물로 추출된 단백질보다 작게 나타났다고 보고하였다. 따라서 단백질의 수분흡수력은 건조방법이나 추출용매의 종류에 의해서도 달라졌고 추출용매의 pH에 의해 크게 변화하였다.

유지흡수력: SPI의 유지흡수력은 SPI_2 151.2%, SPI_3 145.3%, SPI_7 125.3%, SPI_{10} 122.2% 및 SPI_{12} 171.8%로 나타나 SPI_{12}의 유지흡수력이 가장 컸으며 SPI_{10}의 경우 가장 낮았다(Table 3). Dench 등[26]은 참깨단백질의

유지흡수력과 겉보기밀도 사이에 높은 상관계수(r= -0.956)를 나타냈다고 발표하였고 Wang과 Kinsella[20] 도 alfalfa leaf protein의 유지흡수력과 겉보기밀도는 밀접한 관계가 있다고 보고하였으나 본 실험에서는 SPI의 유지흡수력이 겉보기밀도(SPI_2 0.61, SPI_3 0.48, SPI_7 0.38, SPI_{10} 0.55 및 SPI_{12} 0.67 g/mL)와 일정한 상관관계를 나타내지 않았다.

기포형성력과 기포안정성: SPI의 기포형성력은 SPI_2 234.9, SPI_3 143.6, SPI_7 203.9, SPI_{10} 217.8 및 SPI_{12} 322.7 mL foam/g protein 이었으며 SPI_{12}가 가장 높은 기포형성력을 나타낸 반면 SPI_3는 가장 낮은 기포형성력을 나타내었다(Table 3). 기포형성력을 측정할 때 pH 7의 완충용액으로 기포를 형성시켰기 때문에 Fig. 1에서 나타난 바와같이 pH 7에서 용해도가 컸던 SPI_3, SPI_7 및 SPI_{10}의 기포형성력이 클 것으로 예상하였으나 오히려 용해도가 낮았던 SPI_2와 SPI_{12}의 기포형성력이 크게 나타나 용해도와 기포형성력 사이에 일정한 상관관계를 보이지 않았다.

SPI의 기포안정성을 측정한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 10분 경과 후의 SPI_2, SPI_3, SPI_7, SPI_{10} 및 SPI_{12}의 부피감소율은 각각 27.8, 38.4, 35.7, 29.4 및 25.2%로 나타났으며 30분 경과 후의 SPI_2, SPI_3, SPI_7, SPI_{10} 및 SPI_{12}의 부피 감소율은 각각 33.3, 43.1, 40.7, 35.4 및 33.9%로 나타나 기포형성력이 큰 SPI일수록 기포안정성을 크게 나타내었다.

유화형성력: SPI_2, SPI_3, SPI_7, SPI_{10} 및 SPI_{12}의 유화형성력은 각각 161.1, 186.7, 201.0, 305.9 및 300.8 mL oil/g protein으로 나타났다(Table 3). 알칼리성 영역(pH 10.0, 12.0)에서 추출된 SPI의 유화형성력은 산성영역(pH 2.0, 3.0)과 중성영역(pH 7.0)에서 추출된 경우보다 상당히 높은 것으로 나타나 추출용액의 pH가 증가할수록 유화형성력은 증가되었다.

겔형성력: SPI_2, SPI_3, SPI_7, SPI_{10} 및 SPI_{12}의 겔(gel)을 형성하는 최소단백질농도가 각각 11.5, 6.0, 8.0, 7.0 및 10.0%로 나타나 pH 2.0과 pH 12.0에서 추출된 SPI는 겔을 형성하는데 있어 비교적 높은 단백질농도를 요하는 반면, pH 3.0, pH 7.0 및 pH 10.0에서 추출된 SPI는 낮은 단백질농도에서 겔을 형성하였다(Table 3). Byun과 Kim[27]은 SPI의 겔을 형성하는 최소단백질농도가 8%라고 보고하였으며 Utsumi 등[28]은 11S 대두단백질의 겔을 형성하는 최소농도가 2.5%라고 보고하였다. 따라서 SPI의 겔형성력은 추출방법과 종류에 의해서 달라지며 특히 추출용액의 pH에 의해서 겔형성력이 크게 달라지는 결과를 얻었다.

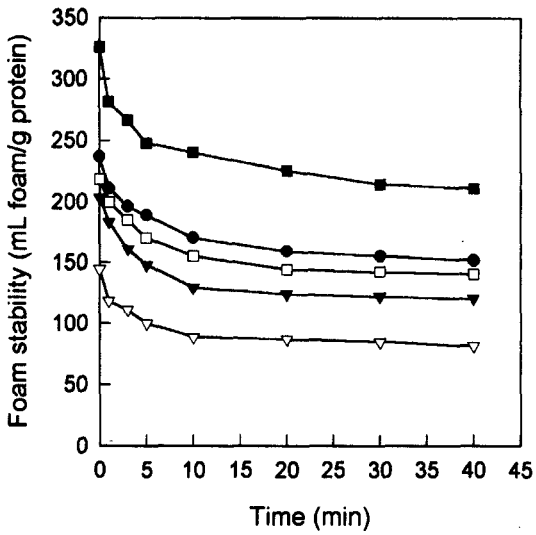

Fig. 2. Foam stability of soybean protein isolate at pH 7.0. ●—●: SPI_2, ▽—▽: SPI_3, ▼—▼: SPI_7, □—□: SPI_{10}, ■—■: SPI_{12}

요 약

본 연구에서는 산성(pH 2.0, 3.0), 중성(pH 7.0) 및 알칼리성(pH 10.0, 12.0)영역에서 각각 추출된 SPI들의 기능성을 상호비교하였다. pH 3.0에서 추출된 SPI의 단백질함량은 93.31%로 최고값을, pH 7.0에서 추출된 SPI의 단백질함량은 73.93%로 최소값을 나타내었다. pH 3.0에서 추출된 SPI의 추출수율은 0.36%로 최소값

Table 3. The functionalities of soybean protein isolate

Sample	Water absorption[1)]	Oil absorption[2)]	Foam capacity[3)]	Emulsion capacity[4)]	The least gelation concentration
SPI_2	347.3	151.2	234.9	161.1	11.5
SPI_3	123.7	145.3	143.6	186.7	6.0
SPI_7	187.1	125.3	203.9	201.0	8.0
SPI_{10}	161.0	122.2	217.8	305.9	7.0
SPI_{12}	382.6	171.8	322.7	300.8	10.0

[1)]%, [2)]%, [3)]mL foam/g protein, [4)]mL oil/g protein, [5)]% (w/w)

을, pH 12.0에서 추출된 SPI의 추출수율은 47.54 %로 최고값을 나타내었다. SPI의 기능성(용해도, 수분흡수력, 유지흡수력, 기포형성력, 기포안정성, 유화형성력 및 겔형성력)은 대두단백질 추출시 추출용액의 pH에 의해 크게 좌우되었다. pH 2.0과 3.0에서 추출된 SPI의 용해도는 산성영역에서 크게 나타났고 pH 3.0과 7.0에서 추출된 SPI는 중성영역에서 높은 용해도를 보였으나 pH 2.0, 3.0, 7.0, 10.0 및 12.0에서 추출된 SPI는 모두 알칼리성 영역(pH 9.0-10.0)에서 높은 용해도를 나타내었다. pH 2.0과 pH 12.0에서 추출된 SPI의 수분흡수력, 유지흡수력, 기포형성력 및 기포안정성은 다른 pH에서 추출된 SPI보다 크게 나타났으나 유화력의 경우 추출용액의 pH가 증가될수록 유화력이 증가하였다.

문 헌

1. Kabirullah, M. and Wills, R.B.H.: Hydration characteristics of sunflower proteins. *Lebensm.-Wiss. -Technol.*, **15**(5), 267-269 (1982)
2. Wiseman, M. O. and Price, R. L.: Functional properties of protein concentrates from pressed jojoba meal. *Cereal Chem.*, **64**(2), 94-97 (1987)
3. Seyam, A. A., Banasik, O. J. and Breen, M. D.: Protein isolates from navy and pinto beans: Their uses in macaroni products. *J. Agric. Food Chem.*, **31**, 499-502 (1983)
4. Sundar, R. S. and Rao, D. R.: Functional properties of native and acylated peanut proteins prepared by different methods. *Lebensm-Wiss. -Technol.*, **11**(4), 188-191 (1978)
5. Kim(Lee), S. Y., Park, P. S.-W. and Rhee, K. C.: Functional properties of proteolytic enzyme modified soy protein isolate. *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 651-656 (1990)
6. Cha, M. H. and Yoon, S.: Modification of functional properties of soy protein isolate by proteolytic enzymes (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **25**(1), 39-45 (1993)
7. Franzen, K. L. and Kinsella, J. E.: Functional properties of succinylated and acetylated soy protein. *J. Agric. Food Chem.*, **24**(4), 788-795 (1976)
8. Sung, H., Chen, H., Liu, T. and Su, J.: Improvement of the functionalities of soy protein isolate through chemical phosphorylation. *J. Food Sci.*, **48**, 716-721 (1983)
9. Choi, Y. R., Lusas, E. W. and Rhee, K. C.: Effect of acylation of defatted cottonseed flour with various acid anhydrides of protein extractability and functional properties of resulting protein isolates. *J. Food Sci.*, **47**, 1713-1716 (1982)
10. Lah, C. L. and Cheryan, M.: Emulsifying properties of a full-fat soy protein product produced by ultrafiltration. *Lebensm.-Wiss. -Technol.*, **13**(5), 259-263 (1980)
11. Ishino, K. and Okamoto, S.: Molecular interaction in alkali denatured soybean proteins. *Cereal Chem.*, **52**, 9-21 (1975)
12. Koshiyama, I.: Some aspects of subunit structure of a 7S protein in soybean globulins. *Agr. Biol. Chem.*, **35**(3) 385-392 (1971)
13. Sung, H., Chen, H., Liu, T. and Su, J.: Improvement of the functionality of soy protein by introduction of new thiol groups through a papain-catalyzed acylation. *J. Food Sci.*, **48**, 708-711 (1983)
14. Lillford, P. J. and Wright, D. J.: Influence of isoelectric precipitation on the solubility of soya bean proteins. *J. Sci. Food Agric.*, **32**, 315-327 (1981)
15. Ross, L. F. and Bhatnagar, D.: Enzymatic phosphorylation of soybean proteins. *J. Agric. Food Chem.*, **37**(4), 841-844 (1989)
16. Peng, I. C., Quass, D. W., Dayton, W. R. and Allen, C. E.: The physicochemical and functional properties of soybean 11S globulin-A review. *Cereal Chem.*, **61**(6), 480-490(1984)
17. Han, J. S. and Hwang, I. K.: Effects of functional properties of soy protein isolate and qualities of soybean curd upon proteolytic hydrolysis (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **24**(3), 294-299 (1992)
18. A. O. A. C.: *"Official Method of Analysis"* 13th, ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1980)
19. A. A. C. C.: *"Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists"* American Association of Cereal Chemists, Inc., U.S.A. (1969)
20. Wang, J. C. and Kinsella, J. E.: Functional properties of novel proteins: Alfalfa leaf protein. *J. Food Sci.*, **41**, 286-292 (1976)
21. Beuchat, L. R.: Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *J. Agri. Food Chem.*, **25**(2) 258-261 (1977)
22. Yamauchi, K., Shimizu, M. and Kamiya, T.: Emusifying properties of whey protein. *J. Food Sci.*, **45**, 1237-1242 (1980)
23. Webb, N. B., Ivey, F. J., Craig, H. B., Jones, V. A. and Monroe, R. J.: The measurement of emulsifying capacity by electrical resistance. *J. Food Sci.*, **35**, 501-504 (1970)
24. Saio, K., Kaji, M. and Watanabe, T.: Food use of soybean 7S and 11S proteins. *J. Food Sci.*, **38**, 1139-1144 (1973)
25. Bhagya, S. and Srinivasan, K. S.: Effect of different methods of drying on the functional properties of enzyme treated groundnut flour. *Lebensm.-Wiss. -Technol.*, **22**(6), 329-333 (1989)
26. Dench, J. E., Rivas, N. R. and Caygill, J. C.: Selected functional properties of sesame (Sesamum indicum L.) flour and two protein isolates. *J. Sci. Food Agric.*, **32**, 557-564 (1981)
27. Byun, S. M. and Kim, C. J.: Functional properties of soy protein isolates prepared from defatted soybean meal (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **9**(2), 123-130 (1977)
28. Utsumi, S., Nakamura, T. and Mori, T.: A micro-method for the measurement of gel properties of soybean 11S globulin. *Agric. Biol. Chem.*, **46**(7) 1923-1924 (1982)

(1998년 1월 31일 접수)