

단백질 추출 pH가 참깨 농축단백질의 기능적 특성에 미치는 영향

김은정 · 박정룡[†]

영남대학교 식품영양학과

The Effect of Protein Extraction pH on the Functional Properties of Sesame Protein Concentrates

Eun-Jung Kim and Jyung-Rewng Park[†]

Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyongsan 712-749, Korea

Abstract

Sesame protein concentrate (SPC) was prepared from defatted sesame flour (DSF) at several different pH (2.0, 7.0, 9.0, 11.0) for protein extraction. Some of their functional properties were determined in order to compare the effects of pH during preparation of concentrates. Compared with DSF, nitrogen solubility was markedly improved in all SPC, and SPC extracted at pH 11.0 showed the highest solubility at all pH levels examined. Fat absorption was increased in all SPC prepared, but water absorption was decreased as the extraction pH of protein increased. The emulsifying properties and foaming properties of SPC were remarkably higher than DSF. As the extraction pH of protein was increased, the emulsion activity was also increased, but emulsion stability was decreased. SPC extracted at pH 7.0 showed the highest foaming capacity on the other hand, the highest foaming stability was shown in SPC extracted at pH 2.0. As the protein extraction pH increased, the viscosity of the protein solution was increased. SPC extracted at pH 11.0 showed highest viscosity at all protein concentrations tested.

Key words : sesame protein concentrate, extraction pH, functional properties

서 론

식품의 단백질은 영양적 가치 뿐만 아니라 다양한 기능적 특성으로 인해 식품의 조리 가공 과정에서 널리 이용되고 있으며, 이러한 이유로 새로운 단백질의 개발에 대한 많은 연구가 행해지고 있다. 새로운 단백질 자원으로 대두(1-4), 밀(5)과 더불어 참깨(6), 땅콩(7), 유채(8) 등의 유량종실에 대한 연구가 진행되어 오고 있는데 이들 유량종실들은 기름을 주로 식용하고 있지만 기름을 추출하고 남은 "박(粕)"에는 단백질 함량이 높고, 그 질 또한 우수한 것이 많아 식량자원으로의 이용 전망이 높다.

참깨(*Sesamum indicum* L.)는 45~63%의 지방, 17~32%의 단백질 등을 함유하고 있는 중요한 유지자원으로(9), 참기름은 sesamol에 의한 우수한 항산화성과 독특한

한 향미로 식품에 널리 이용되고 있다. 그러나, 착유 후 남은 탈지박에는 50% 내외의 단백질을 함유하고 있지만 동물 사료나 비료 등으로만 이용되고 있는 실정이다. 참깨박 단백질은 methionine, cystine, tryptophan 등과 같은 아미노산이 풍부하고 열에 매우 안정하며 calcium과 niacin의 함량이 높아 우수한 단백질 자원으로서의 이용 가능성을 가지고 있다(10-12). 이러한 식물성 단백질을 식품에 이용하기 위해서는 용해성, 유화성, 기포성, 점성, 수분 및 지방 흡수력과 같은 기능성이 문제시되는데, 이러한 기능적 특성들은 단백질의 구성과 구조, 다른 식이성분들과의 상호작용에 의해 영향을 받으며(3), 이러한 기능성의 연구는 단백질의 질 향상을 위한 기초자료와 가공, 조리 식품에서 단백질의 성질을 이해하는데 필수적이다. 한편 이러한 기능성에 영향을 미치는 인자들은 단백질 자체의 물리, 화학적 성질과 같은 내적 요인 뿐만 아니라, 추출 조건에 따라서도 크게 좌우되는 것으로 알려져 있다

[†]To whom all correspondence should be addressed

(2,13). 단백질의 추출은 flour 입자크기, 추출용매와의 비율, 온도, pH, 추출용매의 이온강도 등에 영향을 받으며 (14), 추출 조건을 달리하여 제조된 단백질의 식품학적 기능성의 비교에 대한 연구가 진행되고 있다 (13,15).

본 연구는 지방을 제거한 참깨를 식품단백질원으로 이용하기 위한 방법으로 추출 pH에 따라 제조된 참깨 농축단백질의 기능적 특성의 차이를 검토함으로써 기능성을 향상시킬 수 있는 가장 적절한 단백질 추출조건을 검토하고자 시도하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 참깨는 93년 의성산으로 193°C에서 13분간 볶음기계 (태환 자동화산업, 서울)에서 볶은 다음 연속 압착식 착유기 (풍산 기공사, 대구)로 참기름을 착유한 후 분리된 것을 사용하여 시료의 10배에 해당하는 ethyl ether를 가하여 다시 한번 탈지시키고 실온에서 24시간 풍건하여 50 mesh sieve를 통과하도록 분쇄하여 시료로 사용하였다.

농축 단백질의 제조

농축 단백질은 Rhee 등 (15)의 방법으로 제조하였다. 탈지 참깨분말에 시료의 10배에 해당하는 증류수를 첨가한 다음 1N HCl과 1N NaOH용액으로 pH를 2.0, 7.0, 9.0, 11.0으로 각각 조정하여 실온에서 1시간 교반한 후 10분간 원심분리 (3,000×g)하여 얻은 상정액에 1N NaOH와 1N HCl용액으로 pH를 4.5로 조정하여 단백질을 침전시키고, 30분간 원심분리 (5,000×g)하여 분리된 잔사를 1N NaOH용액으로 pH 7.0으로 다시 조정한 후 -40°C에서 동결하여 냉동건조기 (Model MC FD 5510, 일진 Engineering)로 plate temp. -50°C, vacuum degree 50×10⁻² torr에서 건조하였다.

단백질 함량

각 시료의 단백질 함량은 micro-Kjeldahl법 (16)으로 측정하였다.

용해도

질소 용해도는 Dench 등 (12)의 방법으로 동결건조된 농축단백질 0.5g에 1N HCl과 1N NaOH를 사용하여 최종 용량이 10ml가 되게 pH를 단계적 (pH 2.0~12.0)으로 조정하고 25°C에서 30분간 교반한 후 원심분리

하고 분리된 상정액을 취하여 micro-Kjeldahl법으로 질소를 정량하여 총 질소에 대한 백분율로 용해도를 계산하였다.

겉보기 밀도, 수분 및 지방흡수력

겉보기 밀도는 Rahma와 Narasinga (17)의 방법에 의하여 무게가 측정된 시료를 15ml 원심분리관에 넣고 계속 가볍게 두드려 부피변화가 없을 때 중단하여 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{겉보기 밀도} = \frac{\text{시료의 무게 (g)}}{\text{시료의 부피 (ml)}}$$

수분 및 지방 흡수력은 Wang과 Kinsella (13)의 방법에 따라 시료 1g에 수분 흡수력은 증류수 10ml, 지방 흡수력은 옥수수 기름 10ml를 각각 첨가하여 homogenizer로 30초간 혼합한 후 3,000×g에서 15분간 원심분리하여 얻은 상정액의 부피를 10ml cylinder로 측정하였다. 각각의 흡수력은 1g의 시료에 흡수된 증류수와 옥수수 기름의 부피를 ml로 나타내었다.

유화성

유화 활성과 유화 안정성은 Wang과 Kinsella (13)의 방법에 따라 시료 1g에 증류수 10ml를 가하여 homogenizer로 5,000rpm에서 1분간 분산시킨 후, 옥수수기름 10ml를 다시 첨가하여 동일한 방법으로 분산시켜 균일 혼합하였다. 이때 형성된 혼합액을 두개의 centrifuge tube에 1/2씩 나누어 넣고, 하나는 유화 활성에 다른 하나는 유화 안정성의 측정에 사용하였다. 유화 활성은 1,600×g에서 5분간 원심분리하여 다음 식에 의하여 계산하였으며 유화 안정성은 유화액을 80°C 항온수조에서 30분간 가열한 후 15°C로 냉각한 다음 1,600×g에서 5분간 원심분리하여 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{유화활성 (\%)} = \frac{\text{유화된 층의 높이 (ml)}}{\text{시험관내 총 내용물의 높이 (ml)}} \times 100$$

$$\text{유화안정성 (\%)} = \frac{\text{가열 후의 유화된 층의 높이 (ml)}}{\text{시험관내 총 내용물의 높이 (ml)}} \times 100$$

기포성

기포 형성력과 기포 안정성은 Sathe 등의 (18) 방법을 일부 수정하여 시료 0.5g에 증류수 50ml를 첨가하여 분산시키고 이 분산액을 homogenizer로 8,000rpm에서 3분간 포립한 후 250ml 실린더에 옮겨 전체량을

기록하고 경시적 (0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 8.0시간)으로 각각의 부피를 측정하여 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\text{비체적} = \frac{\text{포럼 후의 부피 (ml)}}{\text{포럼 후의 무게 (g)}}$$

$$\text{기포형성력(\%)} = \frac{\text{포럼 후의 부피(ml)} - \text{포럼전의 부피(ml)}}{\text{포럼 전의 부피(ml)}} \times 100$$

점도

점도 측정은 Fleming(19)의 방법으로 시료를 농도별 (2, 4, 6, 8, 10% (w/v))로 실온에서 30분간 교반하여 완전히 용해시킨 후 viscometer (Model LVT-100, Brookfield Engineering Lab., USA)로 UL spindle을 이용해 50 rpm에서 측정하였다.

결과 및 고찰

단백질 함량

탈지 참깨분말의 단백질 함량은 49.07%인데 비하여, pH 2.0, 7.0, 9.0, 11.0에서 추출한 참깨 농축단백질의 단백질 함량은 각각 60.57, 67.72, 79.50, 83.44%로 추출 pH가 높은 농축단백질일수록 높은 단백질 함량을 나타내었다.

용해도

Fig. 1은 pH 변화에 따른 질소 용해도를 나타낸 것으로 농축단백질의 질소 용해도는 탈지 참깨분말에 비해 현저한 증가를 보였으며, 농축단백질들간의 용해도는 추출 pH가 높은 단백질일수록 높은 용해도를 나타내었다. SPC IV는 pH 12.0에서 80% 이상으로 최고의 용해도를 나타내었는데, Kinsella (3)는 알칼리 처리, 특히 pH 10.5를 초과하면 단백질의 해리를 야기시킴으로 단백질의 용해도를 향상시킨다고 보고하였다. 한편 SPC I 은 다른 농축단백질들에 비해 다소 낮은 용해도를 나타내었는데, 이는 산성에서 단백질의 용해도가 알칼리에 비하여 낮기 때문에 산성범위에서 추출한 농축단백질인 SPC I 이 중성, 혹은 알칼리에서 추출한 농축단백질들에 비하여 저조한 용해도를 나타내는 것으로 사료된다. 또한 Dench 등 (12)이 보고한 참깨 단백질의 alkali isolate의 용해도는 pH 6.0에서 5% 미만으로 본 실험결과 보다 훨씬 낮았고, pH 10.0에서는 90%의 용해도를 보여 본 실험의 54~73% 보다 높게 나타났다. 이러한 용해도의 차이는 단백질의 추출시 시료분말과 물의 비율, 추출시간, 추출온도 등의 차이

에 의한 것으로 보이며, Shen (20)은 대두 분리단백질에서 혼합속도, 섞임의 정도, 추출온도 등에 따라 용해도는 달라지며, 추출온도의 경우 20°C에서 60°C로의 온도증가는 10%내외의 용해도증가를 나타낸다고 보고하였다.

겉보기 밀도, 수분 및 지방 흡수력

각 시료의 겉보기 밀도, 수분 및 지방 흡수력은 Table 1과 같다. 탈지 참깨분말의 겉보기 밀도는 0.79g/ml로 가장 높은 밀도를 나타냈으나 시료간의 큰 차이는 보이지 않았다. Buchanan (21)에 의하면 겉보기 밀도는 동결건조 전의 수분 함량과 밀접한 관련이 있어, 동결건조 전의 단백질의 수분 함량이 높으면 보다 부드러운 분리 단백질을 얻을 수 있다고 보고하였다. 한편 수분 흡수력은 추출 pH가 높은 단백질일수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 특히 탈지 참깨분말의 경우 2.5ml/g

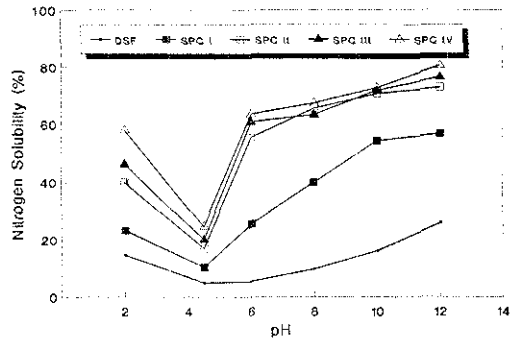


Fig. 1. The nitrogen solubility profiles of sesame protein concentrates at various pH levels.

- DSF : Defatted sesame flour
- SPC I : Sesame protein concentrate by extraction at pH 2.0/precipitation at pH 4.5
- SPC II : Sesame protein concentrate by extraction at pH 7.0/precipitation at pH 4.5
- SPC III : Sesame protein concentrate by extraction at pH 9.0/precipitation at pH 4.5
- SPC IV : Sesame protein concentrate by extraction at pH 11.0/precipitation at pH 4.5

Table 1. Bulk density, water absorption and fat absorption of sesame protein concentrates

Sample ^{a)}	Bulk density (g/ml)	Water absorption (ml H ₂ O/g)	Fat absorption (ml oil/g)
DSF	0.79	2.5	2.1
SPC I	0.75	2.2	3.3
SPC II	0.71	1.0	3.0
SPC III	0.76	0.5	3.2
SPC IV	0.71	0.2	3.0

^{a)}Abbreviations are the same as in Fig. 1

이었으나 SPC IV는 0.2ml/g으로 10배 이상 감소하였으며, 이는 가용성 단백질의 높은 함량에 인한 것으로 사료된다. 또한 Thompson 등(8)은 rapeseed에서 분리 단백질이 조직화될수록 수분 흡수력이 감소한다고 보고하였다. 지방 흡수력은 탈지 참깨분말의 경우 2.1ml/g이었으나, 농축단백질에서는 모두 3.0ml/g 이상으로 30% 이상의 높은 지방 흡수력을 나타내었다. Carnella 등(22)은 탈지 분리단백질이 대체적으로 높은 지방 흡수력을 나타내는 것은 그 단백질이 친유성 상태임을 의미하며, 여러 개의 비극성 결사슬이 지방의 탄화수소사슬에 결합되어 나타난 결과라고 설명하였다. 높은 지방 흡수력을 가진 참깨 농축단백질은 sausage와 같은 육가공식품 등의 제조에도 이용가능할 것으로 사료된다.

유화성

단백질은 표면활성을 가지는 물질로서 물과 기름이 단백질과 결합하여 단백질의 표면장력을 저하시킴으로 유화의 형성을 용이하게 하는데, 이러한 단백질의 작용은 식품 제조과정의 품질향상과 기호성 증진에 중요한 작용을 하며, 높은 유화성은 콜로이드성 식품조직의 안정화에 유용하다(23). Table 2는 각 시료의 유화 활성과 유화 안정성을 나타낸 것으로 각각의 농축 단백질의 유화 활성은 탈지 참깨분말의 유화 활성(3.03%)에 비하여 20배 이상의 증가를 나타내었으며, 특히 SPC IV는 최고의 유화 활성(83.69%)을 나타내었다. 한편 이러

한 유화 활성은 추출 pH가 높은 농축단백질일수록 증가하는 경향을 보였는데, 이러한 결과는 농축단백질들의 용해성과 관련 있으며, 높은 친유성을 가진다는 것을 시사하는 것으로, Kinsella(3)는 최대의 용해도에서 유화 활성 또한 최대를 나타낸다고 보고하였다. 또한 각각의 농축단백질 모두가 우수한 유화 안정성을 나타내 이들 단백질이 80°C에서 30분 동안의 가열에도 안정함을 나타내었다.

기포성

Table 3은 각 시료의 기포성을 나타낸 것으로 탈지 참깨분말의 기포 형성력이 41.18%인데 비해 SPC I, II, III, IV의 기포 형성력은 각각 115.69, 162.75, 143.14, 131.37%로 크게 증가하였다. 농축단백질간의 기포 형성력을 비교하면 증성에서 추출한 농축단백질의 기포 형성력이 가장 높았으며, 산성에서 추출된 농축단백질 보다 알칼리에서 추출된 농축단백질의 기포 형성력이 더욱 우수하였다. 이러한 결과는 단백질의 기포 형성력이 용해도와 깊은 상관관계를 가지는데(3,24) 산성에서 추출된 SPC I은 산성 pH에서 단백질과 phytate가 결합한 복합체의 형성에 의한 가용성 단백질의 감소(3)에 의해 낮은 기포 형성력을 나타내며, 알칼리 추출 단백질의 높은 기포성은 알칼리용액에서 단백질, 특히 가용성 단백질의 양을 증가시킴으로 기포 형성력이 향상된 것으로 사료된다. 한편 기포 안정성에서 탈지 참깨분말이 기포를 형성한지 3시간 후 기포가 거의 사라졌으나, 나머지 농축단백질의 기포는 5시간 이상 지속되었고, 특히 SPC I의 기포는 8시간 이상 지속되어 기포 안정성이 가장 우수한 것으로 나타났다. 한편 추출 pH의 알칼리가 높은 농축단백질일수록 기포 안정성은 떨어지는 것으로 나타났는데, 이는 기포 형성력과는 다른 경향으로 Kinsella(3)는 낮은 표면장력이 기포 안정성을 증가시킨다고 보고하였으며, Graham과 Phillips(25)는 단백질의 경우 용해도가 가장 낮은 등전점에서는 정전기적 반발력이 최소가 되고 표면장력

Table 2. Emulsifying properties of sesame protein concentrates

Sample ^a	Emulsifying properties	
	Activity	Stability
DSF	3.03	2.86
SPC I	69.66	66.67
SPC II	74.47	64.10
SPC III	72.78	57.96
SPC IV	83.69	58.82

^aAbbreviations are the same as in Fig. 1

Table 3. Foaming capacity and stability of sesame protein concentrates

Sample ^a	Wt. after Whipping (g)	Vol. after whipping (ml)	Vol. increase (%)	Specific Vol. (ml/g)	Vol. (ml) at room temp. after time (hr)					
					0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	8.0
DSF	49.55	72	41.18	1.45	58	56	55	52	50	50
SPC I	49.52	110	115.69	2.22	108	106	94	86	78	60
SPC II	49.74	134	162.75	2.69	116	110	80	70	64	50
SPC III	49.96	124	143.14	2.48	106	80	74	68	62	50
SPC IV	49.88	118	131.37	2.37	80	74	64	58	56	50

^aAbbreviations are the same as in Fig. 1

이 감소되어 기포 안정성이 증가된다고 하였다. 즉, pH가 등전점에서 멀어지면 단백질의 전전하(total electric charge)가 증가되어 단백질 분자간의 반발력 증가로 인해 기포 안정성이 감소된 것으로 생각된다. 기포성을 향상시키려는 연구는 제품의 다양화와 기호성 증진이란 측면에서 필요하다고 생각되며, 단백질의 안정된 기포형성력은 식품의 질감과 색깔에 크게 영향을 미치며, 유제품, cake, ice cream과 같은 식품제조에 이용될 수 있다고 제안된 바 있다(22).

점도

각 농축단백질의 농도별 점도를 측정된 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 단백질 농도별로 가장 낮은 점도를 나타낸 것은 SPC I (1.1~2.03cps)으로 우유(1.3~1.6cps) (26)와 비슷한 점도를 나타내었는데, 참깨 농축단백질들의 대체적으로 낮은 점도는 구상단백질의 고유한 특성 중의 하나이다(15). 각 농축단백질의 농도별 점도를 보면 단백질의 농도가 증가함에 따라 점도의 증가를 보였으며, 그 증가 경향은 단백질의 농도가 높을수록 더욱 큰 폭으로 증가하였다. 또한 추출 pH가 높은 단백질일수록 단백질 농도 변화에 따라 더욱 뚜렷한 점도 증가를 나타내었다. 즉, pH 2.0에서 추출한 SPC I은 2% 용액에서 1.10 cps를 나타냈고, 10%에서는 2.03cps로 소폭 증가하였다. 반면 pH 11.0에서 추출한 SPC IV는 2% 단백질용액에서 1.15cps였으나 10% 단백질용액에서는 5.27cps로 큰 증가를 보였다. 이는 Rhee 등(15)의 단백질 농도에 따른 peanut protein의 점도 측정결과와 일치하였다. 이러한 점도의 증가는 단백질의 농도가 증가함에 따라 분자간의 거리가 좁아지고 충돌횟수가 증가함으로 여러 가지 결합력의 작용에 의한 것으로(27), 단

백질의 점도는 단백질의 용해도와 직접적인 관계가 있고(28), 추출 pH가 높은 단백질일수록 높은 용해도를 나타내며, 이로 인해 점도가 증가된 것으로 사료된다.

요 약

참깨 단백질을 새로운 식품 단백질자원으로 이용하기 위한 목적으로 여러 pH조건에 따라 참깨 농축단백질을 제조하고 농축단백질간의 기능적 특성의 차이를 검토하였다. pH 2.0, 7.0, 9.0, 11.0에서 각각 추출된 농축단백질의 단백질 함량은 60.57, 67.72, 79.50, 83.44%로 추출 pH가 증가함에 따라 높은 단백질 함량을 나타내었다. 농축단백질들의 용해도는 탈지 참깨분말에 비해 현저한 증가를 나타내었으며, 추출 pH가 높은 단백질일수록 높은 용해도를 보였다. 한편, 농축단백질들의 수분 흡수력은 추출 pH가 높은 단백질일수록 낮았고, 지방 흡수력은 큰 차이를 보이지 않았다. 유화 활성과 유화 안정성은 탈지 참깨분말 보다 농축단백질에서 크게 향상되었고, 특히 pH 11.0에서 추출한 농축단백질이 83.69%로 가장 높은 유화 활성을 나타내었으며, 유화 안정성은 산성(pH 2.0)에서 추출한 농축단백질이 66.67%로 가장 높았다. 기포 형성력은 pH 7.0에서 추출한 농축단백질이 162.75%로 최고의 기포 형성력을 보였고, pH 2.0에서 추출한 농축단백질의 기포 안정성이 가장 우수하였다. 점도는 추출 pH가 높은 단백질일수록 농도 변화에 따라 더욱 큰 점도의 증가를 나타내었다.

문 헌

1. Deeslie, W. D. and Cheryan, M. : Functional properties of soy protein hydrolysates from a continuous ultrafiltration reactor. *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 26(1988)
2. Wolf, W. J. : Soybean protein ; Their functional, chemical and physical properties. *J. Agric. Food Chem.*, **18**, 969(1970)
3. Kinsella, J. E. : Functional properties of soy proteins. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 242(1979)
4. 변시명, 김철진 : 탈지대두박에서 추출한 분리 대두 단백질의 식품학적 성질. *한국식품과학회지*, **9**, 123(1977)
5. Wheeler, E. L. and Ferrel, R. E. : A method for phytic acid determination in wheat and wheat fractions. *Cereal Chem.*, **48**, 312(1971)
6. Nilo Rivas, R., Dench, J. E. and Caygill, J. C. : Nitrogen extractability of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed and the preparation of two protein isolates. *J. Sci. Food Agric.*, **32**, 565(1981)
7. Mcwatters, K. H., Cherry, J. P. and Holmes, M. R. : Influence of suspension medium and pH on functional

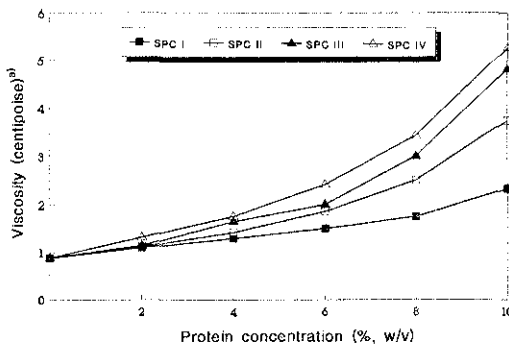


Fig. 2. Viscosity of sesame protein concentrates in water at various protein concentrations (pH 7.0).

*Viscosity was determined by Brookfield Viscometer LVF-100 at 22°C. Abbreviations are the same as in Fig. 1.

- and protein properties of defatted peanut meal. *J. Agric. Food Chem.*, **24**, 517 (1976)
8. Thompson, L. U., Reyes, E. and Jones, J. D. : Modification of the sodium hexametaphosphate extraction-precipitation technique of rapeseed protein concentrate preparation. *J. Food Sci.*, **47**, 1175 (1982)
 9. Salunkhe, D. K., Chavan, J. K., Adsule, R. N. and Kadam, S. S. : World oilseed ; Chemistry, technology, and utilization. Van Nostrand Reinhold, New York, p.371 (1992)
 10. 신호선 : 참깨박에 대한 식품영양학적 연구. 한국식품과학회지, **5**, 113 (1973)
 11. De Pauda, M. R. : Some functional and utilization characteristics of sesame flour and proteins. *J. Food Sci.*, **48**, 1145 (1983)
 12. Dench, J. E., Nilo Rivas, R. and Caygill, J. C. : Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. *J. Sci. Food Agric.*, **32**, 557 (1981)
 13. Wang, J. C. and Kinsella, J. E. : Functional properties of novel proteins ; Alfalfa leaf protein. *J. Food Sci.*, **41**, 286 (1976)
 14. Evans, R. J. and Bandemer, S. L. : Nutritive value of some oilseed proteins. *Cereal Chem.*, **44**, 417 (1967)
 15. Rhee, K. C., Cater, C. M. and Mattil, K. F. : Effect of processing pH on the properties of peanut protein isolates and oil. *Cereal Chem.*, **50**, 395 (1973)
 16. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*. 13th ed., Association of official analytical chemists. Washington, D. C. (1980)
 17. Rahma, E. H. and Narasinga Rao, M. S. : Effect of acetylation and succinylation of cottonseed flour on its functional properties. *J. Agric. Food Chem.*, **31**, 352 (1983)
 18. Sathe, S. K., Deshpande, S. S. and Salunkhe, D. K. : Functional properties of Lupin (*Lupin mutabilis*) seed proteins and protein concentrates. *J. Food Sci.*, **47**, 491 (1982)
 19. Fleming, S. E., Sosulski, F. W. and Humbert, E. S. : Viscosity and water absorption characteristics of slurries of sunflower and soybean flours, concentrates and isolates. *J. Food Sci.*, **39**, 188 (1974)
 20. Shen, J. L. : Soy protein solubility ; The effect of experimental conditions on the solubility of soy protein isolates. *Cereal Chem.*, **53**, 902 (1976)
 21. Buchanan, R. A. : Effect of storage and lipid extraction on the properties of leaf protein. *J. Sci. Food Agric.*, **20**, 359 (1959)
 22. Carnella, M., Castriotta, G. and Bernardi, A. : Functional and physicochemical properties of sunflower proteins. *Lebensmitt-Wissenschaft Tech.*, **12**, 95 (1979)
 23. Ramathan, G., Lee, H. R. and Urs, L. N. : Emulsification properties of groundnut protein. *J. Food Sci.*, **43**, 1270 (1978)
 24. 박현숙, 안빈, 양차범 : 참깨와 들깨 단백질의 기능성에 관한 연구. 한국식품과학회지, **22**, 350 (1990)
 25. Graham, D. E. and Phillips, M. C. : The conformation of proteins at the air-water interface and their role in stabilizing foams. In "foams", Academic press, New York, p.237 (1976)
 26. Whitaker, R., Sherman, J. M. and Sharp, P. F. : Effect of temperature on the viscosity of skim milk. *J. Dairy Sci.*, **10**, 361 (1927)
 27. 이철호 : 단백질의 유체 변형성. 한국식품과학회지, **12**, 66 (1980)
 28. Lawhon, J. T. and Cater, C. M. : Effect of processing method and pH precipitation on the yields and functional properties of protein isolates from glandless cottonseed. *J. Food Sci.*, **36**, 372 (1971)

(1995년 4월 26일 접수)