

## 단백질 추출 pH가 참깨 농축단백질의 성분에 미치는 영향

김은정 · 박정룡<sup>†</sup>

영남대학교 식품영양학과

### The Effect of Protein Extraction pH on the Components of Sesame Protein Concentrates

Eun-Jung Kim and Jyung-Rewng Park<sup>†</sup>

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

#### Abstract

This study was carried out to investigate the effect of extracting pH on the components and color of sesame protein concentrate (SPC). The protein contents of SPC by extracted at pH 2.0, 7.0, 9.0 and 11.0 were 60.57, 67.72, 79.50 and 83.44%, respectively. Most of the phytates were removed in SPC extracted at pH 7.0, 9.0 and 11.0, but the phytate content of SPC extracted at pH 2.0 was about the same as that of defatted sesame flour. The highest decrease of phytate was found in SPC extracted at pH 11.0 (94.80%). SPC extracted at pH 2.0 contained the highest amount of Ca, Mg, Fe and Zn than those in other SPC prepared, while highest amount of Cu was found in SPC extracted at pH 11.0. Sodium content was similar among all the SPC prepared. SPC extracted at pH 7.0 resulted in brighter color, but SPC extracted at pH 11.0 showed a little darker in appearance.

Key words : sesame protein concentrate, extraction pH

#### 서 론

최근들어 새로운 단백질의 개발에 대한 많은 연구가 행해지고 있으며, 특히 식물성 단백질은 경제적이고 손쉽게 구할 수 있는 이점과 함께 성인병 예방과 치료 차원에서도 그 이용성이 증가되고 있는 추세이다. 새로운 식물성 단백질 자원으로 대두(1-4), 밀(5)과 더불어 참깨(6), 땅콩(7), 유채(8) 등과 같은 유량종실에 대한 연구가 진행되어 오고 있다. 이들 유량종실들은 기름을 주로 식용으로 이용하고 있지만 종실에서 기름을 추출하고 남은 "박(粕)"에는 단백질 함량이 높고, 그 질 또한 우수한 것이 많아 식량자원으로의 이용 전망이 높다. 뿐만 아니라, 지금까지 식품으로 이용되고 있지 않은 새로운 단백질 자원의 개발이라는 면에서 그 활용 방법에 대한 관심이 높아지고 있다.

참깨(*Sesamum indicum* L.)는 45~63%의 지방과 17~32%의 단백질을 함유하고 있는 중요한 유지자원으로

(9), 참기름은 sesamol에 의한 우수한 항산화성(10)과 독특한 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(11-13). 그러나 유량 종실에 함유되어 있는 영양 저해인자인 phytate는 Ca, Mg, Fe, Zn 등의 금속이온과 phytin이라는 불용성 염을 형성하여 단백질 및 무기질의 체내흡수를 저해하며(14), 특히 protein-phytate-mineral 복합체는 phytate 단독 보다 무기질 흡수를 더욱 감소시키는 것으로 보고(15)되고 있어 농축단백질에서 이 물질의 제거가 필요하다. 한편 단백질의 추출은 flour입자 크기, 추출용매와의 비율, 온도, pH, 추출용매의 이온강도 등에 의해 영향을 받는다(16). 이러한 추출 조건 중 pH에 따른 단백질의 제조에 관한 연구로서 Rhee 등(7)은 여러 pH 조건에 따라 제조된 peanut protein간의 아미노산

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

조성을 비교하였고, 참깨 (17)와 대두(2)에서 pH를 이용해 단백질과 phytate의 결합을 해리시킴으로써 단백질 내의 phytate 함량을 낮출 수 있다는 연구도 보고되었다. 또한 Grynspan과 Cheryan (18)은 pH가 무기질의 용해성에도 영향을 미친다고 보고하였다.

본 연구는 지방을 제거한 참깨를 이용하여 추출 pH 조건에 따라 제조된 참깨 농축단백질의 성분들을 비교함으로써 양질의 단백질을 얻을 수 있는 가장 적절한 단백질 추출 조건을 검토하고자 시도하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 참깨는 1993년 의성산으로 193°C에서 13분간 볶음기계 (태환 자동화산업, 서울)에서 볶은 다음 연속 압착식 착유기 (풍산 기공사, 대구)로 참기름을 착유한 후 분리된 것을 시료의 10배에 해당하는 ethyl ether로 다시 한번 탈지시키고 실온에서 24시간 풍건하여 50 mesh sieve를 통과하도록 분쇄하여 시료로 사용하였다.

### 단백질과 phytate의 용해도 측정

용해도의 측정은 Taha 등 (17)의 방법으로, 시료와 증류수의 비율을 1 : 10(w/v)으로 하고, 1N HCl과 1N NaOH용액으로 pH를 단계적으로 (pH 2.0~12.0) 조정 한 다음 실온에서 1시간 동안 추출한 후 8,000rpm에서 15분간 원심분리하였다. 각각의 용해도는 분리된 상정액에 함유된 단백질과 phytate를 정량하여 시료 중의 총 단백질과 총 phytate에 대한 백분율로 나타내었다.

### 농축 단백질의 제조

농축 단백질은 Khee 등 (7)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(3,000xg)하여 얻은 상정액에 1N NaOH와 1N HCl용액으로 pH를 4.5로 조정하여 단백질을 침전시키고, 30분간 원심분리(5,000xg)하여 분리된 잔사를 1N NaOH용액으로 pH 7.0으로 다시 조정 한 후 -40°C에서 동결하여 냉동건조기 (Model MCFD 5510, 일신 Engineering)로 plate temp. -50°C, vacuum degree  $50 \times 10^{-3}$  torr에서 건조하였다.

### 일반성분 분석

각 시료의 일반성분 분석은 A.O.A.C.방법 (19)에 따라 수분 함량은 105°C 건조법, 단백질 함량은 micro-Kjeldahl법, 지방 함량은 Soxhlet법, 회분 함량은 550°C 직접회분법으로 측정하였다.

### Phytate 정량

Phytate 함량은 Wheeler와 Ferrel (5)의 방법에 의하여 시료 1g에 3% Trichloroacetic acid(TCA)용액 20ml를 가하여 phytate를 추출한 후 원심분리하여 얻은 상정액 10ml에 FeCl<sub>3</sub>용액(FeCl<sub>3</sub> 580.6mg을 3% TCA용액 100 ml에 용해) 4ml를 첨가하여 ferric phytate를 침전시켰다. 원심분리하여 얻은 ferric phytate에 1.5N NaOH용액 3ml를 가하여 phytate에 결합된 Fe를 ferric hydroxide의 적색침전으로 얻은 후 3.2N HNO<sub>3</sub>용액 40ml로 침전물을 용해시키고 총량을 100ml로 만들었다. 충분히 혼합시킨 용액을 5ml 채취하여 1.5N KSCN용액 20ml로 발색시킨 후 증류수로 100ml vol. flask에 채워 1분 이내에 Spectrophotometer (Model U-2000, Hitachi Ltd., Japan)로 480nm에서 흡광도를 측정하여 표준곡선에 의해 Fe 함량을 계산하였다. Fe 함량은 phytate 1mole에 4mole의 Fe이 결합한다는 분자구조의 이론적 가정 하에 Fe값에 conversion factor 2.98을 곱하여 phytate 함량으로 나타내었다.

### 무기질 정량

각 시료의 무기질 함량은 Thompson과 Blanchflower (20)의 방법에 따라 시료 1g에 60% nitric acid 20ml를 넣고 환류 냉각 장치가 달린 분해장치에서 가열시킨 후 70% perchloric acid 20ml를 첨가하여 무색이 될 때까지 가열하였다. 플라스크내의 용액이 5ml 정도로 농축되었을 때 초순수 증류수를 넣어 회백색의 침전이 생길 때까지 증발건조시켰다. 냉각된 침전물에 희석한 염산용액(1 : 3) 20ml로 플라스크 내를 세척하고 총량을 50ml로 만들어 Atomic absorption spectrophotometer (Model 3030-B, Perkin Elmer Instrument Co., USA)로 분석하였다.

### 색도 측정

색도는 색도계 (Model CR-200, Minolta, Japan)를 이용하여 L(백색도), a(적색도), b(황색도)로 나타내었다.

결과 및 고찰

일반 성분

각 시료의 일반 성분의 분석결과를 Table 1에 나타내었다. 탈지 참깨분말의 단백질 함량이 49.07%인데 비하여 pH 2.0, 7.0, 9.0, 11.0에서 각각 추출하여 제조한 농축단백질의 단백질 함량은 각각 60.57, 67.72, 79.50, 83.44%로 추출 pH가 높은 농축단백질일수록 더욱 높은 단백질 함량을 나타내었다. 이러한 결과는 알칼리용액에서 단백질의 높은 추출성에 기인한 것으로, Rhee 등(7)이 pH 7.0, 8.0, 9.0, 10.0에서 각각 추출하고, pH 5.5에서 침전시킨 땅콩 분리단백의 단백질 함량을 83.5, 85.1, 87.6, 88.7%라고 보고한 것과 같은 경향을 나타내었다. 한편 탈지 참깨분말에 비해 농축단백질의 회분 함량이 낮았으며, SPC I 이 12.01%로 농축단백질 중 가장 높게 나타났으며, SPC II, III, IV의 경우는 현저히 감소하였다.

단백질과 phytate의 용해도에 미치는 pH의 영향

Fig. 1은 탈지 참깨분말의 pH에 따른 단백질과 phytate의 용해도를 나타낸 것이다. 질소 용해도는 pH 4.5에서 가장 낮았으며, 이 보다 높거나 낮은 pH에서는 용해도가 증가하였다. 등전점 부근인 pH 4.5에서 약 5% 수준이던 것이 pH 12.0에서는 25.73%로 가장 높은 용해도를 나타내었다. 이는 최 등(21)이 탈지 참깨박의 질소 용해도가 pH 5.0에서는 10%로 낮았으며, 그 이상의 pH에서는 증가하여 pH 12.0에서는 39.0%로 가장 높았다는 보고와, Rivas 등(6)이 참깨종실에서 기름을 착유하고 남은 cake의 질소 용해도가 pH 4.0~6.5에서는

10% 이하였으나 알칼리(pH 11.0)에서는 50% 까지 증가하였다는 보고와 같은 경향을 나타내었다. 한편 pH에 따른 phytate의 용해도 변화는 단백질의 등전점 부근인 pH 4.0에서 약 50% 수준으로 가장 높았고 산성, 혹은 알칼리쪽으로 갈수록 감소하였으나 알칼리쪽에서의 용해도가 더욱 급격히 감소하였다. 특히 pH 8.0 이상에서는 단백질의 용해도가 증가하는 반면 phytate의 용해도는 현저한 감소를 나타내었으며, pH 12.0에서는 1.66%만이 용해되었다. Suleiman(22)은 탈지 참깨분말의 phytate는 10%만이 물에 가용성이며 그 추출성이 pH에 의해 상당히 영향을 받으므로 단백질과 phytate의 pH에 따른 용해도 차이를 이용해 단백질을 추출하는 것이 바람직하다고 보고하였다. 또한 최근 종실에서 단백질과 phytate의 용해도 차이를 이용해 phytate를 제거시킨 많은 연구가 보고되고 있다(14,17,18,23).

Phytate 함량

Table 2는 각 시료의 phytate 함량을 나타낸 것으로, 탈지 참깨분말의 phytate 함량이 4.22%인데 비하여 pH

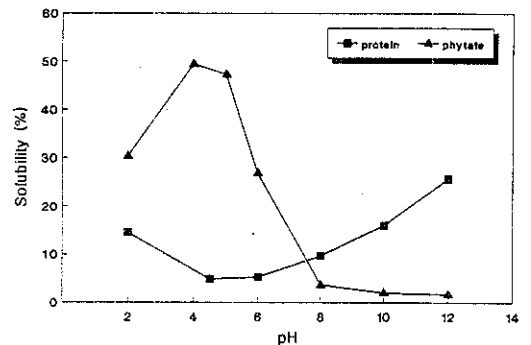


Fig. 1. The solubility profiles of protein and phytate from defatted sesame flour at various pH levels.

Table 1. Chemical composition of sesame protein concentrates prepared at different pH conditions

Sample	Protein	Fat	Moisture	Ash
DSF	49.07	2.95	5.20	13.27
SPC I	60.57	0.43	7.08	12.01
SPC II	67.72	0.36	5.66	7.58
SPC III	79.50	0.30	5.23	6.12
SPC IV	83.44	0.38	6.08	7.04

DSF : Defatted sesame flour

SPC I : Sesame protein concentrate extracted at pH 2.0 and then precipitated at pH 4.5

SPC II : Sesame protein concentrate extracted at pH 7.0 and then precipitated at pH 4.5

SPC III : Sesame protein concentrate extracted at pH 9.0 and then precipitated at pH 4.5

SPC IV : Sesame protein concentrate extracted at pH 11.0 and then precipitated at pH 4.5

Table 2. Phytate contents of sesame protein concentrates

Sample <sup>a)</sup>	Phytate content (%)
DSF	4.22
SPC I	4.26
SPC II	0.64 (84.84) <sup>b)</sup>
SPC III	0.45 (89.34)
SPC IV	0.22 (94.80)

<sup>a)</sup> Abbreviations are the same as in Table 1

<sup>b)</sup> Values in parenthesis indicate the percentage of phytate removed

7.0, 9.0, 11.0에서 각각 추출한 농축단백질인 SPC II, III, IV는 각각 0.64, 0.45, 0.22%로 그 양이 크게 감소한 반면, SPC I은 4.26%로 탈지 참깨분말과 큰 차이를 나타내지 않았다. 한편 SPC IV는 94.80%의 가장 높은 phytate 제거율을 보였으며, phytate 제거율은 단백질의 추출 pH가 높을수록 증가하였는데 이는 알칼리 쪽으로 갈수록 phytate의 용해도가 급격히 감소하고 단백질의 용해도는 증가함으로 인한 단백질과 phytate의 분리에 의해 나타난 결과라고 생각된다. 반면, SPC I의 높은 phytate 함량과 관련하여 Crean과 Haisman (24)는 phytate와 단백질의 결합력은 산성용액에서 phytate는 음으로, 단백질은 양으로 아주 강하게 결합하며, pH 8.4 혹은 그 이상의 pH에서는 산성 pH 보다 그 정전기적인 영향이 크게 감소한다는 보고와 같이 pH 2.0에서 추출된 단백질이 phytate와 강하게 결합됨으로 단백질 중의 phytate 함량이 증가된 것으로 사료된다.

#### 무기질 함량

Table 3은 무기질 함량을 나타낸 것으로 탈지 참깨분말과 농축단백질 모두에서 가장 많은 양 검출된 무기질은 칼슘이었다. 탈지 참깨분말과 농축단백질의 칼슘 함량을 비교하면 농축단백질에서 조금 감소하였는데 이는 단백질의 추출과정에서 조염유소나 불용성 단백질 등과 함께 제거된 것으로, Rham과 Jost (2)도 대두박의 칼슘 함량이 0.24%에서 알칼리용액 (pH 11.5)에서 추출한 분리단백질의 칼슘 함량이 0.06%로 감소됨을 보고하였다. 또한 농축단백질들 중에서는 SPC I의 칼슘 함량이 1600mg/100g으로 가장 높았으며, 추출 pH가 높을수록 감소하는 경향을 보였다. 이와 관련하여 Grynspan과 Cheryan (18)에 의하면 무기질과 phytate간의 결합력은 단백질 추출과정의 pH에 따라 상당한 영향을 받는데, 특히 pH 4.0 이하에서는 칼슘과 phytate의 용해도가 현저히 높으나 pH 6.0 이상에서는 감소하는 것으로 보고하였다. 마그네슘 함량 또한 칼슘과 같이 단백질의 추출 pH가 높을수록 감소하는 경향을 보였는데, Cham-

pagne 등 (25)은 칼슘, 마그네슘, 칼륨은 산성에서 높은 용해도를 보이다가 pH 3~7 범위에서 급격한 감소를 보이고 그 이상의 알칼리에서 완만한 감소를 보인다고 보고해 단백질의 추출시 산성에서 이들 무기질의 높은 용해도와 알칼리에서 침전에 의해 SPC I의 칼슘과 마그네슘 함량이 가장 높고, SPC II, III, IV 순으로 함량이 감소한 것으로 사료된다. 한편 아연의 함량은 SPC I에서 162.4mg/100g으로 가장 높았고, 중성에서 추출된 SPC II가 1.9mg/100g으로 가장 낮았다. 철의 함량 또한 아연과 유사한 경향을 보이는데 이는 pH에 따른 아연과 철의 용해도에서 산성범위에서 최대의 용해도와 중성범위에서 최소의 용해도를 나타내다가 알칼리로 갈수록 용해도가 다시 증가했다는 결과 (26)와 같이 본 실험에서도 SPC I에서 최대, SPC II에서 최소의 아연과 철 함량을 나타내었다. 구리의 함량은 전반적으로 큰 차이를 보이지 않았으나 다른 무기질과는 달리 알칼리에서 추출된 단백질의 구리 함량이 약간 높은 경향을 보였다. 최근 환경 오염물질로 대두되고 있는 중독성 무기물인 카드뮴과 납은 전 시료에서 검출되지 않았다.

#### 색도

각 시료의 색도는 Table 4와 같다. SPC I, II, III, IV의 백색도는 각각 41.85, 43.49, 36.21, 34.26으로 탈지 참깨분말의 백색도(L, 60.05) 보다는 약간 짙은 경

Table 4. Color and color differences of sesame protein concentrates

Sample <sup>a</sup>	Tristimulus color value <sup>b</sup>		
	L	a	b
DSF	60.05	7.80	24.17
SPC I	41.85	6.49	16.64
SPC II	43.49	7.68	19.39
SPC III	36.21	5.88	13.82
SPC IV	34.26	6.56	13.03

<sup>a</sup>Abbreviations are the same as in Table 1

<sup>b</sup>Color measurement recorded as L=lightness, a=redness, b=yellowness

Table 3. Mineral contents of sesame protein concentrates

Sample <sup>a</sup>	(mg/100g)							
	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Na	Cd	Pb
DSF	2325	1140	31.40	12.8	3.60	0.30	0	0
SPC I	1600	1065	85.35	162.4	3.50	5.30	0	0
SPC II	1300	118	17.85	1.9	3.05	5.45	0	0
SPC III	825	53	20.80	3.4	3.90	4.30	0	0
SPC IV	375	45	13.05	4.0	9.55	5.20	0	0

<sup>a</sup>Abbreviations are the same as in Table 1

향을 보였으며 이와 같은 결과는 적색도 (a)나 황색도 (b)에서도 같은 경향을 나타내었다. Blouin과 Cherry (26)은 cottonseed 분말과 농축단백질의 색도 비교에 관한 보고에서 cottonseed 분말의 L과 b값이 각각 87.3, 14.0 였으나 물 (pH 7.0)로 추출한 수용성의 단백질은 59, 20, 알칼리로 추출한 단백질은 44, 23으로 각각 나타나 분말 보다 농축단백질의 색이 어두우며, 알칼리추출 단백질의 색도가 더욱 짙다고 보고하여 본 실험결과와 같았다. 한편 알칼리에서 추출한 농축단백질 보다 산성에서 추출한 농축단백질의 색도가 밝게 나타났으며, 알칼리추출 농축단백질 중에는 낮은 pH에서 추출한 농축단백질이 더욱 밝은 색을 나타내었다.

요 약

본 연구는 참깨 단백질을 새로운 식품 단백질자원으로 이용하기 위한 목적으로 여러 pH조건에 따라 제조된 참깨 농축단백질의 성분을 비교·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. 단백질의 추출은 phytate 함량을 상당량 제거시켰으며, 특히 phytate의 용해도가 낮은 pH 11.0에서 추출된 농축단백질의 phytate 함량은 0.22%로 94.8%의 가장 높은 제거율을 나타내었다. 그러나 pH 2.0에서 추출한 농축단백질의 phytate 함량은 탈지 참깨분말과 비슷한 수준을 나타내었다. 모든 시료에서 가장 많은 양이 검출된 무기질은 칼슘이었다. 농축단백질의 무기질 함량을 보면 Ca, Mg, Zn, Fe의 함량은 pH 2.0에서 추출한 농축단백질에서 가장 높은 반면 Cu는 pH 11.0에서 추출한 농축단백질에 가장 많이 함유되어 있었다. Na 함량은 모든 농축단백질에서 비슷한 수준을 보였고, Cd과 Pb은 검출되지 않았다. 참깨 농축단백질의 색도는 탈지 참깨 분말에 비해 약간 짙은 경향을 보였으며, 중성 (pH 7.0)에서 추출한 농축단백질의 색도가 가장 밝게 나타났으며, 추출 pH가 낮은 단백질일수록 밝은 색을 나타내었다.

감사의 글

본 논문은 1994년도 영남대학교 학술연구 조성비 지원으로 이루어진 것으로 감사의 뜻을 표합니다

문 헌

1. Deeslie, W. D. and Cheryan, M. : Functional properties of soy protein hydrolysates from a continuous ultra-filtration reactor. *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 26 (1988)
2. De Rham, O. and Jost, T. : Phytate-protein interactions in soybean extracts and low-phytate soy protein products. *J. Food Sci.*, **44**, 596 (1979)
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. 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)
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. Lyon, C. K. : Sesame ; Current knowledge of composition and use. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **49**, 245 (1972)
11. 신효선 : 참깨박에 대한 식품영양학적 연구. *한국식품과학회지*, **5**, :13 (1973)
12. 김준평, 심우만, 김중직 : 참깨박 단백질의 분리와 조성. *한국농화학회지*, **23**, 1 (1980)
13. De Pauda, M. R. : Some functional and utilization characteristics of sesame flour and proteins. *J. Food Sci.*, **48**, 1145 (1983)
14. O' Dell, B. L. and Boland, A. : Complexation of phytic acid with protein and cations in corn germ and oilseed meal. *J. Agric. Food Chem.*, **24**, 804 (1976)
15. Fobes, R. M. and Parker, H. M. : Biological availability of zinc and as influence by whole fat soy flour in at diets. *Nutr. Rep. Int.*, **5**, 681 (1977)
16. Evans, R. J. and Bandemer, S. L. : Nutritive value of some oilseed proteins. *Cereal Chem.*, **44**, 417 (1967)
17. Taha, F. S., Fahmy, M. and Sadek, M. A. : Low-phytate protein concentrate and isolate from sesame seed. *J. Agric. Food Chem.*, **35**, 289 (1987)
18. Grynspan, F. and Cheryan, M. : Calcium phytate ; Effect of pH and molar ratio on *in vitro* solubility. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **60**, 1761 (1983)
19. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*. 13th ed., Association of official analytical chemists, Washington, D. C. (1980)

20. Thompson, R. H. and Blanchflower, W. J. : Wetashing apparatus to prepare biological materials for atomic absorption spectrophotometry. *Lab. Pro.*, **20**, 859 (1984)
21. 최청, 조영제, 손규목, 임성일, 이우제 : 참깨박단백질과 phytate의 용해도에 의한 pH와 염류의 영향. 영남대 자원문제연구소 논문집, **8**, 85 (1989)
22. Suleiman, T. M. : Optimization of protein isolation from sesame. Texas A & M Univ., *Ph. D. thesis* (1982)
23. Serrano, M. R. and Tompson, L. U. : Removal of phytic acid and protein-phytic acid interactions in rapeseed. *J. Agric. Food Chem.*, **32**, 38 (1984)
24. Crean, D. E. C. and Haisman, D. R. : The interaction between phytic acid and divalent cations during cooking of dried peas. *J. Sci. Food Agric.*, **14**, 824 (1963)
25. Champagne, E. T., Rao, R. M., Liuzzo, J. A., Robinson, J. W., Gale, R. J. and Millner, F. : Solubility behavior of the minerals, proteins and phytic acid in rice bran with time, temperature and pH. *Cereal Chem.*, **62**, 1218 (1985)
26. Blouin, F. A. and Cherry, J. P. : Identification of color-causing pigments in biscuits containing cottonseed flour. *J. Food Sci.*, **45**, 953 (1980)

(1995년 4월 26일 접수)