

## 한외여과가 참깨박 농축단백질의 성분에 미치는 영향

전정례, 박정룡, 김 진, 윤시혜

영남대학교 식품영양학과

### Effect of Ultrafiltration on the Components of Sesame Protein Concentrates

Jeong-Ryae Jeon, Jyung-Rewng Park, Jin Kim and See-Hye Yoon

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

#### Abstract

Defatted sesame flour is the by-products obtained after oil extracting process. Although this flour has high quality and quantity of protein, its use is limited only for animal feed and fertilization. Sesame seeds contain antinutrients such as oxalate, phytate and phenol compounds and these compounds lower their nutritive value. Recently, ultrafiltration(UF) has been used to concentrate protein from various food sources.

This study was carried out to examine the effects of UF with different membrane pore size on the components of sesame protein concentrates including antinutrients and to compare with that of conventional acid-precipitated sesame protein isolate.

The protein contents of sesame protein concentrates prepared by UF using 10K, 30K, 100K were 84.2%, 82.7%, 76.4% and the protein yields were 36.44%, 34.69, 31.43% on the basis of defatted sesame flour, respectivily. Whereas sesame protein isolate was recovered 18.3% and the protein contents was 88.7%.

Alkali extraction process at pH 9.0 followed by UF technique reduced oxalate and phytate content. There were 85% and 94% reduction of oxalate and phytate content by UF with membrane pore size of 100K daltons, respectively. However, the content of total phenol compounds was not reduced by this method.

About 99% of calcium and 50% of zinc were removed by UF with membrane of 100K daltons. Total essential amino acid contents of sesame protein concentrates prepared by UF were decreased slightly when compared with acid-precipitated sesame protein concentrate.

---

key words : ultrafiltration, sesame protein concentrates.

## 서 론

참깨(*Sesamum indicum L.*)는 특유의 고소한 향미와 sesamol과 tocopherol 등의 천연 항산화제가 함유되어 있어 산화적 산폐에 대해서도 비교적 안정하며, 필수 지방산 및 함황아미노산이 풍부하여 기원 전 3,000년경에서부터 식용유의 원료로 이용되어 왔다<sup>1)</sup>.

착유 후 분리되는 박에는 약 49%의 단백질이 함유되어 있으나 무기질과 단백질의 흡수를 저해하는 수산과 phytate 그리고 페놀화합물이 각각 4~5% 정도 포함되어 있어<sup>2)</sup> 참깨박의 용도가 사료나 비료로 극히 제한되고 있으며 밖의 주사료로 사용했을 경우 다리변형과 성장장애 현상이 보고되고 있다<sup>3)</sup>.

이러한 항영양인자들은 참깨, 대두, 면실, 유채 등의 유량종자에 거의 비슷한 양으로 분포되어 있으며 단백질 또는 무기질과 강하게 결합하여 존재하기 때문에 이들을 제거하려는 시도가 많이 행해져 왔다.

Fontaine 등<sup>4)</sup>이 1946년 대두 분리단백질의 제조공정에서 phytin의 중요성을 처음으로 주장한 이래, Serraino와 Tompson<sup>5)</sup>은 유채씨에서 추출용매와 pH를 조절하여 phytate의 제거가 가능하였다고 보고하였다. 또한 Seo와 Morr<sup>6)</sup>는 땅콩 단백질에서 함유된 phytate와 페놀화합물을 이온교환 수지를 사용하여 감소시켰으며, Rahma와 Narasinga<sup>7)</sup>는 유기용매에 의해 해바라기씨에서 phytate와 페놀화합물의 감소를 각각 보고하였다. 이외에도 용해도차를 이용한 방법<sup>8)</sup>, 항온 및 고온 가열처리법<sup>9)</sup>, 효소에 의한 가수분해<sup>10)</sup> 등의 방법에 의해 이들 항영양인자들을 제거하려는 여러 연구가 이루어 졌다.

비교적 새로운 단백질 분리공정인 한외여과는 다중 복합막을 사용하여 분자의 크기, 형태 및 전하에 따라 분자들을 분리하는 방법으로 Porte와 Michaels<sup>11)</sup>가 1970년에 단백질 분리를 위해 한외여과 공정을 처음으로 제시한 이래, Lawhon 등<sup>12)</sup>이 종전의 방법과는 다른 새로운 막 분리공정을 이용하여 대두에서 trypsin

inhibitor와 oligosaccharide의 제거에도 효과적 이었다고 보고하였다.

본 연구는 참깨박의 단백질원으로서의 이용 가능성을 증진시킬 목적으로 한외여과에 의해 농축 단백질을 제조하고 한외여과법이 참깨박에 함유된 항영양 인자와 기타 성분에 미치는 영향을 기준의 참깨 분리 농축단백질 제조 방법과 비교 검토 하였다.

## 실험 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

경북 의성산 참깨를 구입하여 수세한 후 200~220°C에서 담갈색이 될 때까지 볶은 후 즉시 expeller형의 연속 압착식 착유기(풍산기 공사제, 대구)로 착유하고 얻은 참깨박을 에테르로 24시간 탈지하고 48시간 풍건하여 60 mesh를 통과하도록 분쇄한 후 저온실(4°C)에 보관하여 실험에 사용하였다.

### 2. 실험장치

실험에 사용한 분리막과 한외여과 장치는 Pellicon Lab. Cassette System(Millipore Co., U.S.A.)으로 막의 재질은 polysulfone이며 유효막 면적은 120cm<sup>2</sup>, 내압은 2kgf/cm<sup>2</sup>, 내열 온도는 40°C이며, 분획 분자량은 10,000(10K), 30,000(30K), 100,000(100K)dalton을 사용하였다.

### 3. 실험방법

#### (1) 산 침전법에 의한 참깨박 분리단백질의 제조

참깨박 분리단백질의 제조는 Dench<sup>13)</sup>의 방법에 따라 참깨박에 10배의 중류수를 가하여 1N NaOH 용액으로 pH 9.0으로 조정한 다음 40°C에서 1시간동안 교반기로 추출하고 10,000xg에서 15분간 원심분리하여 얻은 상정액에 1N HCl 용액으로 pH 4.5로 조정하고 위와 동일하게

원심분리하여 잔사를 모아 pH 7.0으로 조정한 뒤 -40°C에서 동결하여 냉동건조기(일신 Engineering, Model MCDF 5510)로 plate temp. -50°C, vacuum degree  $50 \times 10^{-3}$  torr에서 건조하였다.

#### (2) 한의여과에 의한 참깨박 분리단백질의 제조

한의여과에 의한 참깨박 분리단백질의 제조는 Suleiman<sup>14)</sup>의 방법에 따라 행하였다. 참깨박 분리단백질의 제조와 동일하게 참깨박 알칼리 추출물을 조제한 다음 Whatman No.1 여과지로 여과하고 온도 40°C, 압력 2kgf/cm<sup>2</sup>에서 10K, 30K, 100K의 3종류의 막을 사용하여 한의여과에 의해 5배로 농축한 후 1N HCl 용액으로 pH 7.0으로 조정하고 동결건조하여 참깨 농축단백질을 각각 제조하였다.

실험이 완료된 후에는 중류수로 압력가변 하에서 20분 동안 순환시키고 사용한 막은 1% hypochlorite 용액에 48시간 담구어 세정하였으며 1% formalin 용액에 저장하였다.

(3) 참깨박 농축 단백질의 일반 성분 분석  
참깨박 농축단백질의 일반 성분 분석은 A.O.A.C. 방법<sup>15)</sup>에 따라 수분 함량은 105°C 상압 가열 건조법, 단백질 함량은 micro-Kjeldahl법, 지방 함량은 Soxhlet법으로 분석하였다.

#### (4) 항영양인자의 분석

##### 1) 수산의 정량

수산의 함량은 Libert<sup>16)</sup>의 방법에 따라 시료 0.2g에 1N HCl 용액 20mℓ를 넣어 균일 혼합한 후 30분간 가열하고 69°C로 방냉하여 초음파 파쇄기로 파쇄한 다음 24시간 실온에서 정치하고 원심분리하여 상징액을 여과시킨 뒤 총 양이 200mℓ가 되게 1N HCl 용액을 첨가하였다. 이 용액을 Sep-Pak C<sub>18</sub> cartridge(Waters Co., USA)와 0.45μm membrane filter(Millipore Co., USA)를 통과시킨 뒤 10μl를 취해 Table 1과 같은 조건에서 분석하여 표준곡선에 의해 산출하였다.

Table 1. Instrument and operating conditions of HPLC for the determination of oxalate and phytate

	Oxalate	Phytate
Instrument	Spectra physics 100 (Waters Co., USA)	Spectra physics 100 (Waters Co., USA)
Column	μ-bondapak C <sub>18</sub> column (25cm×4.6cm I.D.)	μ-bondapak C <sub>18</sub> column (25cm×4.6cm I.D.)
Mobile phase	0.1% propionic acid	0.005 M sodium acetate
Attenuation	64	32
Flow rate (ml/min)	0.7	1.0
Chart speed (mm/min)	0.5	0.5
Detector	UV (220nm)	RI

##### 2) Phytate의 정량

phytate의 정량은 Camire와 Clydesdale<sup>17)</sup>의 방법에 따라 시료 1g에 3% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액 25mℓ를 첨가하고 30분간 실온에서 전탕시킨 후 7,000 ×g에서 15분 동안 원심분리하고 상징액을 모아 FeCl<sub>3</sub> 용액 3mℓ를 신속히 가하고 45분간 가열하여 ferric phytate를 침전시킨 뒤 실온으로 냉각하고 다시 원심분리하였다. 침전물은 초순수 중류수 300mℓ로 세척하여 원심분리 한 다음 1.5N NaOH 용액 3mℓ와 초순수 중류수를 첨가하여 총 양이 30mℓ가 되게 하고 30분 동안 가열한 다음 냉각하여 원심분리하여 얻은 상징액을 50mℓ volumetric flask에 모았다. 분리된 잔사는 다시 중류수를 가해 3분간 초음파 파쇄시키고 원심분리한 뒤 얻어진 상징액을 다시 flask에 넣어 총량이 50mℓ가 되게 중류수로 채우고 이 용액을 일정량 취해 Sep-Pak C<sub>18</sub> cartridge (Waters Co., USA)와 0.45μm membrane filter(Millipore Co., USA)를 통과 시킨 뒤 10μl를 취해 Table 1과 같은 조건에서 분석하였다. 표준용액은 옥수수에서 추출한 sodium phytate (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>P<sub>6</sub>Na<sub>12</sub>, MW : 923.8)를 사용하였으며 수분 함량은 13.18% 이었다.

### 3) 총 페놀 화합물의 함량 측정

총 페놀 화합물의 함량은 Burns<sup>18)</sup>의 방법에 의하여 측정하였다. 즉 시료 1g에 70% methanol 50ml를 가하여 1시간 동안 교반한 후 30분간 정지시킨 다음, 상징액 1ml를 취하여 발색제(vanillin-HCl) 5ml로 발색시켜 spectrophotometer(Model 163, Hitachi Co., Japan)로 500 nm에서 흡광도를 측정하여 표준곡선에 의해 함량을 계산하였다. 총 페놀 화합물 정량에 사용한 표준곡선은 catechin 100mg을 70% methanol 50ml에 용해한 후 농도별로 취하여 발색제(vanillin-HCl) 5ml로 발색시켜 spectrophotometer로 흡광도를 측정하였다.

### (5) 무기질의 분석

농축 단백질의 무기질 분석은 Anon<sup>19)</sup>의 방법에 준하여 측정하였다. 시료 1g에 nitric acid 20ml를 넣고 환류 냉각 장치가 달린 분해장치에서 가열시킨 후 perchloric acid 20ml를 다시 첨가하여 무색이 될 때까지 가열한 후 냉각하였다. 냉각 후 초순수 증류수를 넣어 회백색의 침전이 생길 때까지 증발 건조시키고 냉각한 다음 회색 염산(1:3) 20ml로 flask를 세척하고 총량을 50ml로 하여 atomic absorption spectrophotometer (Perkin-Elmer 3030-B, Perkin Elmer Instrument Co., USA)를 사용하여 분석하였다.

### (6) 아미노산 분석

아미노산 조성은 김과 고<sup>20)</sup>의 방법에 따라

Table 2. Instrument and operating conditions for the amino acid analysis by HPLC

Instrument	Spectra physics 410 (Waters Co., USA)
Column	Amino acid analysis column 250×0.46mm ID/strong cation exchange
Buffer	OPA analysis system
Flow rate	0.4 ml/min.
Column temperature	60°C
Operating time	90 min.
Detector	Fluorescence(0-phthalaldehyde)

시료 0.5g에 6N HCl 용액으로 105°C에서 24시간 가수분해시키고 초순수 증류수를 가하여 100 ml가 되게 한 후 원심분리하고, Sep-Pak C<sub>18</sub> cartridge method<sup>20)</sup>로 처리한 후 0.45μm membrane filter(Millipore Co., USA)로 여과하여 10μl를 취해 post column derivatization 방법으로 HPLC에 주입하였으며(Table 2), tryptophan 정량은 Sodek 등<sup>21)</sup>의 방법에 따라 행하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 참깨박 농축단백질의 일반 성분

각 농축단백질의 일반성분을 Table 3에 나타내었다. 탈지 참깨박의 단백질 함량은 49%인데 비해 기존의 산침전 단백질 제조 공정에 의해 얻어진 참깨박 분리단백질은 88.7%(건물 기준 91.7%)이었으며, 10K, 30K, 100K 막을 사용하여 한외여과 공정에 의해 제조된 농축 단백질들의 조단백질의 함량은 각각 84.2%, 82.7%와 76.4%로서 한외여과 막의 분획 분자량의 크기가 증가함에 따라 이들 농축 단백질들의 단백질 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 이 결과는 Liu 등<sup>22)</sup>이 평막형의 한외여과 장치로 분획 분자량 50K의 막을 사용하여 제조한 대두 농축단백질의 단백질함량 88.4% 보다는 약간 낮았으나 alfalfa leaf 단백추출물에서 분획분자량 15K인 관상형 한외여과 장치에 의해 만들어진 농축단백질의 단백질 함량 50% 보다는 훨씬 높게 나타났다<sup>23)</sup>. 단백질 회수율은 기존의 산 침전방법에 의해 만들어진 참깨박 분리단백질의 경우 18.32%가 회수되어 비교적 저조했으나, 분획 분자량 10K, 30K, 100K막에 의한 한외여과에 의해 36.44%, 34.69%, 31.43%의 단백질이 각각 회수되어 Diosday 등<sup>24)</sup>이 유채에서 분획 분자량 50K 막을 사용하여 제조한 농축단백질의 회수율(22.9%)보다는 높게 나타났다.

한편 조화분의 함량은 탈지 참깨박에서 13.3%이었으나 단백질의 추출공정에서 많이 제거되어 산침전 분리단백질에서는 2.2%를 함

유하였고, 10K, 30K와 100K를 사용하여 한외여과에 의해 제조된 참깨박 농축단백질의 경우 4.2%, 4.3%, 3.5%를 각각 나타내어 약 26.3%~31.6%의 회분이 제거되어 Froning 등<sup>25)</sup>이 분획분자량 25K인 막을 사용하여 관상형 한외여과 장치에서 달걀 흰자의 회분을 25%나 감소시켰다는 결과와 유사하였다.

Table 3. Chemical composition of sesame protein concentrates<sup>a)</sup>

Products	Protein	Fat	Moisture	Ash	(%)
DSF (100.00)	49.0	2.95	3.3	13.3	
SPI (18.32)	88.7	0.30	3.3	2.2	
10K UF (36.44)	84.2	0.22	3.3	4.2	
30K UF (34.69)	82.7	0.21	3.3	4.3	
100K UF (31.43)	76.4	0.19	3.3	3.5	

a) Values in parenthesis indicate percentage of protein recovery.

DSF : defatted sesame flour.

SPI : sesame protein isolate produced by acid precipitation.

10K UF : sesame protein concentrate produced by UF using  $10^4$  MWCO membrane.

30K UF : sesame protein concentrate produced by UF using  $3 \times 10^4$  MWCO membrane.

100K UF : sesame protein concentrate produced by UF using  $10^5$  MWCO membrane.

## 2. 항영양인자

참깨종실에는 다른 유량종실과는 달리 그 외피에 수산이 함유되어 칼슘과 염을 형성하여 칼슘 이용 저해뿐 아니라 심장계 질환과 신결석을 발생시키는 것으로 보고되고 있다<sup>26)</sup>.

Table 4에 나타난 바와 같이 탈지 참깨분말의 수산의 함량은 4.42%인데 비해 이를 알칼리 용액에서(pH 9.0) 추출하여 산에서 침전시킨 참깨 농축단백질에서는 1.44%로 67.4%가 제거되었다. 참깨박 알칼리 추출물의 한외여과

공정에서 10K, 30K 막을 사용하여 제조한 농축단백질의 경우 수산의 함량이 1.65%와 1.54%를 각각 나타냈으며 100K의 막을 사용한 참깨박 농축단백질의 수산의 함량은 1.17%로서 참깨박 분리단백질(1.98%)보다 더 많이 감소되었다. 한편 신<sup>27)</sup>은 참깨에 존재하는 수산의 함량은 탈피 공정에 의해 90% 이상 제거될 수 있으며 수산의 추출성은 단백질 추출과정에서 사용한 알칼리 용액의 종류에 따라 상당한 영향을 받는 것으로 보고되고 있다<sup>14)</sup>.

Phytate의 함량의 경우 탈지 참깨박에서는 4.11%이었으나 기존의 참깨박 농축단백질에서는 0.28%로 나타났으며, 참깨박 알칼리 추출물의 한외여과에 의해 제조한 농축단백질은 10K, 30K 막을 사용한 경우 phytate 함량이 0.53%와 0.32%를 각각 나타내었고 100K 막을 사용한 경우 phytate 함량은 0.19%로 가장 낮았다.

Okubo 등<sup>28)</sup>은 대두 중의 phytate 함량을 낮추기 위하여 먼저 phytate를 용매에 의해 단백질로부터 해리시킨 다음 막분리에 의해 phytate를 제거하는 방법을 제안하였다. 또한 Omosaiye와 Cheryan<sup>29)</sup>은 중공사형의 분획분자량 50K의 막을 사용한 한외여과 처리는 대두의 phytate 함량을 1.26%에서 0.82%로 감소시켰다고 보고하였다.

유량 종실내에서 페놀 화합물은 단백질과 가역적으로 수소 결합을 하며, 알칼리 수용액에서는 phenol oxidase의 효소 작용에 의해 quinone 형태로 산화되어 단백질의 thiol이나 amino 등의 반응기와 공유결합하여 변색을 유발하고 단백질의 용해도와 기능성을 저하시키는 것으로 보고되고 있다<sup>2)</sup>.

Table 4에서 나타난 총 페놀 화합물 함량의 경우 참깨박의 경우 3.38%였으나 참깨박 분리단백질에서는 4.30%를 나타내었으며 한외여과에 의한 농축 공정에서도 분획 분자량 10K, 30K, 100K의 막을 사용한 경우 총 페놀화합물의 양은 3.63%, 3.58%, 3.44%로서 분리막의 이용에 의해서도 상당히 제거되지 않았다.

이러한 결과는 Balbuena 등<sup>30)</sup>이 green table

olive brine의 한외여과 공정에 의한 총 페놀화합물 함량은 원시료에 비해 permeate로 상당히 통과하여 제거됨에도 불구하고 retentate에 남아있는 양이 오히려 더 많아 원래의 brine에 비해 retentate에 더 많이 남았다는 보고와 유사하게 나타났으며 Knuckles 등<sup>20)</sup>은 한외여과의 원료탱크에서 막 보풀로 순환되는 과정은 페놀화합물의 산화를 유발하여 어두운 색깔을 띠게 한다고 보고하였다.

Table 4. Content of oxalate, phytate and polyphenol compounds of sesame protein concentrates<sup>a)</sup>

Products <sup>b)</sup>	Oxalate	Phytate	Phenol compounds (%)
DSF	4.42	4.11	3.38
SPI	1.44	0.28	4.30
10K UF	1.65	0.53	3.63
30K UF	1.54	0.32	3.58
100K UF	1.17	0.19	3.44

a) The values were expressed on the basis of dry weight.

b) Abbreviations are the same as in Table 3.

### 3. 무기질의 조성

Table 5는 참깨박 농축 단백질들의 무기질의 함량을 나타낸 것으로서 참깨박에서의 칼슘의 함량은 1,898mg/100g으로 상당량 함유되어 있었으나 기존의 산 침전법에 의해 만들어진 농축 단백질의 경우 18.1mg/100g로 현저히 감소되었으며 100K의 분리막을 사용하여 한외여과에 의해 제조된 농축단백질에서는 14.4mg/100g까지 감소되어 참깨박에 비해 칼슘 함량이 99%나 제거되어 졌다. 이는 단백질의 추출 공정 즉 참깨박 알칼리 추출물을 만드는 과정에서 조심유소나 불용성 단백질 등과 함께 제거된 것으로서 Rham과 Jost<sup>21)</sup>가 대두박을 사용하여 실험한 결과와 유사하게 나타났다. Grynspan과

Cheryan<sup>22)</sup>에 의하면 무기질의 제거는 phytate의 제거와 직접적인 관련이 있으며, 무기질과 phytate간의 결합력을 추출 pH에 따라 상당히 영향을 받는데 특히 칼슘의 경우 pH4.0 이하의 산성에서는 칼슘의 용해도가 현저하게 증가하나 pH6.0 이상에서는 오히려 칼슘을 침전시켜 단백질 추출물의 알칼리 처리 후 원심분리 과정은 칼슘의 제거를 용이하게 한다고 하였다. 이로 미루어 볼 때 참깨박의 칼슘제거는 수산의 제거와 마찬가지로 단백질의 알칼리 추출과정에서 기의 이루어졌다고 사료된다.

아연의 함량도 칼슘과 마찬가지로 산침전이나 한외여과에 의해 많이 제거되어 졌는데 이는 참깨박의 각 농축단백질에 함유된 phytate의 함량과도 연관이 있으며, Fischbach와 Potter<sup>23)</sup>에 의하면 우유의 아연 함량은 350μg/100g이었으나 10K, 100K의 막을 사용하여 한외여과에 의해 제조된 우유농축물의 아연함량은 각각 100g당 107μg과 92μg으로 분회 분자량이 큰 막일수록 더 많이 제거되었다고 각각 보고하여 본 실험에서도 비슷한 양상을 나타내었다.

한편 탈지 참깨박의 철과 마그네슘과 구리의 함량은 각각 21.7mg/100g, 129.8mg/100g, 1.5mg/100g으로 참깨박의 산침전이나 한외여과 공정에 의해 별로 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. Fischbach와 Potter<sup>24)</sup>는 탈지유와 원유의 철, 마그네슘, 구리의 함량은 처리상의 오염으로 인해 오히려 증가하였다고 보고하였으며 이는 단백질 추출과정에 사용하는 중류수의 무기질 함량에 의해 다소 영향을 받을 것으로 설명하였다.

Table 5. Mineral composition of sesame protein concentrates

Products <sup>a)</sup>	Ca	Cu	Fe	Mg	Zn	(mg/100g)
DSF	1898.0	1.5	21.7	129.8	11.6	
SPI	18.1	0.3	17.6	15.8	4.6	
10K UF	21.6	2.9	25.8	128.1	6.5	
30K UF	17.9	2.8	50.0	121.0	5.6	
100K UF	14.4	3.0	24.4	148.0	5.5	

b) Abbreviations are the same as in Table 3.

#### 4. 아미노산 조성

Table 6은 참깨박 단백질의 아미노산 조성을 나타낸 것으로서 이들 참깨박 단백질에 공통적으로 가장 많이 함유되어 있는 아미노산은 glutamic acid로서 거의 모든 시료에서 약 15% 이상을 차지하였으며 한의여과에 의한 단백질의 분리공정은 필수 아미노산의 함량을 약간 감소시켜 참깨 농축단백질의 필수아미노산의 함량은 분리단백질보다 약간 낮게 나타났고 또한 한의여과에 사용한 분리막의 분획

Table 6. Amino acid composition of sesame protein concentrates<sup>a)</sup>

Amino acids	DSF	SPC	10K	30K	100K
<b>Essential</b>					
isoleucine	6.56	7.05	6.75	6.65	5.95
leucine	6.47	7.05	6.92	7.00	6.50
lysine	3.24	3.45	3.30	4.16	3.36
methionine	3.33	4.44	4.11	3.92	4.43
phenylalanine	4.73	4.19	4.60	4.30	4.44
threonine	1.70	4.81	3.54	3.34	4.27
tryptophan	1.08	2.36	2.21	1.91	1.19
valine	10.27	12.08	12.96	10.28	10.46
total	36.38	45.40	43.38	41.56	41.20
<b>Non-essential</b>					
alanine	8.80	7.70	7.37	9.79	9.11
arginine	3.59	5.24	5.12	3.91	3.60
aspartic acid	3.30	3.67	2.59	3.91	4.36
cystine	0.98	1.53	0.67	0.97	1.38
glutamic acid	14.88	16.05	15.23	16.33	16.61
glycine	16.28	11.49	14.04	14.29	15.34
histidine	4.92	3.80	0.83	0.89	1.04
proline	0.99	1.03	1.25	1.00	0.85
serine	1.09	1.26	2.35	2.25	1.47
tyrosine	1.44	1.23	1.02	1.10	0.95
total	56.23	53.00	54.47	54.44	54.71

a) Abbreviations are the same as in Table 3.

분자량이 클수록 필수 아미노산의 총량이 적게 나타났다.

식물성 단백질에서 부족되고 있는 methionine이나 tryptophan의 함량은 한의여과 공정에 의해 많이 감소되지 않았으며 특히 함황아미노산으로 대두의 제1제한 아미노산인 methionine은 알칼리 처리 과정에서도 쉽게 파괴되지 않아 이들 단백질의 보충은 대두나 기타의 식물성 단백질의 질을 개선하는데 중요한 역할을 하는 것으로 사료된다.

한의여과 공정에 의해 제조된 참깨박 농축단백질에서는 aspartic acid, glutamic acid, arginine 등의 수분흡수력이 강한 극성아미노산 함량이 참깨박에서보다 증가되어 용해도와 기포성과 같은 기능성을 향상시킬 것으로 사료된다.

한편 두류에서는 풍부하나 참깨에서는 부족되는 아미노산인 lysine은 알칼리 처리 후 산침전 또는 한의여과 공정에 의해 감소되지 않았는데 Lawhon 등<sup>34)</sup>과 Diosday 등<sup>24)</sup>은 면실과 유채단백질 제조에서 한의여과 공정은 이들 lysine 함량을 오히려 증가시켰다고 보고하였다.

#### 요약

식물성 단백질 자원으로 참깨의 유지 추출 후 분리되는 박은 단백질 함량이 높으면 질 또한 우수하여 단백질 자원으로서 이용 가치가 높이 평가되고 있으나 종실박에 함유된 oxalate와 phytate는 무기질과 결합하여 단백질의 이용과 기능성을 저해하고 폐놀화합물은 유지 추출 과정에서 높은 열 처리로 인해 변색을 유발하여 참깨박의 이용을 비료나 동물 사료로 제한하고 있다.

따라서 본 연구는 참깨박에 존재하는 비 영양 성분을 제거시킬 목적으로 한의여과에 의해 농축 단백질을 제조하여 이들의 항영양 성분과 기타 성분을 기존의 산침전 분리단백질과 비교 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

산침전 참깨박 분리단백질의 조단백질 함량은 88.7%로서 18.32%의 단백질이 회수되었으

나 10K, 30K, 100K 막을 사용하여 한외여과에 의해 제조된 참깨박 농축단백질들의 조단백질의 함량은 각각 84.2%, 82.7% 와 76.4%로 단백질 회수율은 36.44%, 34.69%, 31.43%로 각각 나타났다.

참깨박의 알칼리 용액으로 추출한 다음 한외여과에 의한 단백질의 농축은 oxalate와 phytate의 함량을 상당량 감소시켰으며 분획 분자량 100K의 막을 사용한 한외여과의 경우 oxalate는 85%, phytate는 94% 까지 제거되었으나, 페놀화합물의 함량은 산 침전 및 한외여과 공정에 의해 감소되지 않았다. 참깨박의 칼슘과 아연의 함량은 한외여과 공정에 의해 감소되었으며 특히 칼슘은 한외여과에 의해 99%나 제거되었다.

한외여과에 의해 제조된 참깨박 농축단백질의 필수아미노산 함량은 분리단백질에 비해 약간 감소되었다.

## 참 고 문 헌

- Fukuda, Y., Osawa, T. and Namiki, M. Antioxidants in sesame seed, *J. Japanese Soc. Food Sci. Technol.*, 28, 461, 1981.
- Lyon, C. K. Sesame : Current knowledge of composition and use, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 49, 245, 1972.
- Lease, J. G. The effect of autoclaving sesame meal of its zinc to chicken, *Poultry Sci.*, 45, 237, 1966.
- Fontaine, T. D., Pons, W. A. Jr. and Irving, G. W. Protein and phytic acid relationship in peanut and cottonseed, *J. Biol. Chem.*, 164, 487, 1946.
- Rivero De Padua, M. Some functional and utilization characteristics of sesame flour and proteins, *J. Food Sci.*, 48, 1145, 1983.
- Seo, A. and Morr, C. V. Activated carbon and ion exchange treatments for removing phenolics and phytate from peanut protein products, *J. Food Sci.*, 50, 262, 1985.
- Rhama, E. H. and Narasinga Rao, M. S. Removal of polyphenols from sunflower meal by various solvents : Effects on functional properties, *J. Food Sci.*, 46, 1522, 1981.
- 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(3), 1218, 1985.
- 안빈, 양차명 : 처리 방법에 따른 종자중 phytic acid의 함량변화, *한국식품과학회지*, 17(6), 516, 1985.
- Ruth Chang. Phytate : Removal from whole dry beans by enzymatic hydrolysis and diffusion, *J. Food sci.*, 42(4), 1098, 1977.
- Porter, M. C. and Michaels, A. S. Applications of membrane ultrafiltration on to food processing. Presented at the 3rd International Congress of Food Science and Technology, Washington, D. C., Aug. 1970.
- Lawhon, J. T., Hensley, D. W. Mulsow, D. and Mattil, K. F. Optimization of protein isolate production from soy flour using industrial membrane system, *J. Food Sci.*, 43, 361, 1978.
- 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.
- Suleiman, T. M. Optimization of protein isolation from sesame. Texas A & M Univ. Ph. D. Thesis, 1982.
- A. O. A. C. Association of official analytical chemists, 13th ed. Washington, D. C., 1980.
- Libert, B. Rapid determination of oxalic acid by reversed-phase high performance liquid chromatography. *J. Chromatography*, 210, 540, 1981.

17. Camire, A. L. and Clydesdale, F. M. Analysis of phytic acid in foods by HPLC, *J. Food Sci.*, 47, 575, 1982.
18. Burns, R. E. Method for estimation of tannin grain sonhhum, *J. Agronomy*, 63, 51, 1971.
19. Anon. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. *Perkin Elmer*, 1976.
20. 김혜자, 고영수. 한국산 식물 식용유지의 성분에 관한 연구. - 제 9 보 - 고속 액체 크로마토그라피에 의한 흰깨, 검은깨, 들깨 종의 아미노산 조성, *한국영양학회지*, 19(3), 190, 1986.
21. Sodek, L., Vecchia, T. D. and Maria, L. G. Rapid determination of tryptophan in Bean in Beans(*Phaseolus vulgaris*) by the acid ninhydrin method, *J. Agric. Food Chem.*, 31, 352, 1975.
22. Lui, F. K., Nie, Y. H. and Shen, B. Y. : Manufacturing soy protein isolate by ultrafiltration. In Vegetable protein utilization in human foods and animal feedstuffs. Am. Oil Chemists' Society, Illinois, p.84 (1989)
23. Knuckles, B. E., Fremery, D., Bickoff, E. M. and Kohler, G. O. Soluble protein from alfalfa juice by membrane filtration, *J. Agric. Food Chem.*, 23(2), 209, 1975.
24. Diosday, L. L., Tzeng, Y. M. and Rubin, L. J. Preparation of rapeseed protein concentrates and isolates using ultrafiltration, *J. Food Sci.*, 49, 768, 1984.
25. Froning, G. W., Wehling, R. L., and Ball, H. R. : Functional properties of egg white. *Poultry Science*, 66, 1168(1987)
26. 심우만. 참깨박 단백질의 분리와 조성에 관한 연구, 중앙 대학교 대학원 석사 학위 논문, 1978.
27. 신효선. 참깨에 대한 식품영양학적 연구 : 제1보 탈피과정의 참기름 및 막의 품질에 미치는 영향, *한국식품과학회지*, 5(2), 113, 1973.
28. Okubo, K., Waldrop, A. B., Iacobucci, G. A. and Myers, D. V. Preparation of low phytate soybean protein isolate and ultrafiltration, *Cereal Chem.*, 52, 263, 1975.
29. Omosaiye, O. and Cheryan, M. Ultrafiltration of soybean water : processing characteristics and yields, *J. Food Sci.*, 44, 1027, 1979.
30. Balbuena, M. B., Garcia, P. and Fernanadez, A. G. Regeneration of Spanish style green table olive brines by ultrafiltration, *J. Food Sci.* 53(6), 1733, 1988.
31. O'de Rham and Jost, T. Phytate-protein interactions in soybean extracts and low-phytate soy protein products, *J. Food Sci.*, 44(2), 596, 1979.
32. Grynspan, F. and Cheryan, M. Calcium phytate : Effect of pH and molar ratio on in vitro solubility, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 60(10), 1761, 1983.
33. Fischbach-Greene, L. and Potter, N. N. Effects of ultrafiltration on retention of minerals and other components of milks, *J. Food Sci.*, 51(2), 345, 1986.
34. Lawhon, J. T., Hensley, D. W., Mulsow, D. and Mattil, K. F. Optimization of protein isolates production from soy flour using industrial membrane systems, *J. Food Sci.*, 43, 361, 1978.