

## 역삼투법으로 분리, 농축한 두부순물의 이화학적 특성

김동만 · 백형희\* · 진재순 · 이세은 · 김길환  
한국식품개발연구원, \*루지애나 주립대학교

### Physico-chemical Properties of Soybean Curd Whey Concentrated by Reverse Osmosis

Dong-Man Kim, Hyung-Hee Baik\*, Jae-Soon Jin, Sei-Eun Lee and Kil-Hwan Kim  
Korea Food Research Institute, \*Louisiana State University

#### Abstract

Several Physico-chemical properties of the retentate obtained from reverse osmosis of soybean curd whey were studied. The contents of sucrose, raffinose and stachyose in the retentate were 32.59% d.b., 4.76% d.b. and 9.99% d.b., respectively. Potassium (5.23% d.b.), in the retentate was a dominant element in ash. Protein content (18.69% d.b.), amino acid composition and subunit pattern of protein in PAGE-electrophoresis were somewhat different from those of the soybean protein. Emulsification activity, emulsification stability and viscosity of protein isolated from soybean curd whey (WPI) were slightly inferior compared to protein isolated from soybean (SPI), with the exception of solubility that depended on the pH of WPI.

Key words: reverse osmosis retentate, soybean curd whey, physico-chemical properties

#### 서 론

두부 제조시 유출되는 순물은 거의 폐수로 방류되는데 이 순물에는 콩에 함유된 수용성 물질이 일부 용해되어 있기 때문에 하천의 오염원으로 작용한다. 현재 전국에는 550여개소의 중, 소규모 두부 제조공장이 산재되어 있고, 이들 업체가 두부 생산을 위해 사용하는 원료 콩의 양은 연간 약 10여만톤<sup>(1)</sup>으로 추정되는데 이러한 양의 콩을 이용하여 두부를 제조시 폐수로 방류되는 순물의 양은 상당할 것으로 추정된다. 이에 따라 두부 순물에 함유된 가용성 고형물의 제거와 동시에 유용물질을 분리 활용할 수 있는 방안이 모색된다면 하천오염 방지는 물론 자원의 효율적 활용측면에서도 바람직할 것으로 판단된다.

그동안 두부순물에 함유된 성분에 관한 연구는 단편적이거나 일부 보고<sup>(2-4)</sup>된 바 있지만 치즈케이의 경우 가용성 고형물의 수거 및 활용을 위한 다수의 연구가 수행된 것에 비하여서는 매우 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 두부순물의 역삼투 방법을 이용한 정화시 역삼투 잔액(retentate)의 활용 가능성을 조사하기 위해 역삼투 잔사의 주요 성분과 단백질의 이화학적 특성을 분석하였던 바 그 결과를 보고코자 한다.

#### 재료 및 방법

##### 두부순물의 획득

정선한 콩(US No.1)을 사용하여 이 등<sup>(5)</sup>의 방법에 따라 두부를 제조하여 유출된 두부순물을 여과지로 여과한 후 그 여액(2.2 Brix)을 실험에 사용하였다.

##### 역삼투 장치를 이용한 두부순물의 농축

평판형 역삼투 장치(DDS Lab module-20 plate and frame system, De Danske Sukkerfabrikker Co. Ltd., Copenhagen, Denmark)에 단면적이 0.018 m<sup>2</sup>인 HR98 형막을 10매 장착하고, 30°C로 유지시키며 60 bar의 압력을 가하여 잔액(retentate)의 농도가 25°Brix에 도달할 때까지 역삼투한 후 냉동 건조하여 분석용 시료로 사용하였다.

##### 총당 및 유리당의 분석

냉동 건조한 두부순물의 역삼투 농축잔액과 두부 제조용 원료콩 분말을 각각 산 가수분해시킨 후 Somogy-Nelson법<sup>(6)</sup>으로 총당을 정량하였다. 유리당은 각 분말 시료에 일정비율로 가하여 tissuemizer로 추출한 후 HPLC(Waters Model 510, Waters Associates, U.S.A.)<sup>(7)</sup>로 분석하였다.

##### 아미노산 분석

냉동 건조한 각 분말시료 6 N-HCl을 가하여 105°C에서

Corresponding author: Dong-Man Kim, Korea Food Research Institute, Baekhyun-dong, Seongnam-si, Kyungki-do 462-420, Korea

산 가수분해를 시킨 후 Mason 등<sup>(8)</sup>의 방법에 준하여 HPLC(Biotronic LC5001, Biotronik, W. Germany)로 분석하였다.

#### 무기물

원자흡광분석기(Perkin-Elmer Model 3030-B, Perkin Elmer Instrument Co., U.S.A.)를 이용하여 Perkin Elmer의 분석방법<sup>(9)</sup>에 따라 정량하였다.

#### 용해도 측정<sup>(10)</sup>

두부제조용 원료콩과 두부순물로부터 분리한 단백질을 각각 0.2g씩 취하여 0.1N NaOH 용액 4 ml에 녹인 후 3.0 ml를 취하여 10 ml 용량의 원심분리관에 넣고 1N HCl로 pH를 조절하였다. 이를 25°C에서 1시간 동안 교반하고 27,000×g에서 20분간 원심분리한 후 상등액 중에 함유된 단백질 함량을 Biuret법<sup>(6)</sup>으로 정량하였다. pH에 따른 단백질 용해도는 pH 12에서의 용해도를 100%로 계산하여 표시하였다.

#### 유화능과 유화안정도 측정<sup>(11,12)</sup>

50 mM Tris-HCl 완충액(pH 7.5)에 두부원료콩 및 두부순물로부터 분리한 단백질을 0.4% 용액을 조제한 후 3 ml씩을 각각 취하여 1 ml의 공기기를 넣고 Ultra-turrax(Janke & Kunkel IKA-Labortechnik, Germany)로 1분간 유화시켰다. 이 유화액 10 μl 취하여 1% SDS 용액 20 ml로 희석한 후 600 nm에서 흡광도를 측정하였다.

유화안정도는 유화액을 100°C의 끓는 물에서 10분간 열처리한 후 600 nm에서 흡광도를 측정하여 구하였다.

#### 점도

증류수를 이용하여 콩으로부터 분리한 단백질(SPI)은 5% 용액, 두부순물로부터 분리한 단백질(WPI)는 5% 및 15% 용액으로 각각 조제한 후 원통형 Haake 점도계(Rhodovisco RV 20, Haake Mess-Technik, Germany)를 이용하여 25°C에서 전단속도를 달리하면서 점도를 측정하였다.

#### 단백질의 전기영동

냉동건조한 시료 일정량에 10배(w/v)의 sodium dodecyl sulfate 2%, 2-mercaptoethanol 5%가 혼합된 용액을 가하고 Ultra-turrax로 2분 동안 단백질을 추출하여 원심분리(10,000×g, 10 min)한 후 상등액을 사용하여 Laemmli<sup>(13)</sup>의 방법에 따라 SDS-PAG 전기영동을 행하였다.

### 결과 및 고찰

#### 역삼투 농축잔액의 성분 특성

두부순물에 함유된 가용성 물질을 역삼투막으로 분리 농축한 후 당을 비롯한 주요 구성성분의 함량을 분석한

**Table 1. Chemical composition of soybean and soybean curd whey before(value in parenthesis) and after concentration by a reverse osmosis system (unit: %DW)**

Component	Soybean	Soybean curd whey
Total sugar	26.25	53.21(52.14)
Sucrose	4.92	32.59(32.78)
Raffinose	1.11	4.76(4.72)
Stachyose	4.44	9.99(9.86)
Crude protein	41.31	18.69(19.07)
Amino acid		
Lysine	2.98	1.30
Histidine	1.47	1.06
Arginine	2.81	1.48
Aspartic acid	4.39	2.31
Threonine	1.42	0.78
Serine	1.69	1.01
Glutamic acid	6.99	5.07
Proline	1.93	0.49
Glycine	1.63	0.74
Alanine	1.55	0.77
Valine	1.86	0.42
Methionine	0.67	0.53
Isoleucine	1.92	0.44
Leucine	2.77	0.57
Tyrosine	0.85	0.49
Phenylalanine	2.40	0.45
Cysteine	0.61	0.48
Ash	5.72	12.24(13.15)
Na	0.146	0.321
K	2.08	5.23
Ca	0.30	1.74
Mg	0.26	0.53

결과는 Table 1과 같다.

두부순물에 함유된 주요 유리당은 자당, 라피노오스 및 스타치오스로 그 함량은 건물 중으로 각각 32.59%, 4.76% 및 9.99%이었으며 이 세 당류를 합한 양은 총당의 89.0%를 접하였다. 두부순물에 함유된 각 유리당의 함량을 원료콩과 비교하여 보면 자당은 6.6배 정도 높았고, 라피노오스 및 스타치오스는 각각 4.3배 및 2.3배로 분자량이 큰 당일수록 그 배율이 낮아지는 경향을 보였다.

역삼투 처리하여 분리, 농축한 두부순물의 회분함량은 12.24%로 역삼투막으로 처리치 않았던 순물보다는 0.91% 낮았지만 원료콩의 5.72% 보다는 2.1배 이상 높았으며 칼륨은 5.23%, 칼슘은 1.74% 함유되어 있었다.

두부 원료콩에 함유된 단백질의 함량은 41.31%이었고, 이를 이용한 두부 제조시 유출된 순물을 역삼투하여 분리 농축하여 건조한 잔사에는 단백질이 18.69% 함유되어 있었다.

두부순물 농축물에 함유된 단백질의 아미노산 조성은 콩단백질과 유사하게 글루탐산 및 아스파르트산이 높은 비율을 나타냈다. 또한 두부순물 단백질을 구성하는 아

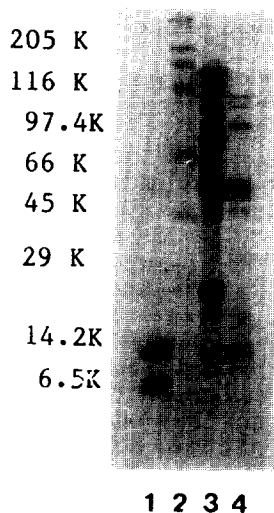


Fig. 1. Electrophoresis patterns of the protein isolated from soybean and soybean curd whey

1 and 2; Protein mark,  
3 ; Protein from soybean  
4 ; Protein from soybean curd whey

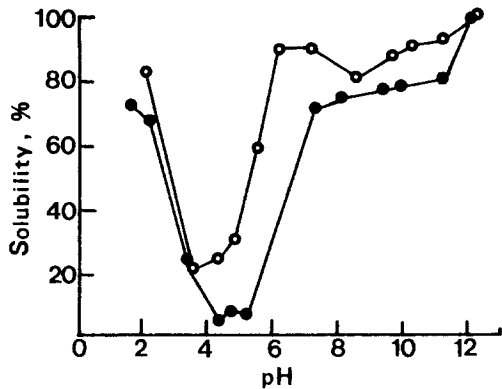


Fig. 2. pH-solubility profile of proteins isolated from soybean and soybean curd whey

○; Protein from soybean, ●; Protein from soybean curd whey

미노산의 총량중 각 아미노산이 차지하는 비율을 콩단백질의 경우와 비교하여 보면 글루탐산, 히스티딘, 메티오닌 및 시스테인의 비율이 콩단백질의 경우에 비해 높음을 알 수 있었다.

한편 PAG 전기영동법을 이용하여 두부순물에 존재하는 단백질의 sub-unit 양상을 원료콩의 경우와 비교하였던 바(Fig.1) 두부순물에서 나타난 sub-unit중 분자량이 가장 큰 sub-unit는 콩단백질의 경우 보다는 낮은 97.4 k 부근에서 나타났다.

두부순물로부터 분리한 단백질의 기능성

Table 2. Emulsifying activity(EA) and emulsion stability (ES) of soybean protein isolate(SPI) and the protein isolated from soybean curd whey(WPI)

Sample	Relative EA(%)	Relative ES(%)
SPI	100	61.2
WPI	79.9	50.8

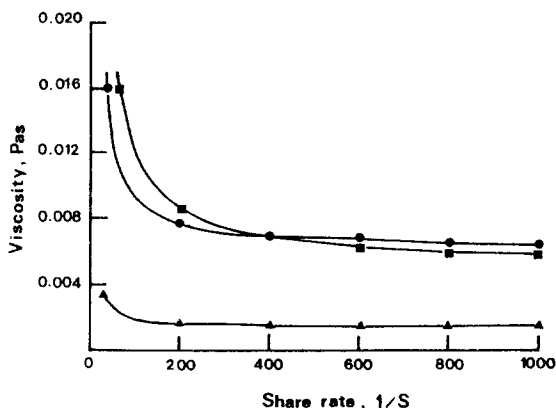


Fig. 3. Viscosity of solution with different concentration of proteins isolated from soybean and soybean curd whey

■; 5% solution of protein from soybean, ▲; 5% solution of protein from soybean curd whey, ●; 15% solution of protein from soybean curd whey

Fig.2는 두부순물로부터 추출한 단백질의 pH에 따른 용해도를 측정된 결과로 분리 콩단백질에 비해 전반적으로 높은 용해도를 나타냈다. 또한 이 단백질의 용해도 곡선 양상은 분리 콩단백질의 경우와 거의 유사한 경향을 보였지만 최저 용해도는 분리 콩단백질이 pH 4.5에서, 두부순물 단백질은 pH 3.5 부근에서 각각 나타났다.

두부순물에 존재하는 단백질의 유화능과 유화안정도를 조사한 결과를 Table 2에 나타냈는데 콩으로부터 분리한 단백질의 유화능을 기준으로 하여 상대적으로 나타내 보면 분리 콩단백질의 유화능보다 20.1% 낮은 값을 보였으며 유화안정도 역시 콩단백질에 비해 다소 낮았다.

Fig.3은 두부순물로부터 분리한 단백질의 점성을 분리 콩단백질과 비교한 결과로 5% 용액의 경우 두부순물 단백질의 점도는 분리 콩단백질에 비해 훨씬 낮은 값을 나타내었다. 또한 두부순물 단백질의 함량을 15%로 조절된 용액의 점도는 전단속도가 350 S<sup>-1</sup> 이하에서는 분리 콩단백질 5% 용액보다 낮았지만 이 이상의 전단속도에서는 두 용액의 점도는 유사한 수준을 보였다.

요 약

역삼투 방법을 이용한 두부순물의 정화시 역삼투 장치의 활용 가능성을 검토하기 위해 두부순물 농축물의

성분 특성 및 분리 단백질의 기능성을 조사하였다. 두부순물의 역삼투 잔사 농축물에는 자당, 라피노오스 및 스타치오스가 건물 중으로 각각 32.59%, 4.76% 및 9.99% 함유되어 있었고, 무기물중 칼륨이 5.23%로 회분의 42.7%를 점하였다. 또한 조단백질 함량은 18.69%이었으며 아미노산 조성 및 전기영동상의 sub-unit 양상은 분리 콩단백질과 다소 차이를 보였다. 한편 두부순물로부터 분리한 단백질의 기능성중 pH에 따른 용해도는 분리 콩단백질에 비해 전반적으로 다소 높은 값을, 유화능과 유화안정성 및 점도는 분리 콩단백질보다 비교적 낮은 값을 나타냈다.

## 문 헌

1. 장대현 : 한국식품년감 1988-89. 사조사, 1988
2. 김길환 : 콩, 두부와 콩나물의 과학, 한국과학기술원(1982)
3. Shurtleff, W. and Aoyagi, A.: *The Book of Tofu*. Autumn Press, Brookline, U.S.A.(1975)
4. Smith, A.K. and Circle, S.J.: *Soybeans; Chemistry and Technology*. AVI Publishing Co. Inc. Westport, U.S.A. (1978)
5. 이부용, 김동만, 김길환 : 한국산 콩 품종의 두부가공 적성에 관한 연구, 한국식품과학회지, 22, 363(1990)
6. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*. 11th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.(1980)
7. Nambara, T. and Ikekawa, N.: *Modern High-Performance Liquid Chromatography*. Hirogawa Publishing Co., Tokyo(1983)
8. Mason, V.C., Bech-Anderson, S. and Rudeme, M.: Hydrolysate preparation for amino acid determination in feed constituents. Proc. 3rd EAAP Symp. on *Protein Metabolism and Nutrition*, May(1980)
9. Anon: Analytical Methods for Atomic Absorption spectrophotometry. *Perkin Elmer*(1976)
10. Franzen, K.L. and Kinsella, J.E.: Functional properties of succinylated and acetylated soy protein. *J. Agric. Food Chem.*, 24, 788(1976)
11. Hirotsuka, M., Taniguchi, H. and Kito, M.: Increase in emulsification activity of soy lecithin-soy protein complex by ethanol and heat treatments. *J. Food Sci.*, 49, 1105(1984)
12. Pearce, K.N. and Kinsella, J.E.: Emulsifying properties of proteins: Evaluation of turbidmetric technique. *J. Agric. Food Chem.*, 26, 716(1978)
13. Laemmli, U.K.: Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of Bacteriophage T-4, *Nature*. 227, 680(1970)

(1991년 11월 13일 접수)