

응고제를 달리하여 제조한 두부의 텍스처 특성과 두부순물의 성분*

이선미 · 황인경

서울대학교 생활과학대학 식품영양학과

Texture Characteristics of Soybean-Curds Prepared with Different Coagulants and Compositions of Soybean-Curd Whey

Sun-Mee Lee and In Kyeong Hwang

Department of Food & Nutrition, Seoul National University

Abstract

To determine the optimum coagulants concentrations for preparing soybean-curds, the transmittance of soybean-curd whey using spectrophotometer has been measured. The textural properties of soybean-curds were examined by texture analyzer and sensory evaluations. The general components, oligosaccharides and amino acids in soybean-curd wheys were analyzed. Protein patterns of soybean-curd wheys comparing with soyflour and soymilk were investigated. By texture analyzer, hardness, cohesiveness, springiness, and gumminess of CaCl_2 soybean-curd, MgCl_2 soybean-curd were higher than those of CaSO_4 soybean-curd and GDL soybean-curd. In the sensory evaluations, CaSO_4 soybean-curds and GDL soybean-curds were smoother and moister than others. Glutamic acid and aspartic acid were the first two abundant amino acids in three kinds of soybean-curd wheys, but arginine was the most abundant amino acid in GDL soybean-curd whey. Total sugar content of soybean-curd wheys were about 12~13 g/l, and the main sugars among 5 kinds of sugars were sucrose and raffinose. Electrophoresis using SDS-PAGE showed that glycinin and β -conglycinin, the main proteins of soybean appeared in soy flour and soymilk, and only low molecular weight subunits appeared in soybean-curd wheys.

Key words: soybean-curd, coagulant, soybean-curd whey, texture

I. 서 론

두부는 수분 함량이 높은 gel 상 식품으로 소화율이 대두 식품 중 가장 높고¹⁾, 단백질이 풍부하여 동양에서 오랫동안 좋은 단백질의 공급원이 되어왔다. 사용된 염의 종류에 따라 두부의 물성은 크게 달라지는데^{2,3)}, 염화칼슘과 염화마그네슘을 사용했을 때가 황산칼슘이나 황산마그네슘을 사용했을 때보다 견고성과 부서짐성이 더 큰 값을 나타냈다⁴⁾. 두부의 질감에 따른 수용도를 살펴본 연구⁵⁾에서 수용도는 화학적 조성보다는 물리적인 텍스처 특성에 의해 결정되므로 두부의 텍스처를 평가하기 위한 관능검사를 실시한 실험들이 있다^{7,8)}. 요즘 환경오염에 대한 관심이 많아지면서 폐수 처리에 관한 연구가 많이 진행되고 있는데, 두부

제조시에 부산물로 발생하는 다량의 두부순물 중에는 각종 아미노산 등 질소화합물, 유리당, 색소 등이 함유되어 있는데, 두유의 아미노산 함량에 관해서는 몇몇 연구가 이루어져 있으나⁹⁾, 두부순물의 아미노산에 관한 연구는 거의 없는 형편이다. Wang과 Cavins¹⁰⁾이 두부순물의 고형분, 단백질, 지방의 함량과 아미노산 종류에 대해 연구하였고, 김동만 등¹²⁾이 두부순물 농축물에 함유된 단백질의 아미노산 조성을 연구하여 두부순물 농축물에는 콩단백질과 유사하게 glutamic acid, aspartic acid가 높은 비율로 함유됨을 보고하였다. 대두 올리고당은 주로 sucrose, raffinose와 stachyose로 구성되어 있으며 이들은 5:1:4의 비율로 콩에 존재하고 건조질량의 10%를 차지하고 있다¹³⁾. 대두의 올리고당은 가스발생인자로 알려져 제거하려는 노력¹⁴⁾이 많이 있었으나 최근에는 장내 유용 미생물의 유지에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 시장성이 급속히 증가하고 있다. 콩의 주요 단백질은 2S, 7S,

*본 연구는 1995-1996년도 농림수산 특정연구과제(첨단)의 일부 연구비 지원으로 수행되었음.

11S, 15S 분획들로 구성되어 있으며, 이 중 glycinin (11S)과 β -conglycinin(7S)이 대부분을 차지하고 있다. 두부 제조시에는 단백질이 수화되어 3차원적 망상구조를 형성하는데 대부분의 단백질은 두부로 이동되지 만 저분자의 펩타이드와 아미노산은 두부순물에 남아 있게 된다. 이에 본 연구에서는 두부순물의 투과도를 이용하여 4종류의 응고제 각각에 대한 최적 농도를 정하고 응고제 종류를 달리하여 두부를 제조했을 때의 텍스처특성에 대한 기계적 측정과 관능평가를 실시하여 비교해 보고 각 응고제에 따라 부산물로 생기는 두부순물에 함유되어 있는 유용성분을 분석하여 그 차이를 비교하여 보았다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 시료의 제조

수원 농촌 진흥청에서 수확한 대두(장엽, 94년산)를 분양받아, 4°C에서 보관하며 사용하였다. 두부제조를 위한 응고제로는 1급의 염화칼슘($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 염화마그네슘($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), 황산칼슘($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 이상 Shinyo Pure Chemicals), glucono- δ -lactone(GDL, $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6$, Sigma Chemical)을 사용하였다.

(1) 두유 제조 및 응고제 농도 결정

대두 100 g을 3회 씻어 400 ml의 증류수에 담가 하룻밤 동안 불린 후 Osterizer blender로 'blend' mode에서 3분간 마쇄한 다음 흡수된 수분을 포함하여 모두 1000 ml가 되도록 증류수를 첨가하면서 가열하여 끓기 시작하면 10분간 더 끓인 뒤 면포를 이용하여 두유를 압출하여 약 630 ml의 두유를 얻었다¹⁵⁾.

두유 23 ml를 50 ml 원심관에 취하여 항온수조에서 70°C로 유지하면서 응고제 용액 2 ml를 0.006 M에서부터 0.08 M까지 농도를 변화시켜 가면서 첨가하여 15분간 응고시켰다. GDL은 사용하기 직전에 용액으로 만들어 두유에 가하였다. 응고물을 1,000×g로 20분간 원심분리한 후 분리된 상층의 두부순물을 분광광도계(V-1100, Hitachi, Japan)로 440 nm에서 투과도를 측정하여 두부순물의 투과도가 가장 높은 농도를 두부제조시의 응고제 농도로 결정하였다.

(2) 두부제조

(1)의 방법으로 제조한 두유 575 ml를 70°C로 유지하면서 (1)의 방법에서 최적 농도로 결정된 응고제 용액(50 ml)을 넣고 저온 다음 15분간 응고시킨 후 나무로 만든 두부틀(145 mm(L)×100 mm(W)×85 mm(H))에 면포를 깔고 응고물을 부은 후 500 g×2의 압력으로 20분간 압착 한 다음 꺼내어 증류수에 20분간 수침

시킨 후 10분간 경사지게 방치하여 두부표면의 수분을 제거하였다.

(3) 두부순물의 제조와 동결건조

(2)의 방법으로 두부를 제조할 때, 압력을 가하여 성형하는 과정에서 빠져나오는 용액을 두부순물로 사용하였고 또한 두부순물을 급속동결시켜 동결건조기(FD5508, 일신 엔지니어링)에서 24시간 이상 건조시켰다.

(4) 대두분말 제조

날콩을 마쇄기와 막자사발을 이용하여 분쇄한 다음 40 mesh체를 통과시켜 대두 분말로 사용하였다.

2. 두부와 두부순물의 수득량 측정

두부의 중량을 재어 두부의 수득량을 측정하였고 두부순물의 수득량은 메스실린더를 이용하여 부피를 측정하여 계산하였다. 4회 반복하여 얻은 측정치를 평균과 표준편차로 표시하였으며 분산분석과 Duncan의 다중범위검정분석(Duncan's multiple range test)을 실시하여 통계처리하였다.

3. 일반성분 분석

대두분말, 두유, 두부, 두부순물의 일반성분은 AOAC¹⁶⁾법에 따라 수분은 상압가열 건조법, 조단백질은 micro-kjeldhal법, 조지방은 soxhlet법, 회분은 직접 회화법으로 분석하였으며, 탄수화물은 proximate analysis에 의해 계산하였다.

4. 두부의 텍스처 측정

4종류 두부의 텍스처를 알아보기 위해 texture analyzer(XT.RA Dimension, stable micro systems)로 텍스처 묘사분석(texture profile analysis: TPA)을 실시하였다. Table 1의 조건으로 두 번의 압착실험(compression test)에 의해 Fig. 1과 같은 힘-시간 곡선을 얻었다. 이 곡선에 의하여 두부의 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 점착성(adhesiveness), 탄성(springiness),

Table 1. Conditions of texture analyzer for texture profile analysis of soybean-curd

| | Condition |
|---------------------|----------------------|
| Weight of load cell | 5 kg |
| Speed | 2.0 mm/s |
| Strain | 0.3 |
| Force threshold | 20.0 g |
| Distance threshold | 0.50 mm |
| Sample area | 4.91 cm ² |
| Contact force | 5.0 g |

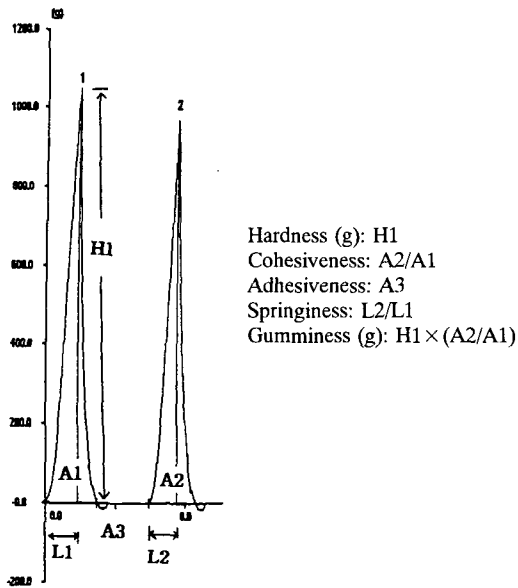


Fig. 1. Texture profile analysis curve for $MgCl_2$ soy-bean-curd.

점성(gumminess)을 구하였다. 3회 반복하여 얻은 측정치를 평균과 표준편차로 표시하였으며 분산분석과 Duncan의 다중범위검정분석(Duncan's multiple range test)을 실시하여 통계처리하였다.

5. 두부의 관능평가

본 학과 대학원생 중에서 7명을 선정하여 시판 두부 중 한 종류를 기준으로 삼아서 두부 텍스처 평가에 익숙해지도록 훈련한 후 15 cm 선척도를 이용하여 인지 강도를 직선상에 표시하여 평가하도록 하였다. 3차례 반복하여 얻은 측정치를 SAS(statistical analysis system)를 사용하여 평균, 분산분석과 Duncan의 다중범위 시험법(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검증하였다.

6. 두부순물의 아미노산 분석

동결건조한 두부순물을 0.03 g 정도 취하여 10 ml 시험관에 넣고 6 N HCl을 3 ml를 가하여 질소가스로 채운 후 110°C 오븐에 16시간 동안 방치한 후 7.5 N NaOH를 첨가하여 중성으로 만든다. 완충(sodium citrate, pH 2.2, 3.25, 4.2, 10, 그리고 NaOH soln. pH 12) 용액으로 희석한 후 membrane filter(20 micron, Gelman science Co.)를 이용하여 여과하였다. 여과액 40 μ l를 amino acid analyzer(LKB 4150, Pharmacia Instrument Co, England)에 주입하여 각종 아미노산을 분

Table 2. Conditions of HPLC for sugar analysis

| | |
|------------------|---|
| Instrument | Tosoh HPLC |
| Column | YMC-Pack Polyamine II (250×4.6 mm I.D.) |
| Mobile phase | 67% acetonitrile |
| Flow rate | 1.0 ml/min |
| Temp. | 30°C |
| Injection volume | 5 μ l |

석하였다¹⁷⁾.

7. 두부순물의 당 분석

두부순물을 acetonitrile과 1:1로 섞어 단백질 등을 침전시키고 상층액 5 μ l를 HPLC(Tosoh)에 주입하여 Table 2의 조건으로 두부순물에 존재하는 당을 확인하였다. 표준물질로는 glucose(Junsei chemical), fructose, sucrose, raffinose, stachyose(이상 Sigma chemical)를 사용하였다.

8. 전기영동실험

Davis와 Orstein의 비연속완충계를 이용한 Lamlli 법^{18,19)}을 참고하여 대두분말, 두유, 동결 건조한 4종류의 두부순물의 단백질의 분자량 분포를 SDS-PAGE를 이용하여 알아보았다.

III. 결과 및 고찰

1. 응고제 농도 결정

두부 제조시 사용되는 응고제의 적절한 농도를 결정하기 위해 응고제 농도에 따른 두부청의 투과도를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 응고가 시작되는 최저 농도에서는 두부청의 투과도가 매우 낮았으나 농도가 증가함에 따라 투과도가 증가하였다. 염화칼슘과 염화마그네슘은 0.015 M에서 최고치를 나타낸 후 다시 초기나 그 이하의 상태로 투과도가 낮아졌고, 황산칼슘은 0.02 M에서부터는 최고치를 나타낸 후 약간 감소하였다. 글루코노델타락톤은 초기 농도에서 투과도가 급격히 증가한 뒤 0.02 M에서부터는 투과도가 서서히 증가하였고, 0.06 M에서 최고치를 나타낸 후 그대로 유지되었다. 따라서 각각의 응고제에서 최고 투과도를 보인 농도를 두부제조시의 최적의 농도로 결정하였다.

2. 두부와 두부순물의 수득량

4종류 응고제에 따른 두부와 두부순물의 수득량은 Table 3과 같다.

두부의 수득량은 황산칼슘두부가 가장 높았으며 글

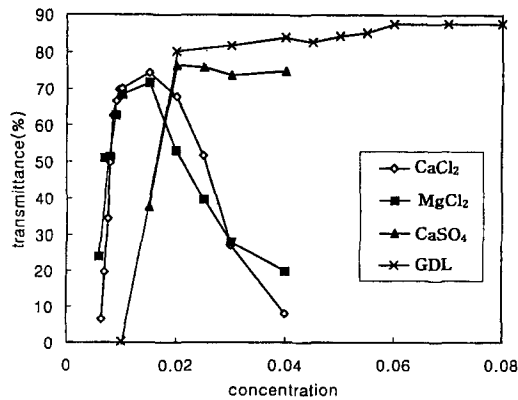


Fig. 2. Transmittance of wheys at 440 nm on various coagulant concentrations.

Table 3. Yields of soybean-curd and soybean-curd wheys pre

| | Coagulants | | | | F-value |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| | CaCl ₂ | MgCl ₂ | CaSO ₄ | GDL | |
| soybean curd (g) | 175.8 ^c | 172.3 ^c | 348.8 ^a | 305.6 ^b | 111.65*** |
| soybean curd whey (ml) | 312.0 ^a | 297.5 ^a | 107.5 ^c | 198.0 ^b | 34.30*** |
| Total | 487.8 | 469.8 | 456.3 | 503.6 | |

Mean values within a row that followed by different letter are significantly different at 5% level.
***: p < 0.001.

루코노델타락톤두부가 다음으로 높았고 열화칼슘두부와 열화마그네슘두부는 앞의 두 두부의 1/2 수준이었다. 두부의 수득률이 좋으려면 응고가 천천히 일어나야 하는데²⁰⁾, CaSO₄는 용해도가 0.2% 정도로 서서히 녹으면서 단백질과 반응하여 응고가 일어나고 글루코노델타락톤도 gluconic acid가 되는 과정에서 응고가 일어나므로 서서히 균일하게 응고가 일어나 함유율이 높아졌다. 그러나 열화칼슘과 열화마그네슘은 용해도가 높기 때문에 응고가 급격하게 일어나 응고물이 고르지 못하고 수율도 낮아진 것으로 생각된다. 두부순물의 수득량은 두부 수득량의 크기순서와 반대였다. 두부와 두부순물을 합한 양을 보면 황산칼슘을 사용한 경우가 그 양이 가장 적은데 이는 두부의 조직이 형성하여 성형 후 수침하는 과정이나 그 후 물기를 빼는 과정에서 내부의 수분이 많이 빠져 나갔기 때문이라고 생각된다.

3. 일반성분 분석

대두분말, 두유, 두부 및 두부순물의 일반성분은

Table 4. Proximate analysis of soy flour, soy milk, soybean-curd and soybean-curd wheys unit: % (w/w)

| | | Mois-ture | Crude protein | Crude fat | Ash | Carbo-hydrates |
|---------------------|-------------------|-----------|---------------|-----------|------|----------------|
| Soy flour | | 7.75 | 35.99 | 18.29 | 4.68 | 33.29 |
| Soy milk | | 91.06 | 4.08 | 2.07 | 0.55 | 2.24 |
| Soy-bean-curd | CaCl ₂ | 75.40 | 10.10 | 7.51 | 1.18 | 5.81 |
| | MgCl ₂ | 73.94 | 11.11 | 7.54 | 0.90 | 6.51 |
| | CaSO ₄ | 83.02 | 5.99 | 6.32 | 0.91 | 3.76 |
| | GDL | 82.34 | 6.53 | 7.91 | 0.58 | 2.64 |
| Soy-bean-curd wheys | CaCl ₂ | 97.03 | 0.55 | 0.36 | 0.48 | 1.58 |
| | MgCl ₂ | 97.10 | 0.53 | 0.71 | 0.40 | 1.26 |
| | CaSO ₄ | 96.84 | 0.52 | 0.34 | 0.63 | 1.67 |
| | GDL | 96.17 | 0.43 | 0.70 | 0.54 | 2.16 |

Table 4와 같다. 수분 함량은 대두분말이 7.75%, 두유가 91.06%였다. 두부의 수분 함량은 열화칼슘두부와 열화마그네슘 두부가 각각 75.40%와 73.94%로 비슷했고, 황산칼슘두부와 글루코노델타락톤두부가 각각 83.02%와 82.34%로 비슷했으며 앞의 두 종류의 두부에 비해 수분 함량이 많았다. 두부순물의 수분 함량은 96.17%에서 97.10%사이였다. 대두 단백질의 gel화에 영향을 끼치는 염의 영향을 조사한 실험¹⁰⁾에서 음이온이 양이온보다 더 수분보유력에 영향을 끼친다고 했는데 실험결과도 Ca²⁺, Mg²⁺의 양이온에 따른 차이는 거의 없었고 같은 Ca²⁺를 사용했지만 음이온이 다른 열화칼슘두부와 황산칼슘두부의 수분함량에는 차이가 있었다. 4종류의 두부에서 조단백의 함량은 상대적으로 수분함량이 적은 열화칼슘두부와 열화마그네슘두부가 11%정도로 6% 내외인 나머지 두 두부보다 많았으나 조지방 함량은 큰 차이가 없었다. 두부순물은 수분이 96~97% 사이로 거의 대부분을 차지했으며 조단백질과 회분은 4종류의 두부 순물에서 모두 0.5% 내외였고 조지방도 1% 미만으로 함유되어 있었다.

4. 두부의 텍스처 측정

응고제를 달리한 4종류 두부의 텍스처 특성을 알아보기 위해 texture analyzer를 이용하여 texture profile analysis를 실시한 결과는 Table 5와 같다.

견고성은 열화칼슘두부, 열화마그네슘두부, 글루코노델타락톤두부, 황산칼슘두부 순으로 낮아졌으나 열화칼슘두부와 열화마그네슘두부사이에 유의적 차이는 없었다. 응집성은 열화칼슘두부와 열화마그네슘두부가 비슷한 정도로 컸고, 다음 황산칼슘두부, 글루코노델타락톤두부 순이었다. 점착성은 4종류의 두부에 있어 유의적인 차이가 없었다. 탄력성은 열화칼슘두

Table 5. Texture profile analysis of soybean-curd prepared with 4 kinds of coagulants by texture analyzer

| | Coagulants | | | | F-value |
|--------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| | CaCl ₂ | MgCl ₂ | CaSO ₄ | GDL | |
| hardness (g) | 1031.30 ^a | 982.17 ^a | 225.00 ^c | 495.07 ^b | 142.21*** |
| cohesiveness | 0.81 ^a | 0.81 ^a | 0.74 ^b | 0.66 ^c | 118.14*** |
| adhesiveness | -15.17 | -14.19 | -5.89 | -5.59 | 0.85 |
| springiness | 0.90 ^a | 0.89 ^a | 0.80 ^b | 0.81 ^b | 25.66*** |
| gumminess | 830.46 ^a | 794.06 ^a | 165.44 ^c | 326.29 ^b | 172.07*** |

Mean values within a row that followed by different letter are significantly different at 5% level.

***: p < 0.001.

Table 6. Sensory characteristics of 4 kinds of soybean-curd

| | | CaCl ₂ | MgCl ₂ | CaSO ₄ | GDL | F-value | |
|---------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------|
| Color | | 7.67 ^a | 8.28 ^a | 4.52 ^b | 4.93 ^b | 10.69*** | |
| Knife | Cuttet surface | 3.78 ^b | 3.81 ^b | 12.27 ^a | 11.71 ^a | 153.20*** | |
| | Homogeneous | 4.54 ^b | 5.56 ^b | 10.73 ^a | 11.76 ^a | 37.31*** | |
| Spoon | Hardness | 11.36 ^a | 11.27 ^a | 2.26 ^c | 4.66 ^b | 186.40*** | |
| | Springiness | 8.71 ^a | 9.17 ^a | 3.68 ^b | 5.35 ^b | 12.98*** | |
| Texture | Mouth | Hardness | 10.88 ^a | 9.72 ^a | 2.81 ^c | 4.36 ^b | 97.22*** |
| | | Springiness | 9.42 ^a | 9.01 ^a | 2.89 ^c | 4.51 ^b | 46.84*** |
| | Smoothness | 3.22 ^c | 3.13 ^c | 12.04 ^a | 10.80 ^b | 173.62*** | |
| | Moisture | 3.05 ^c | 3.44 ^c | 11.79 ^a | 9.39 ^b | 120.27*** | |
| | Adhesiveness | 8.56 ^a | 8.37 ^a | 4.91 ^b | 6.59 ^{ab} | 4.99** | |
| Taste | Roasted nutty | 10.51 ^a | 10.71 ^a | 3.98 ^b | 2.81 ^b | 77.44*** | |
| | Metallic | 5.35 ^b | 4.80 ^b | 5.74 ^b | 10.96 ^a | 12.15*** | |
| | Astringent | 5.78 ^b | 5.44 ^b | 6.85 ^b | 10.73 ^a | 9.88*** | |
| | Bitter | 5.71 ^b | 5.75 ^b | 5.64 ^b | 10.07 ^a | 8.18*** | |
| | Sour | 3.34 ^c | 3.14 ^c | 5.51 ^b | 12.52 ^a | 58.53*** | |

Mean values within a row that followed by different letter are significantly different at 5% level.

***: p < 0.001.

부와 염화마그네슘두부가 황산칼슘두부, 글루코노델타락톤두부보다 컸는데 황산칼슘두부는 압착시 조직의 수분이 많이 빠져나가 복원력이 낮아졌기 때문으로 생각된다. 검성은 염화칼슘두부와 염화마그네슘두부가 비슷한 정도로 컸고 다음 글루코노델타락톤두부, 황산칼슘두부순이었다. 전체적으로 염화칼슘두부와 염화마그네슘두부가 텍스처 특성이 비슷했고 측정된 특성에 대한 수치가 나머지 두 두부보다 높았다. 이는 수분보유력과 텍스처에 영향을 많이 끼치는 응고제의 음이온 부분이 같았기 때문이라고 생각한다.

5. 두부의 관능평가

응고제를 달리하여 만든 4종류 두부에 대한 관능검사 결과는 Table 6과 같다. 평가항목 모두에서 두부간에 유의적 차이를 나타냈다. 색깔은 황산칼슘두부와 글루코노델타락톤두부가 더 흰색을 나타냈고 염화칼슘두부와 염화마그네슘두부는 더 누런 색을 나타냈

다. 텍스처 특성은 texture analyzer로 측정된 것처럼 염화칼슘두부와 염화마그네슘두부가 비슷하여 다른 두 두부와 차이가 있었다. 칼로 자른 단면은 황산칼슘두부와 글루코노델타락톤두부가 더 매끈하였고 균질성도 높았다. 견고성은 염화칼슘두부와 염화마그네슘두부가 높았고 탄성도 염화칼슘두부와 염화마그네슘두부가 다른 두 두부보다 높았던 반면, 입에서 느껴지는 부드러움과 수분함량은 비슷한 정도로 낮았다. 두부의 맛 특성에서는 글루코노델타락톤두부가 강한 신맛을 나타내어 특성치가 달랐다. 염화칼슘두부와 염화마그네슘두부는 고소한 맛이 많았고 금속성 맛, 떼은 맛, 쓴 맛, 신 맛은 글루코노델타락톤두부만이 특이하게 높았다.

6. 두부순물의 아미노산 조성

두부순물의 아미노산 분석 결과는 Table 7과 같으며 두부순물에 존재하는 주요 아미노산 분포는 Fig. 3과

같다. 염화칼슘, 염화마그네슘, 황산칼슘을 사용한 경우는 glutamic acid 함량이 가장 많았고, 다음으로 aspartic acid가 많았는데 글루코노델타락톤을 사용한 경우는 arginine이 가장 많았고, 다음으로 glutamic acid가 많았다. 이와 같은 차이는 나는 것은 글루코노델타락톤과 다른 응고제의 콩 단백질 침전기작이 다르기 때문이라고 생각된다.

Cystein, tryptophan을 제외한 아미노산의 총량은 황산칼슘을 사용한 경우가 두부순물의 건조질량의 22.81%

Table 7. Amino acid compositions of 4 kinds of freeze dried soybean-cured wheys unit: % (w/w, dry basis)

| | CaCl ₂ | MgCl ₂ | CaSO ₄ | GDL |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| GLX* | 4.21 | 4.42 | 4.48 | 2.23 |
| THR | 0.72 | 0.71 | 0.76 | 0.41 |
| SER | 0.73 | 0.76 | 0.77 | 0.40 |
| ASX** | 1.90 | 1.95 | 1.97 | 1.07 |
| PRO | 0.53 | 0.62 | 0.85 | 0.48 |
| GLY | 0.81 | 0.85 | 1.04 | 0.70 |
| ALA | 0.77 | 0.79 | 1.28 | 0.93 |
| VAL | 0.47 | 0.53 | 1.19 | 1.13 |
| MET | 0.57 | 0.54 | 1.36 | 1.11 |
| ILE | 0.46 | 0.41 | 1.02 | 1.01 |
| LEU | 0.73 | 0.68 | 1.26 | 0.84 |
| TYR | 0.86 | 0.83 | 1.41 | 1.36 |
| PHE | 1.05 | 0.97 | 1.21 | 0.84 |
| HIS | 1.10 | 1.01 | 1.13 | 0.78 |
| LYS | 1.52 | 1.50 | 1.57 | 0.79 |
| ARG | 1.47 | 1.47 | 1.52 | 2.54 |
| Total | 17.89 | 18.04 | 22.81 | 16.63 |

*: GLX=Glutamic acid+Glutamine.

** : ASX=Aspartic acid+Asparagine.

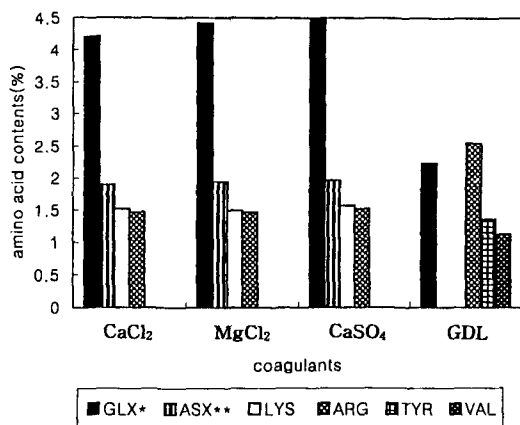


Fig. 3. Main amino acid contents in the freeze dried soybean-curd wheys.

*: GLX=Glutamic acid+Glutamine.

** : ASX=Aspartic acid+Asparagine.

로 가장 많았고, 글루코노델타락톤을 사용했을 때가 16.63%로 가장 낮았다. Wang과 Cavins¹¹⁾의 연구결과에 의하면 함황아미노산이 두부와 두유에 적은 반면 두부순물에 함황아미노산과 lysine의 함량은 높지만 phenylalanine, isoleucine, valine과 같은 필수 아미노산의 함량이 낮다고 했는데 이 결과와 일치했다.

7. 두부순물의 당 함량

두부순물에 존재하는 당을 HPLC로 분석하여 얻어진 주요 당의 전형적인 chromatogram은 Fig. 4와 같다. 두부순물에 함유된 주요 유리당은 fructose, glucose, sucrose, raffinose와 stachyose로 그 함량은 Table 8과 같으며 응고제의 종류에 관계없이 sucrose, stachyose, fructose, raffinose, glucose 순이었다. 두부순물 중 이들 5개 당류의 총량은 염화칼슘의 경우는 12.6057 g/l, 염화마그네슘은 13.2699 g/l, 황산칼슘은 12.3856 g/l, 글루코노델타락톤은 13.4814 g/l로 모두 비슷했다. Sucrose와 stachyose의 함량이 총당 함량 중 90% 이상을 차지하였다. 대두에는 sucrose : raffinose : stachyose가 5 : 1 : 4의 비율로 들어 있으며, 두부순물을 역삼투막으로 분리 농축한 당을 측정할 경우 각 당의 함량비율이 각각 32.59%, 4.76%, 9.99%였다고 한다¹²⁾. 본 실험에서는 주요 세 당의 비율이 10~11:1:9~10이었으므로 raffinose보다 fructose 함량이 약간 더 많았다.

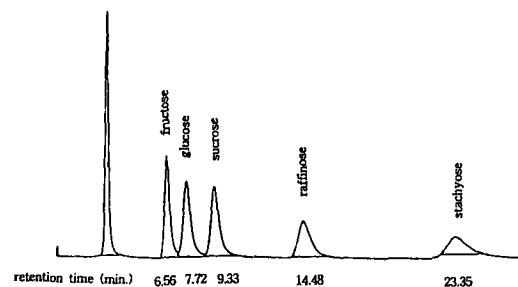


Fig. 4. Standard HPLC chromatogram of sugars.

Table 8. Sugar contents in 4 kinds of soybean-curd wheys (unit: g/l)

| | CaCl ₂ | MgCl ₂ | CaSO ₄ | GDL |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|
| fructose | 0.7237 | 0.7827 | 0.7321 | 0.8649 |
| glucose | 0.2144 | 0.1760 | 0.1998 | 0.2965 |
| sucrose | 5.9223 | 6.2819 | 5.8115 | 6.1748 |
| raffinose | 0.5797 | 0.5408 | 0.5877 | 0.5592 |
| stachyose | 5.1656 | 5.4885 | 5.0515 | 5.5860 |
| Total | 12.6057 | 13.2699 | 12.3826 | 13.4814 |

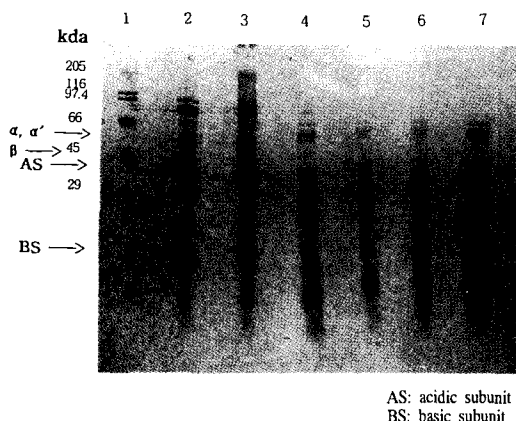


Fig. 5. Protein patterns of soyflour, soymilk, and 4 kinds of freeze dried soybean-curd wheys by SDS-PAGE.
1) standard for protein molecular weight.

- 2) protein from soy flour.
- 3) protein from soy milk.
- 4) protein from soybean-curd whey using CaCl_2 coagulant.
- 5) protein from soybean-curd whey using MgCl_2 coagulant.
- 6) protein from soybean-curd whey using CaSO_4 coagulant.
- 7) protein from soybean-curd whey using GDL coagulant.

8. 전기영동

SDS-PAGE로 콩분말, 두유, 두부순물의 단백질 양상을 비교하여 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 콩단백질의 주요 단백질 획분은 glycinin(11S)과 β -conglycinin(7S)인데 glycinin은 산성 subunits(AS ~38 kd)와 염기성 subunits(BS ~20 kd)로 구성되어 있고, β -conglycinin은 α (58 kd), α' (57 kd), β (42 kd) subunits으로 이루어져 있다¹⁸⁾. 본 실험에서는 ' α , α' subunit이 확실하게 분리되지 않았지만 나머지 단백질의 pattern은 확인할 수 있었다. 콩분말과 두유는 단백질 pattern이 거의 비슷한데, 콩분말에 비해 두유에서는 α , α' subunits이 흐리게 나타났다. 두부순물에서는 glycinin과 β -conglycinin의 고유한 subunit이 모두 나타나지 않고 glycinin의 산성 subunit의 위치에 가늘고 흐린 band만 나타났다. 가장 분자량이 큰 분획이 97.4 kd 정도였으며 29 kd 부근에 강한 band가 나타났고 콩분말이나 두유에서는 나타나지 않았던 20 kd 이하에서 넓은 band가 많이 나타난 것은 두부 응고시 주요 단백질의 응고가 대부분 일어나기 때문에 작은 subunit만이 두부순물로 이동된 것으로 생각된다. 응고제에 따른 두부순물간에 단백질 pattern의 차이는 별로 찾아볼 수 없었다.

IV. 요약

본 연구에서는 응고제의 종류를 달리하여 제조한

두부의 텍스처 특성을 알아보기 위해 기계적 측정과 관능검사를 실시하였고, 두부 제조시 부산물로 생기는 두부순물의 일반성분, 올리고당, 아미노산을 분석하여 비교하였으며, 콩분말, 두유, 두부순물의 단백질 pattern을 전기영동을 실시하여 알아보았다.

1. 두부의 기계적 견고성, 응집성, 탄력성, 점성은 수분함량이 적었던 염화칼슘두부와 염화마그네슘두부가 황산칼슘두부, 글루코노델타락톤두부보다 컸다.
2. 두부의 관능검사 결과 텍스처는 황산칼슘두부, 글루코노델타락톤두부가 수분함량이 많아 부드럽고 매끈하다고 평가되었으나 글루코노델타락톤두부는 신맛을 강하게 나타내었다.
3. 동결건조한 글루코노델타락톤두부에서 나온 두부순물에는 상대적으로 arginine이 가장 많았으나, 나머지 3종류의 두부순물의 아미노산 중에는 glutamic acid가 가장 많았다.
4. 두부 순물에 함유된 주요 당은 fructose, glucose, sucrose, raffinose, stachyose였으며 당의 총 함량은 12~13 g/l 내외로 순물간에 차이가 별로 없었다.
5. 전기영동결과 콩분말과 두유에서는 콩단백질의 주요 획분인 glycinin과 β -conglycinin이 나타났으나 두부 순물에서는 저분자량의 band 만이 나타났다.

References

1. Miller, C.D., Denning, H. and Bauer, A.: Relation of nutrients in commercially prepared soybean curd. *Food Res.*, **17**: 261 (1952).
2. Lee, C.H. and Rha, C.K.: Microstructure of soybean protein aggregates and its relation to the physical and texture properties of the curd. *J. Food Sci.* **43**: 79 (1979).
3. 고순남, 김우정: 분리대두단백 두부의 물리적 특성에 미치는 응고온도 및 응고제의 영향. *한국식품과학회지* **24**(2): 154 (1992).
4. 구경형, 김우정: 분리대두단백 두부의 제조를 위한 가열시간 및 혼합 응고제의 영향. *한국식품과학회지* **26**(1): 26 (1994).
5. Wang, H.L., Swan, E.W. and Kwolek, W.F.: Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu. *Cereal Chem.* **60**(3): 245 (1983).
6. Tsai, S.J., Lan, C.Y., Kao, C.S. and Chen, S.C.: Studies on the yield and quality characteristics of tofu. *J. Food Sci.* **46**: 1734 (1981).
7. 이명환, 안혜숙: 두부 제조시 응고제 및 성형 압력이 미치는 영향. *서울여자대학논문집* **12**: 345 (1983).
8. 이현주, 황인경: 응고제를 달리하여 제조한 두부의 질감과 구조 특성. *한국조리과학회지* **10**(3): 284 (1994).
9. Hackler, L.R. and Stillings, B.R.: Amino acid com-

- position of heat-processed soymilk and its correlation with nutritive value. *Cereal Chem.* **44**: 70 (1967).
10. Wang, H.L. and Hesselstine, C.W.: Coagulation conditions in tofu processing. *Process Biochem.* **17**(1): 7 (1982).
 11. Wang, H.L. and Cavins, J.F.: Yield and amino acid composition of fractions obtained during tofu production. *Cereal Chem.* **66**: 359 (1989).
 12. 김동만, 백형희, 진재순, 이세은, 김길환: 역삼투법으로 분리, 농축한 두부순물의 이화학적 특성. *한국식품과학회지* **24**(4): 311 (1992).
 13. Kim, K.S., Chung, H.K., and Sohn, H.S.: Purification of oligosaccharides from soybean using activated charcoal. *Foods and biotechnology* **3**: 156 (1994).
 14. Omosaiye, O., Cheryan, M., Matthew, M.E.: Removal of oligosaccharides from soybean water extracts by ultrafiltration. *J. Food Sci.* **43**: 354 (1978).
 15. 김길환, 권태완: 콩 품질과 가공 이용. *농촌진흥청 심포지움* **3**: 5 (1988).
 16. AOAC: Association of official analytical chemists. 1990. 15th ed. Washington D.C.
 17. Mason, V.C.: Metabolism of nitrogenous compounds in the large gut. *Proc. Nutr. Soc.* **43**: 45 (1984).
 18. Fling, S.P. and Gregerson, D.S.: Peptide and protein molecular weight determination by electrophoresis using a high-molarity tris buffer system without urea. *Analytical Biochem.* **155**: 83 (1986).
 19. Bollag, D.M. and Edelman, S.T.: Protein method. Wiley-Liss. 1991.
 20. 강호윤: 두부제조에의 이론과 실제. 고려서적. 1992.
-
- (1997년 2월 4일 접수)