

## 大豆의 水浸時間에 따른 組織의 微細構造, 蛋白質 特性 및 豆腐收率의 變化

朴龍坤·朴富德·崔光洙

嶺南大學校 食品加工學科

(1985년 9월 9일 접수)

## Changes in Ultrastructure of Tissues, Characteristics of Protein and Soybean Curd Yield with Increased Soaking Time during Soybean Curd Processing

Yong-Gone Park, Boo-Duck Park and Kwang-Soo Choi

Department of Food Science and Technology, Yeungnam University

(Received September 9, 1985)

### Abstract

This experiment was conducted to investigate changes of soybean curd yield according to the extension of soaking time during manufacturing of soybean curd. To investigate those changes systematically, transmission electron microscopy and disc-gel electrophoresis were used. The soybean curd yield was increased from 45.0% to 50.5% and 55.4% respectively as soaking time is extended from 5 hours to 10 and 24 hours. The solid extraction and soybean milk coagulation were also increased according to the extension of soaking time. From disc-gel electrophoresis patterns of soybean milk protein and soybean curd protein, numbers of band were increased and major band thickened by extending the soaking time. Most of high molecular bands of soybean milk protein were transferred to soybean curd. Crude 7S proteins of soybean milk and soybean curd in disc-gel electrophoresis were appeared to be 4 and 5 bands respectively, and crude 11S proteins of soybean milk and soybean curd were appeared to be 9 and 8 bands respectively. Of soybean milk bands, most of 11S component transferred to soybean curd. Transmission electron photomicrographs revealed that the dimension of each protein body became larger and the numbers of spherosome around the protein bodies in unit area fewer by extending the soaking time of soybean.

### 緒 言

두부는 대두중의 가용성단백질등을 물과 함께 가열 추출한 후 응고시켜 압착 형성된 제품인데, Osborne 등<sup>1)</sup>은 대두 조단백질의 80~90%가 globulin 이라고 하였고, Briggs 등<sup>2)</sup>은 전기영동법을 사용하여 soybean meal의 水浸出物에서 이동도가 다른 7종의 단백질이 존재함을 보고하였다. 또 대두단백질을 초원심분리 시킨 결과 침강계수가 2S, 7S, 11S,

15S의 4분획이 있음을 관찰하였고, 이중 11S와 7S가 대부분이며 두부가 되는 주된 분획이고 11S분획은 분자량이 320,000~350,000<sup>3-5)</sup>이며 7S는 180,000~210,000<sup>4,6)</sup>이라고 보고하였다. Kamiya<sup>7)</sup> 등은 두부 제조시 11S분획은 경도에 주로 영향을 미치고 7S분획은 점성을 준다고 하였다. Catsimpoalas 등<sup>8)</sup>은 면역학적 방법을 통하여 대두의 주성분인 glycinin은 11S분획이고  $\beta$ -conglycinin은 7S의 주성분이며 11S는 glycinin의 중합체 혹은 공중합체로써 globulin인

을 밝혔다.

두부의 수율은 대두의 품종<sup>9,10)</sup>, 가수당<sup>11,12)</sup>, 수침시간<sup>13)</sup> 및 두미의 가열추출온도와 시간<sup>11,12)</sup> 등에 따라 상당한 차이가 나타남을 이미 많은 연구자들에 의하여 보고된바 있고, Barhara 등<sup>14)</sup>은 건조대두와 침지된 대두의 자엽에 대한 전자현미경 관찰 결과 대두의 침지는 세포막과 organelles에 큰 변화를 준다고 하였고, Wolf 등<sup>15)</sup>은 대두의 세포벽은 침지로써 파괴되지 않기 때문에 침지된 대두의 기계적 마쇄는 단백질의 빠르고 효과적인 추출을 위하여 꼭 필요한 과정이라고 보고하였으며, 渡邊<sup>16)</sup>에 의하여 대두단백질은 대두의 조직이 파괴되지 않고 세포 중의 protein body 혹은 농후상태로 존재하는 경우 가열에 의하여 불용성화 할것이라고 하였다.

그래서 본 연구에서는 두부제조시 수침시간을 연장시킴에 따라 고형분추출을 응고율 및 두부수율이 증가하는<sup>13)</sup> 원인을 전자현미경에 의한 대두의 미세구조적 변화의 관찰과 초원심침강법을 이용한 대두 단백질 분획의 이행을 조사하여 규명하려 하였다.

材料 및 方法

1. 대두: 경북 농촌진흥원에서 분양받은 장엽대두를 공시료로 사용하였다.
2. 두부제조: 일반적인 보통두부제조법에 따라 MgCl<sub>2</sub>를 응고제로 하여 제조하였다.
3. 고형분추출을, 응고율 및 두부수율: 崔<sup>13)</sup>의 방법에 준해 행하였다.
4. 전기영동: 탈지된 시료를 tris-glycine buffer (1:6)로 추출한 후 증류수에서 24시간 부석하여 Davis<sup>17)</sup>법에 의해 행하였다.
5. Crude 7S protein과 crude 11S protein의 제조: Saio 등<sup>18)</sup>의 방법에 준해 행하였다.
6. 조직학적 검사: 조직의 미세구조 변화는 Double Staining Method에 의해 Fig. 1과 같이 전자현미경 (TEM)으로 관찰하였다.

結果 및 考察

1. 두부제조시 대두의 수침시간에 따른 고형분추출율, 응고율 및 두부수율의 변화.

Fig. 2에 나타난 바와같이 수온 16°C의 실험조건에서 수침시간(5, 10, 24시간)이 증가함에 따라 모두 증가하였고, 두부수율은 각각 45.0%, 50.5%, 55.4

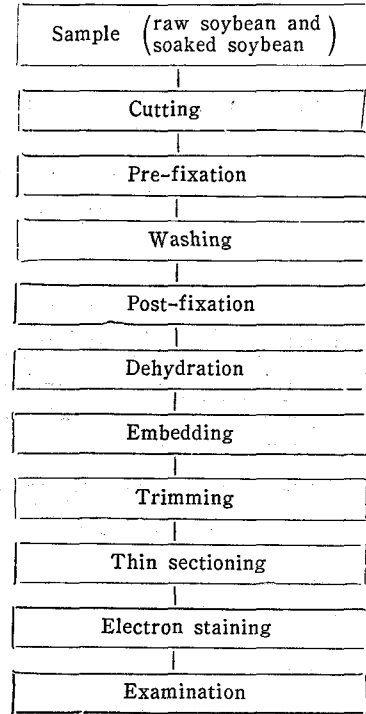


Fig. 1. Procedure of specimen preparation for transmission electron microscopy observation.

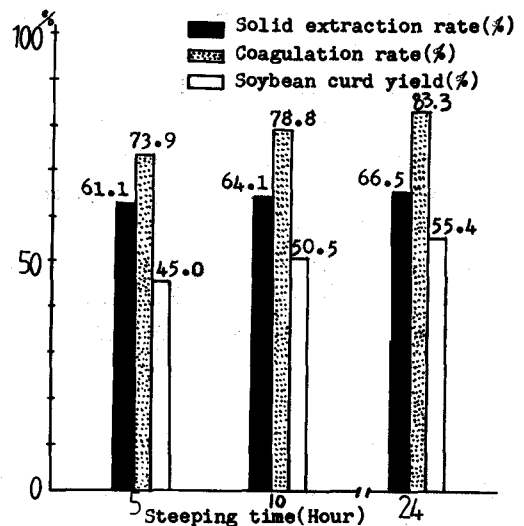


Fig. 2. Changes in solid extraction rate, coagulation rate and soybean curd yield with increased steeping time.

로 증가하였다. 본 결과는 최<sup>13)</sup>의 결과보다 약간씩 높는데 이것은 실험에 사용한 장엽종 대두가

수용성단백질의 함량이 높고 수확지후의 대두를 사용했기 때문이라고 생각된다. 일반적으로 두유의 고형분 수율이 62~65%로 알려져 있음과 비교할 때 본 실험의 고형분 회수율은 Johnson등<sup>15)</sup>의 steam-infusion cooking에 의한 것 보다는 낮으나 다른 연구자들의 결과와는 유사하였으며, 대두단백질은 대두의 조직이 파괴되지 않고 protein body중 혹은 농후상태로 존재하는 경우 가열에 의하여 불용성화 할 것이라고 보고한 渡邊등<sup>16)</sup>의 보고와 비교해서 고찰해 보면 대두는 조직에 지방이 많아서 수분이 대두의 내부조직까지 충분히 흡수되어 유연하게 되기까지는 장시간이 소요되기 때문에 24시간 수침된 것은 조직이 충분히 팽윤되었으므로 protein body내의 단백질이 완전히 용출될 정도로 미세하게 마쇄되어 두부수율이 가장 높다고 생각된다.

**2. 수침시간에 따른 두유와 두부의 전기영동 패턴**

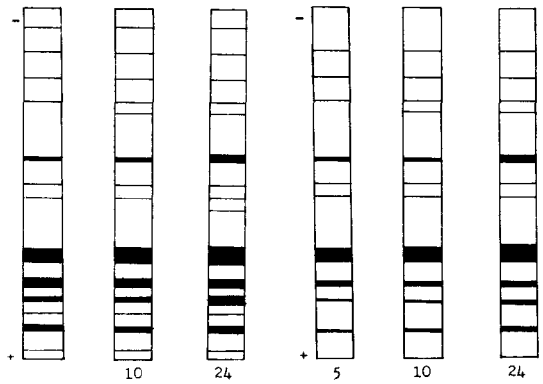
5, 10, 24시간 침지한 대두로 제조된 두유와 두부를 7.5% acrylamide gel로 전기영동한 결과 두유는 13, 14, 15개의 band를 나타내었고 두부는 10, 11개의 band를 나타내었는데 그 주band들은 침지시간이 증가함에 따라 더 두껍게 나타났고, 5시간에서 나타나지 않은 새로운 band가 침지시간이 증가함에 따라 나타남을 관찰할 수 있으므로 두유의 고분자의 band가 두부로 많이 이행함을 알수 있었다.

**3. 수침시간에 따른 두유의 Crude 7S Protein 과 11S Protein의 전기영동 패턴**

Crude 7S Protein에 있어서는 5개의 band가 나타났는데 Than등<sup>20)</sup>의 보고와 비교해 볼때 3~5사이의 band가 7S에 해당했고 이중 3·4위치의 band가  $\beta$ -conglycinin과  $\gamma$ -conglycinin으로 추정되었다. Crude 11S protein에서는 모두 9개의 band가 나타났는데 이를 Beachy등<sup>21)</sup>의 연구와 비교할때 2~6band가 11S에 해당했고 major band는 침지시간이 증가함에 따라 그 band가 더 두껍게 나타났으며 11S이외의 다른 band들이 나타난 것은 Saio등<sup>19)</sup>의 방법에 의해 조제한 11S protein속에는 다른 침전상수를 가지는 성분들이 존재하는 것으로 보고 되었다.

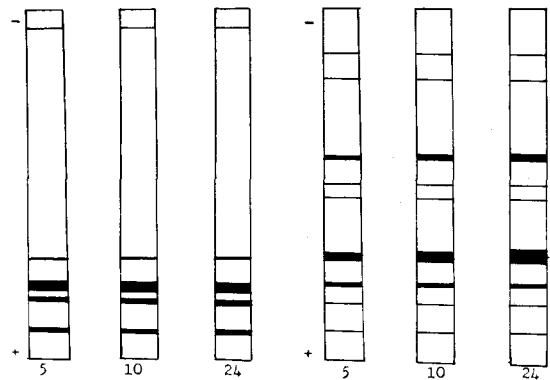
**4. 수침시간에 따른 두부의 Crude 7S Protein 과 11S Protein의 전기영동 패턴**

두부의 Crude 7S protein은 4개의 band를 나타내었고 두유와 그 band를 비교해 볼때 전반적으로



**Fig. 3. Gel-electrophoresis patterns of soybean milk.**

**Fig. 3'. Gel-electrophoresis patterns of soybean curd.**



**Fig. 4. Gel-electrophoresis patterns of crude 7S protein in soybean milk.**

**Fig. 4'. Gel-electrophoresis patterns of crude 11S protein in soybean milk.**

band의 두께가 얇았고 두유에서 나타난 band가 두부에서는 관찰되지 않았다. Crude 11S protein은 8개의 band를 나타내었고 그 major band는 수침시간이 증가함에 따라 더욱 굵게 나타났으며 두유와 그 band를 비교해 볼때 그 band들이 7S와는 달리 큰 차이없이 나타난것으로 보아 11S성분의 대부분이 Mg이온에 의해 응고된 것으로 생각되며 Kamiya등<sup>7)</sup>의 보고에 의하면 crude 7S와 11S로 조제한 tofu-gel에 있어서도 crude 11S protein이 7S protein보다 더 덩어리로 응결되어 나타난다고 보고하였다.

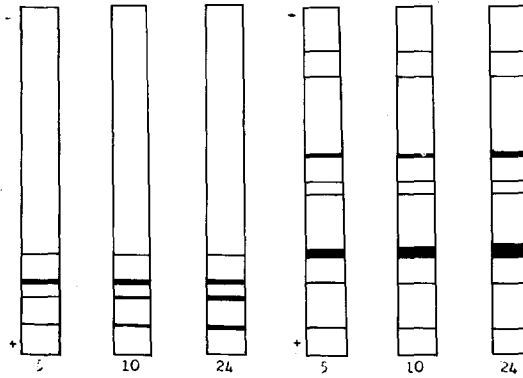


Fig. 5. Gel-electrophoresis patterns of crude 7S protein in soybean curd.

Fig. 5'. Gel-electrophoresis patterns of crude 11S protein in soybean curd.

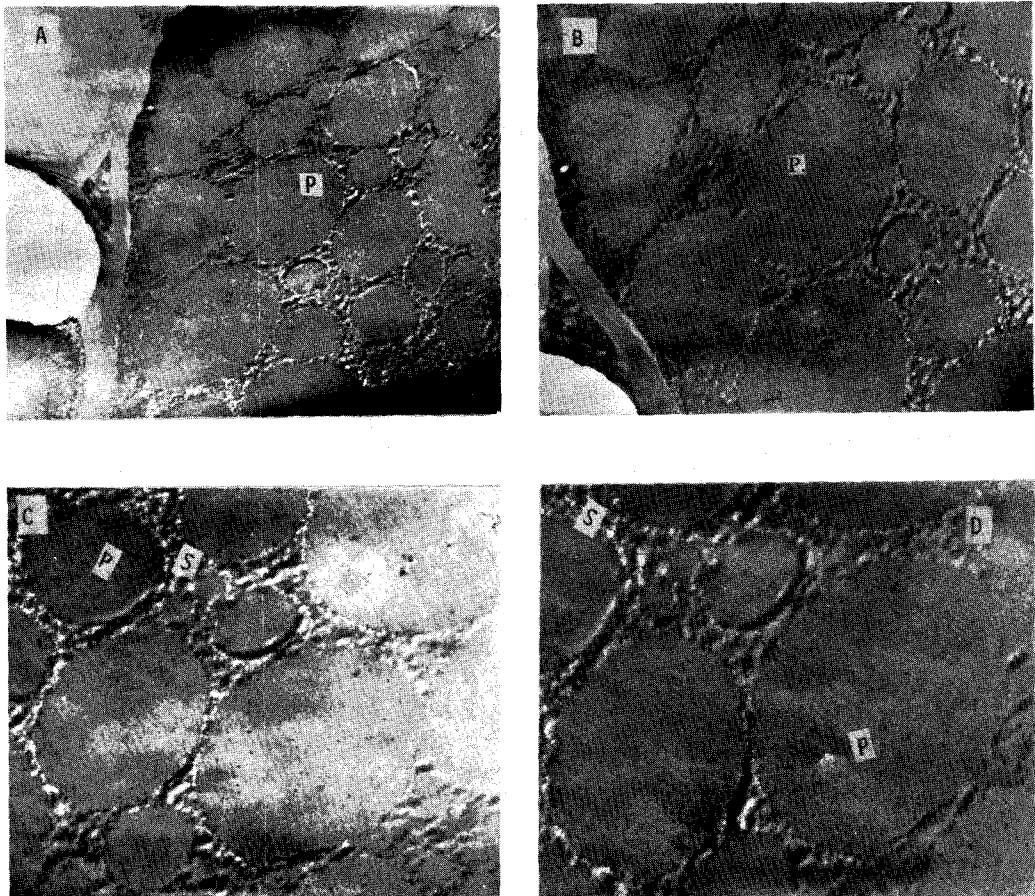
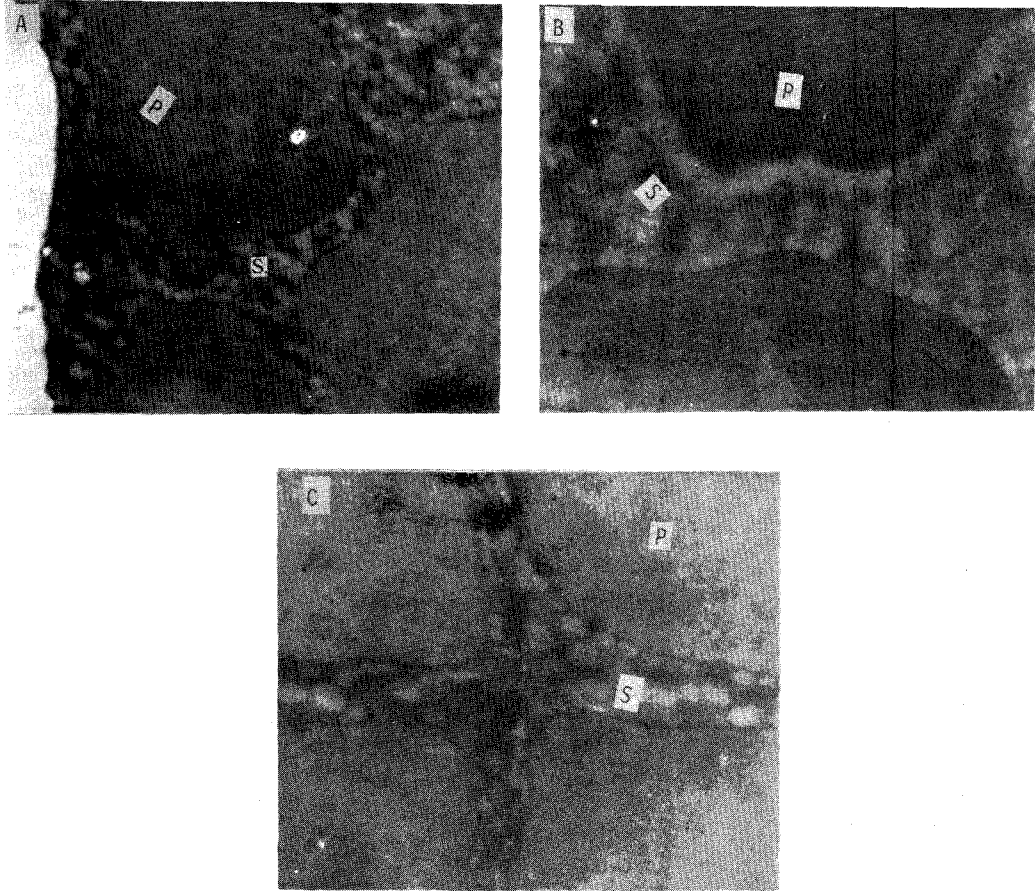


Fig. 6. Transmission electron microscopy image of soybean and soaked soybean.

- A; Raw soybean,
  - B; 5 hours soaked soybean,
  - C; 10 hours soaked soybean,
  - D; 24 hours soaked soybean,
- P-protein body, S-spherosome-( $\times 4,000$ )



**Fig. 7. Transmission electron microscopy spherosome image of soaked soybean.**

A; 5 hours soaked,	B; 10 hours soaked soybean,
C; 24 hours soaked soybean,	S- spherosome (×6,000)

**5. 조직학적 검사**

수침시간에 따른 대두조직의 미세구조적 변화를 전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 6, 7과 같았다. 원료대두와 침지시간별로 침지한 대두의 단백질 저장소인 protein body는 침지시간이 증가함에 따라 Fig. 6에서 보는바와 같이 그 크기가 상당히 팽창을 했고, protein body 사이에 산재해 있는 spherosome의 수는 Fig. 7과 같이 감소했다. 이와 같은 protein body의 팽창과 spherosome수의 감소는 단백질의 빠르고 효과적인 추출을 위해 필수적인 대두조직의 마쇄 쉽게 해주교<sup>15)</sup> protein body와 친화력을 가진 spherosome (Barhara등<sup>14)</sup>과의 결합력을 감소시킴으로써 단백질의 추출을 더욱 용이하게 해주어 고품분추출율, 응고율이 향상되어 결국 두부수율이 증가된 것

이라고 판단된다.

**要 約**

본 연구는 두부제조시 수침시간을 연장시킴에 따라 두부수율이 증가하는 원인을 규명하기 위하여 전자현미경(TEM)을 이용하여 대두 조직의 미세구조와 초원심침강법에 의한 두유, 두부단백질 fraction의 특성 및 이행을 조사한 것으로 그 결과는 다음과 같다.

1. 대두의 수침시간을 5, 10, 24시간으로 연장시킴에 따라 두부수율은 각각 45.93%, 50%, 55.4%로 증가하였고, 고품분추출율, 응고율 역시 증가하였다.
2. 두유, 두부의 disc-gel 전기영동에서 수침시간

을 연장시킴에 따라 band수는 증가했고, 主band의 두께는 더 굵었다. 그리고 두유의 고분자의 band가 두부로 많이 이행 하였다.

3. 두유, 두부의 crude 7S protein과 crude 11S protein은 전기영동에서 두유의 7S는 5개, 11S는 9개의 band가 나타났고, 두부의 7S는 4개, 11S는 8개의 band가 나타났는데 두유의 band중 주로 11S 성분이 두부로 많이 이행 하였다.

4. 대두조직의 미세구조에 관한 연구에서 수침시간이 증가함에 따라 protein body는 그 크기가 상당히 팽창했고 protein body사이에 산재해 있던 spherosomes의 수는 상대적으로 감소했다.

### 文 獻

- Osborne, T. B. and G.F. Campell: *J. Am. Chem. Soc.*, **20**, 419 (1898)
- Briggs, D. R. and R. L. Mann: *Cereal Chem.*, **27**, 243(1950)
- Badley, R.A. and J. M. Sotubbs: *Biochim. Biophys. Acta.*, **412**, 214(1975)
- Derbyshire, E., D.J. Wright, and D. Boulter: *Phytochem.*, **15**, 3(1976)
- Wolf, W.J. and A.K. Smish: *Food Technol.*, **15**(5), 12(1961)
- Koshiyama, I.: *Agr. Biol. Chem.*, **35**, 385 (1971)
- Kamiya, M., Saio, K and Watanabe, T.: *Agr. Biol. Chem.*, **33**(9), 1301(1969)
- Catsimpoolas, N. and E. W. Meyer: *Biochim. Biophys. Acta.*, **168**, 122(1968)
- 한관주 · 윤인화 · 최광수 : 시험연구보고서(농공), 433(1966)
- 김재조 · 변시명 : 한국농화학회지. **7**, 79(1966)
- 윤상식 · 최춘언 · 장건형 : 기술연구보고(육기), **3**, 1(1961)
- 한관주 · 최광수 · 윤인화 : 농사시험연구보고(농촌진흥청), **9**, 11(1966)
- 최광수 · 김순희 : 한국영양식량학회지. **12**(4), 401(1983)
- Barhara, D.W. and Leopold: *C. Am. J. Bot.*, **64**, 1286(1977)
- Wolf, W.J. and F. L. Baker: *Cereal Chem.*, **52**, 387(1971)
- 渡邊篤二, 海考根英右佳, 太田輝夫: 大豆食品, (光琳書院, 東京), 20(1971)
- Davis, B.J.: *Ann. New York Acad. Sci.*, **121**, 404(1964)
- Saio, K and Watanabe, T.: *J. Food Sci.*, **38**, 1139(1973)
- Johnson, L.A. and W. J. Hoover: *J. Food Sci.*, **46**, 239(1981)
- Thanh, V.H. and K. Shibasaki: *Plant Physiol.*, **56**, 19(1975)
- Beach R.N. and Thompson J. F.: In "The Plant Seed Development, Preservation, and Germination", Ed. by Rubenstein, L., Academic Press, New York, 67(1979)